

CombiScope® de 100 MHz HM1008-2

Manual

Español





KONFORMITÄTSERKLÄRUNG DECLARATION OF CONFORMITY DECLARATION DE CONFORMITE DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD

Hersteller / Manufacturer / Fabricant / Fabricante:
HAMEG Instruments GmbH · Industriestraße 6 · D-63533 Mainhausen

Die HAMEG Instruments GmbH bescheinigt die Konformität für das Produkt
The HAMEG Instruments GmbH herewith declares conformity of the product
HAMEG Instruments GmbH déclare la conformité du produit
HAMEG Instruments GmbH certifica la conformidad para el producto

Bezeichnung: Oszilloskop
Product name: Oscilloscope
Designation: Oscilloscope
Descripción: Osciloscopio

Typ / Type / Type / Tipo: HM1008-2

mit / with / avec / con: HO720, HZ200

Optionen / Options / Options / Opciones: HO730, HO740, HO2010

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations /
avec les directives suivantes / con las siguientes directivas:

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE
Directiva EMC 89/336/CEE enmendada por 91/263/CEE, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC
Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE
Directiva de equipos de baja tensión 73/23/CEE enmendada por 93/68/EWG

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied /
Normes harmonisées utilisées / Normas armonizadas utilizadas:

Sicherheit / Safety / Sécurité / Seguridad:

EN 61010-1:2001 (IEC 61010-1:2001)
Messkategorie / Measuring category / Catégorie de mesure: I

Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution / Nivel de
polución: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility /
Compatibilité électromagnétique / Compatibilidad electromagnética:

EN 61326-1/A1: Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table /
tableau 4; Klasse / Class / Classe / classe B.

Störfestigkeit / Immunity / Imunitee / inmunidad:
Tabelle / table / tableau / tabla A1.

EN 61000-3-2/A14: Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions
/ Émissions de courant harmonique / emisión de corrientes armónicas:
Klasse / Class / Classe / clase D.

EN 61000-3-3: Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations
and flicker / Fluctuations de tension et du flicker / fluctuaciones de tensión
y flicker.

Datum / Date / Date / Fecha
01. 06. 2007

Unterschrift / Signature / Signatur / Signatura

Holger Asmussen
Manager

Indicaciones generales en relación al marcado CE

Los instrumentos de medida HAMEG cumplen las prescripciones técnicas de la compatibilidad electromagnética (CE). La prueba de conformidad se efectúa bajo las normas de producto y especialidad vigentes. En casos en los que hay diversidad en los valores de límites, HAMEG elige los de mayor rigor. En relación a los valores de emisión se han elegido los valores para el campo de los negocios e industrias, así como el de las pequeñas empresas (clase 1B). En relación a los márgenes de protección a la perturbación externa se han elegido los valores límite válidos para la industria. Los cables o conexiones (conductores) acoplados necesariamente a un osciloscopio para la transmisión de señales o datos influyen en un grado elevado en el cumplimiento de los valores límite predeterminados. Los conductores utilizados son diferentes según su uso. Por esta razón se debe tener en cuenta en la práctica las siguientes indicaciones y condiciones adicionales respecto a la emisión y/o a la impermeabilidad de ruidos.

1. Conductores de datos

La conexión de aparatos de medida con aparatos externos (impresoras, ordenadores, etc.) sólo se debe realizar con conectores suficientemente blindados. Si las instrucciones de manejo no prescriben una longitud máxima inferior, ésta deberá ser de máximo 3 metros para las conexiones entre aparato y ordenador. Si es posible la conexión múltiple en el interfaz del aparato de varios cables de interfaces, sólo se deberá conectar uno. Los conductores que transmitan datos deberán utilizar como norma general un aislamiento doble. Como cable de bus IEEE se presta el cable de HAMEG con doble aislamiento HZ72.

2. Conductores de señal

Los cables de medida para la transmisión de señales deberán ser generalmente lo más cortos posible entre el objeto de medida y el instrumento de medida. Si no queda prescrita una longitud diferente, esta no deberá sobrepasar los 3 metros como máximo. Todos los cables de medida deberán ser aislados (tipo coaxial RG58/U). Se deberá prestar especial atención en la conexión correcta de la masa. Los generadores de señal deberán utilizarse con cables coaxiales doblemente aislados (RG223/U, RG214/U).

3. Repercusión sobre los instrumentos de medida

Si se está expuesto a fuertes campos magnéticos o eléctricos de alta frecuencia puede suceder que a pesar de tener una medición minuciosamente elaborada se cuelen porciones de señales indeseadas en el aparato de medida. Esto no conlleva a un defecto o paro de funcionamiento en los aparatos HAMEG. Pero pueden aparecer, en algunos casos por los factores externos y en casos individuales, pequeñas variaciones del valor de medida más allá de las especificaciones predeterminadas.

4. Inmunidad al ruido de osciloscopios, analizadores de espectros

4.1 Campo electromagnético H

La influencia de campos eléctricos o magnéticos de radio frecuencia puede visualizarse (p. ej. RF superpuesta), si la intensidad del campo es elevada. El acoplamiento de estos campos se produce a través de la red de suministro eléctrico o los cables de medida y control, pero también por radiación directa. La radiación directa al instrumento de medida puede penetrar, a pesar del blindaje de la caja metálica, a través de los diferentes orificios de ventilación y de la pantalla.

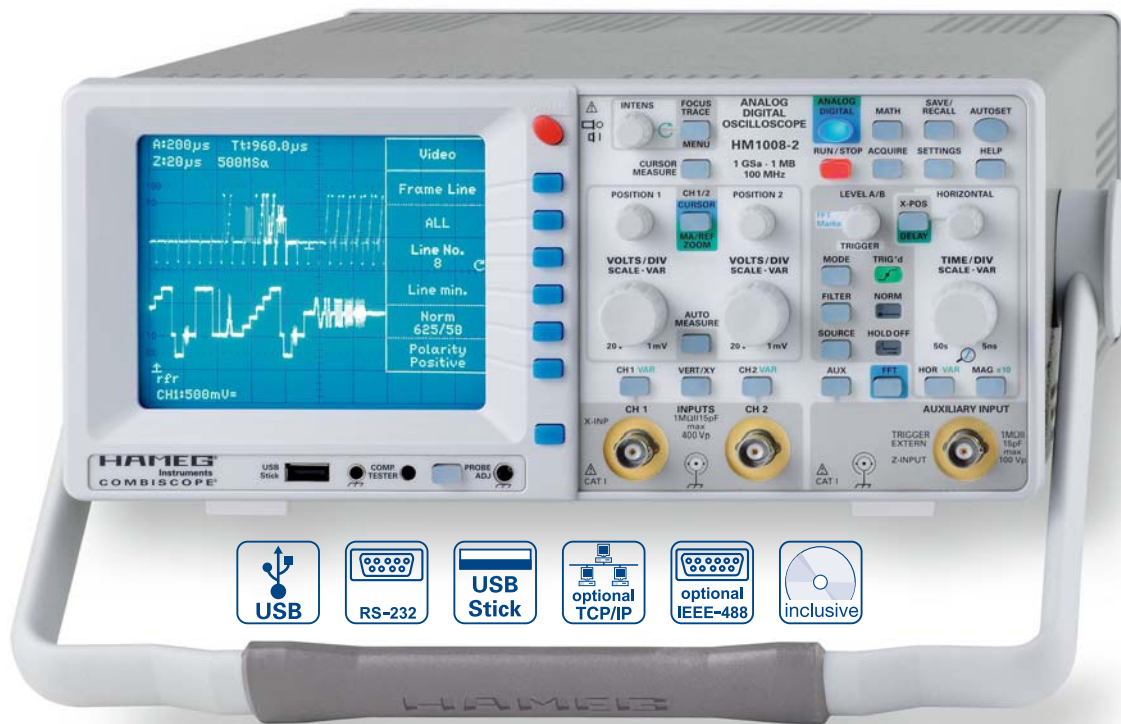
4.2 Transientes rápidos / Descarga de electricidad estática

Cuando aparece un transiente rápido (Burst) y/o un acoplamiento directo vía suministro eléctrico o de forma indirecta (capacidad) vía cables de medida o control, puede ser posible que se inicie el disparo. El disparo puede iniciarse también, por una descarga estática directa o indirecta (ESD). Ya que la presentación de señales en el osciloscopio debe poder realizarse también con una amplitud de señal pequeña (<500µV), no se puede evitar un inicio del disparo y su presentación posterior, a causa de estas señales (>1kV).

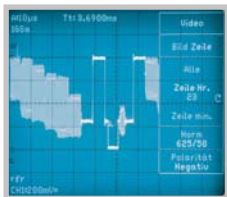
HAMEG Instruments GmbH

Indicaciones generales en relación al marcado CE	2	AUTO SET	21
CombiScope® de 100 MHz, HM1008-2	4	Tester de componentes	22
Datos técnicos	5	Funcionamiento en digital	23
Información general	6	Modos de presentación de señales	23
Símbolos	6	Resolución de memoria	24
Colocación del aparato	6	Profundidad de memoria	25
Seguridad	6	Resolución horizontal con expansión X	25
Condiciones de funcionamiento	7	Frecuencia de señal máxima en modo memoria	25
Garantía y reparaciones	7	Presentación de señales Alias	25
CAT I	7	Modos de funcionamiento del amplificador vertical	25
Mantenimiento	7	Transmisión de datos	26
Tensión de red	8	Actualización del firmware	26
Elementos de mando e indicaciones	8	Indicaciones generales sobre el menú	27
Principios básicos	10	Aparición del menú en pantalla	27
Formas de tensión de señal	10	Ayudas (HELP)	27
Magnitud de la tensión de señal	10	Indicaciones preeliminarias	27
Valores de tensión en una curva senoidal	11	Mandos de Control y Readout	28
Tensión total de entrada	11		
Periodos de señal	11		
Conexión de la tensión de señal	12		
Puesta en marcha y ajustes previos	13		
Rotación de la traza TR	13		
Uso y ajuste de las sondas	14		
Ajuste a 1 kHz	14		
Ajuste a 1 MHz	14		
Modo de funcionamiento de los amplificadores verticales	15		
Modo de funcionamiento en XY	15		
Comparación de fases mediante figuras Lissajous	15		
Medidas de diferencia de fase en modo DUAL (Yt)	16		
Medición de una modulación en amplitud	16		
Disparo y deflexión de tiempo	17		
Disparo automático sobre valores pico	17		
Disparo normal	17		
Dirección de la pendiente del disparo (Menú: FILTER)	18		
Acoplamientos de disparo (Menú: FILTER)	18		
VIDEO (Disparo de señal TV)	18		
Disparo con impulso de sincronismo de cuadro	19		
Disparo con impulso de sincronismo de línea	19		
Disparo de red	19		
Disparo en alternado	19		
Disparo externo	20		
Indicación del disparo	20		
Ajuste del tiempo Hold-off	20		
Base de tiempos B (2ª base de tiempos)/	21		

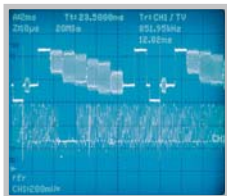
CombiScope® de 100MHz con FFT HM1008-2



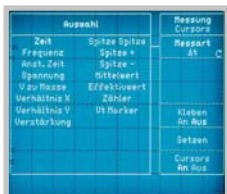
Pal o NTSC: disparo sobre línea con contador de líneas



Modo digital: campo de TV y presentación con zoom de una línea seleccionada



Diferentes modos de medida por cursores



- ✓ Muestreo de 1GSa/s en tiempo real, 10GSa/s en Random Sampling
- ✓ Profundidad de memoria de 1MPts por canal
Memory Zoom de 40.000:1
- ✓ Presentación del espectro de frecuencia con FFT
- ✓ 2 canales
- ✓ Coeficientes de deflexión: 1mV/Div...20V/Div,
Base de tiempos: 50s/Div...5ns/Div
- ✓ Convertidores A/D flash de 8 Bit de bajo ruido
- ✓ Modos de captura: Single, Refresh, Average, Envelope,
Roll, Peak-Detect
- ✓ Conexión memoria USB en el frontal, para imágenes de señales
- ✓ USB/RS-232, opcional: IEEE-488 o Ethernet/USB
- ✓ Presentación de la señal: Yt, XY y FFT;
Interpolación: Sinx/x, Pulse, Dot Join (lineal)

CombiScope® con FFT de 100 MHz HM1008-2

Todos los valores con 23° C, en base a un precalentamiento de 30 minutos

Amplificación Vertical

Canales:	
Analogico:	2
Digital:	2
Modos de funcionamiento:	
Analogico:	CH 1 (canal 1) o CH 2 (canal 2) separados, DUAL [CH 1 y CH 2 alternados o chopeados], adición
Digital:	Canales de señal analógica CH 1 o CH 2 individuales, DUAL [CH 1 y CH 2], suma
X en modo XY:	CH 1
Inversión:	CH 1, CH 2
Ancho de banda (-3 dB):	2 x 0...100 MHz
Tiempo de subida:	< 3,5 ns
Limitador de ancho de banda (conmutable): aprox. 20 MHz (5 mV/Div...20 V/Div)	
Coefficiente de deflexión (CH 1, 2): 14 posiciones calibradas	
1 mV...2 mV/Div (10 MHz)	± 5% (0...10 MHz (-3 dB))
5 mV...20 V/Div	± 3% (Secuencia 1-2-5)
variable (sin calibrar)	> 2,5 :1 a > 50 V/Div
Entradas canal 1, canal 2:	
Impedancia de entrada:	1 MΩ 15 pF
Acoplamiento de entrada:	DC, AC, GND (masa)
Tensión máx. de entrada:	400 V (DC + pico AC)
Línea de retardo Y (analog.):	70 ns
Circuitos de medida:	Categoría de medida I
Modo analógico:	
Entrada auxiliar:	
Función (seleccionable):	Disparo externo, Z (borrado)
Acoplamiento:	AC, DC
Tensión máx. de entrada:	100 V (DC + pico AC)

Disparo

Modos analógico y digital	
Automatico (pico a pico):	
Altura mín. de señal:	5 mm
Margen de frecuencia:	10 Hz...200 MHz
Margen de control de nivel:	desde pico- a pico+
Normal (sin valor sobre picos):	
Altura mín. de señal:	5 mm
Margen de frecuencia:	0...200 MHz
Margen de control de nivel:	-10 Div...+10 Div
Modos de funcionamiento: Pendiente/Vídeo	
Pendiente:	positiva, negativa, ambas
Fuentes:	CH 1, CH 2, altern. CH 1/2 (≥ 8mm; sólo en modo analógico), red, ext.
Acoplamientos:	
AC:	10 Hz...200 MHz
DC:	0...200 MHz
HF:	30 kHz...200 MHz
LF:	0...5 kHz
	activable el rechazo de ruido (Noise Rej.)
Video:	
Normas:	impulsos de sincronismos pos./neg. sistemas de 525 líneas/60 Hz sistemas de 625 líneas/50 Hz
Campos:	pares/impares/ambos
Líneas:	todas/número de línea seleccionable
Fuentes:	CH 1, CH 2, ext.
Indicador de disparo:	LED
Disparo externo por:	entrada auxiliar (0,3 V _{pp} , 150 MHz)
Acoplamiento:	AC, DC
Tensión de entrada máx.:	100 V (DC +pico AC)
Modo digital:	
Disparo Pre/Post:	-100%...+400% en referencia a toda la memoria
Modo analógico:	
Segundo disparo	
Altura mín. de señal:	5 mm
Margen de frecuencia:	0...200 MHz
Acoplamiento:	DC
Margen de control de nivel:	-10 Div...+10 Div

Amplificación Horizontal

Modo analógico:	
Modos de funcionamiento: A, ALT (alternado A/B), B	
Base de tiempos A:	0,5 s/Div...50 ns/Div (Secuencia 1-2-5)
Base de tiempos B:	20 ms/Div...50 ns/Div (Secuencia 1-2-5)
Precisión de A y B:	±3 %
Amplificación X-Mag. x10:	hasta 5 ns/Div
Precisión:	±5 %

Base de tiempos variable A/B:	continuo 1:2,5
Tiempo de Hold Off:	var. 1:10 con indicación LED
Amplificador de ancho de banda X:	0...3 MHz (-3 dB)
Diferencia de fase X-Y < 3°:	< 220 kHz

Modo digital:

Margen de la base de tiempos (Secuencia 1-2-5)	
Modo refresco:	20 ms/Div...5 ns/Div
Con detección de picos:	20 ms/Div...2 ms/Div (Ancho de pulso mín: 10 ns)
Modo roll:	50 s/Div...50 ms/Div
Precisión de la base de tiempos	
Base de tiempos:	50 ppm
Display:	±1 %
Zoom de la memoria:	máx. 40,000:1
Ancho de banda del amplificador X:	0...100 MHz (-3 dB)
Variación de fase X-Y < 3°:	< 100 MHz

Memoria Digital

Memorización digital (tiempo real): 2 x 500 MSa/s, 1 GSa/s entrelazado	
Memorización (random sampling): 10 GSa/s	
Ancho de banda:	2 x 0...100 MHz (random)
Memoria:	1 M-Samples por canal
Modos de funcionamiento:	
Refresco, promediado, envolvente, roll: libre/sincronizado, detección de picos	
Resolución (vertical):	
Resolución (horizontal):	
Yt:	11 Bit (200 Pts/Div)
XY:	8 Bit (25 Pts/Div)
Interpolación:	Sinx/x, Dot Join (lineal)
Retardo:	1 millón x 1/muestra hasta 4 millones x 1/muestra
Frecuencia de repetición de la señal: máx. 170/s con 1 MPTos	
Display:	Dots (sólo puntos capturados), vectores (interpolación), optimal (indicación de vectores con ponderación completa de memoria)
Memorias de referencia:	
9 con 2kPtos cada una (para señales presentadas)	
Display:	2 señales de 9 (libremente seleccionables)

Modo FFT

Presentación X:	Margen de frecuencia
Presentación Y:	Valores rms de las líneas espectrales
Escala:	Lineal o logarítmica
Indicación del nivel:	dBV, V
Ventana:	Cuadrada, Hanning, Hamming, Blackman
Ajuste:	Frecuencia Central, Span
Marcas:	Frecuencia, Amplitud
Zoom (eje de frecuencia):	hasta 20x

Funcionamiento/Mediciones/Interfaces

Funcionamiento:	por menús (multilingüe), Autoset, funciones de ayuda (multilingüe)
Save/Recall (ajuste de los parámetros del equipo): 9	
Presentación de la señal:	
Analog.:	máx. 4 señales CH 1, 2 (base de tiempos A) en combinación con CH 1, 2 (base de tiempos B)
Digital:	CH 1, 2 y ZOOM o referencia o matemática
USB Memory-Stick:	
Save/Recall externo:	
Ajuste del equipo y señales: CH1, CH2, LCH 0...3, ZOOM, Referencia 1-9 o Matemática	
Screen-shot	en formato Bitmap
Datos de presentación de la señal (2k por canal): Binarios (Datos SCPI), texto (formato ASCII), CSV (tabla de cálculo)	
Contador de frecuencia:	
Resolución de 6 digit:	>1 MHz...200 MHz
Resolución de 5 digit:	0,5 Hz...1 MHz
Precisión:	50 ppm
Medidas automáticas:	
Modo analógico: frecuencia, periodo, V _{dc} , V _{pp} , V _{p+} , V _{p-}	
En modo digital (adicionalmente): V _{rms} /V _{avg}	
Medidas por cursor:	
Modo analógico: Δt, 1/Δt (f), t _s , ΔV, V a GND, ratio X, ratio Y	
Adicionalmente en modo digital: V _{pp} , V _{p+} , V _{p-} , V _{medio} , V _{rms} , contador pulsos	
Resolución de readout/cursor:	1000 x 2000 Ptos, señales: 250 x 2000
Interfaces (plug-in):	USB/RS-232 (H0720)
Opcional:	IEEE-488, Interfaz combinado Ethernet/USB

Funciones matemáticas

Cantidad de ecuaciones:	5 con 5 fórmulas cada una
Fuentes:	CH 1, CH 2, Math 1-Math 5
Metas:	5 memorias matemáticas, Math 1-5

Funciones:	ADD, SUB, 1/X, ABS, MUL, DIV, SQ, POS, NEG, INV
Display:	máx. 2 memorias mat. (Math 1-5)

Indicación	
TRC:	D14-375GH
Pantalla (con retícula interior):	8 Div x 10 Div
Tensión de aceleración:	aprox. 14 kV

Varios	
Tester de componentes	
Tensión de test:	aprox. 7V _{rms} (circuito abierto), aprox. 50 Hz
Corriente de test:	máx. 7mA _{rms} (corto circuito)
Potencial de referencia:	Tierra (conducto de seguridad)
Salida de sonda ADJ:	señal de onda cuadrada de 1 kHz/1 MHz (ajuste de sondas)
	de 0,2V _{pp} (ta < 4 ns)
Rotación del trazo:	electrónico
Tensión de red:	105...253 V, 50/60 Hz ± 10 %, CAT II
Consumo:	47 W con 230 V, 50 Hz
Clase de protección:	clase de protección I (EN61010-1)
Temperatura de trabajo:	+5°C...+40°C
Temperatura de almacenamiento:	-20°C...+70°C
Humedad relativa máx.:	5%...80% (sin condensación)
Medidas (An x Al x Pr):	285 x 125 x 380 mm
Peso:	5,6 kg

Accesorios suministrados: Cable de red, manual de instrucciones, 2 sondas 10:1 con ID de atenuación (HZ200), software bajo windows para el control y la transmisión de datos

Accesorios opcionales:

HO730 Interfaz combinado Ethernet/USB

HO740 IEEE-488 (GPIB)

HZ70 Interfaz óptico (con cable óptico)

Información general

Después de desembalar el aparato, compruebe primero que éste no tenga daños externos ni piezas sueltas en su interior. Si muestra daños de transporte, hay que avisar inmediatamente al suministrador y al transportista. En tal caso no ponga el aparato en funcionamiento.

Símbolos



Atención al manual de instrucciones



Alta tensión



Masa



Téngalo en cuenta

Colocación del aparato

Como se puede deducir de las imágenes, se puede girar el asa a varias posiciones:

A y B = posición para el transporte

C = posición para uso horizontal

D y E = utilización con varios ángulos

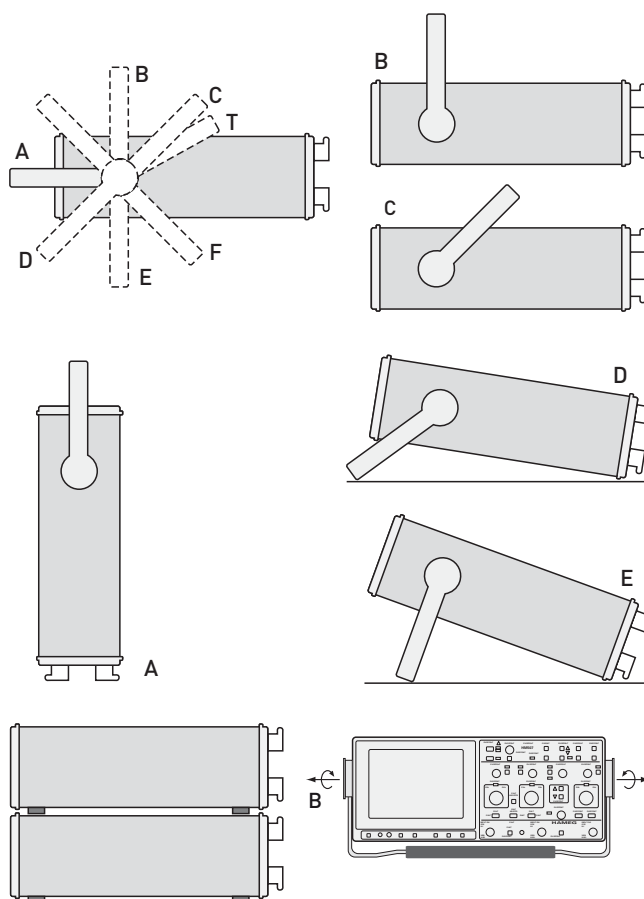
F = posición para desmontar el asa

T = posición para enviar el aparato (el asa no está encajada)



¡Atención!

Al cambiar la posición del asa, se ha de cuidar que el osciloscopio esté posicionado de forma que no se pueda caer, p.ej. sobre una mesa. Se han de estirar ambos botones simultáneamente hacia



afuera y seguidamente se puede girar el asa a la posición deseada. Si no se separan los dos botones hacia afuera se pueden bloquear en la siguiente posición.

Montar / desmontar el asa

Según el modelo de aparato se puede desmontar el asa en la posición B o F estirando un poco más de los botones laterales. El asa se vuelve a montar invirtiendo el procedimiento..

Seguridad

Este aparato ha sido construido y verificado según las Normas de Seguridad para Aparatos Electrónicos de Medida VDE 0411 parte 1ª, indicaciones de seguridad para aparatos de medida, control, regulación y de laboratorio y ha salido de fábrica en perfecto estado técnico de seguridad. Se corresponde también con la normativa europea EN 61010-1 o a la normativa internacional CEI 1010-1.

El manual de instrucciones, el plan de chequeo y las instrucciones de mantenimiento contienen informaciones y advertencias importantes que deberán ser observadas por el usuario para conservar el estado de seguridad del aparato y garantizar un manejo seguro. La caja, el chasis y todas las conexiones de medida están conectadas al contacto protector de red (tierra). El aparato corresponde a la clase de protección I.

Las partes metálicas accesibles para el usuario están comprobadas con respecto a los polos de red con 2200V.

Por razones de seguridad, el aparato sin transformador de aislamiento solamente deberá conectarse a enchufes con toma de tierra según las normas en vigor.

El aparato deberá estar conectado a un enchufe de red antes de conectarlo a circuitos de señales de corriente. Es inadmisibles inutilizar la conexión del contacto de seguridad.

Como en la mayoría de tubos electrónicos, el tubo de rayos catódicos también produce rayos- γ . Pero en este aparato la dosis iónica es muy inferior al valor permisible de 36pA/Kg.

Cuando haya razones para suponer que ya no es posible trabajar con seguridad, hay que apagar el aparato y asegurar que no pueda ser puesto en marcha. Tales razones pueden ser:

- el aparato muestra daños visibles,
- el aparato contiene piezas sueltas,
- el aparato ya no funciona,
- ha pasado un largo tiempo de almacenamiento en condiciones adversas (p.ej. al aire libre o en espacios húmedos),
- su transporte no fue correcto (p.ej. en un embalaje que no correspondía a las condiciones mínimas requeridas por los transportistas).

Condiciones de funcionamiento

El equipo ha sido determinado para ser utilizado en los ambientes de la industria, de los núcleos urbanos y empresas.

Por razones de seguridad, sólo se debe utilizar el instrumento si ha quedado conectado a un enchufe con conexión a masa según normas de seguridad. No está permitido desconectar la línea de protección (tierra). El conector de red debe enchufarse, antes de conectar cualquier señal al aparato.

Margen de temperatura ambiental admisible durante el funcionamiento: +5°C ... +40°C. Temperatura permitida durante el almacenaje y el transporte: -20°C ... +70°C. Si durante el almacenaje se ha producido condensación, habrá que climatizar el aparato durante 2 horas antes de ponerlo en marcha.

El instrumento se debe utilizar en espacios limpios y secos. Por eso no es conveniente trabajar con él en lugares de mucho polvo o humedad y nunca cuando exista peligro de explosión. Se debe evitar que actúen sobre él sustancias químicas agresivas. El equipo funciona en cualquier posición. Es necesario asegurar suficiente circulación de aire para la refrigeración. Por eso es preferible situarlo en posición horizontal o inclinada (sobre el asa).



Los orificios de ventilación siempre deben permanecer despegados.

Los datos técnicos y sus tolerancias sólo son válidos después de un tiempo de precalentamiento de 30 minutos y a una temperatura ambiental entre 15°C y 30°C. Los valores sin datos de tolerancia deben considerarse como valores aproximados para un aparato normal.

CAT I

Se determina que este osciloscopio pueda efectuar mediciones en circuitos que no estén conectados directamente a la red eléctrica. Las mediciones directas (sin separación galvánica) en circuitos de medida de la categoría de medida II, III y IV no

están permitidas! Los circuitos de un objeto bajo prueba no quedan conectados directamente con la red eléctrica, cuando el objeto bajo prueba se alimenta a través de un transformador separador de red de la clase II. Es posible trabajar también mediante la ayuda de convertidores adecuados (p. ej. pinzas de corriente), las cuales cumplen con las exigencias de la clase de protección II, de medir indirectamente en la red. Al efectuar mediciones, se deberá tener en cuenta la categoría de medida, para la que el fabricante ha determinado su convertidor.

Categorías de medida

Los circuitos de un objeto bajo medida se refieren a transientes en la red eléctrica. Los transientes son variaciones de tensión y corrientes muy rápidas (muy empinadas), que pueden aparecer de forma periódica o aleatoria. La magnitud de los posibles transientes, se incrementa como más cerca se esté situado de la fuente de la instalación de tensión baja.

Categoría de medida IV: Mediciones en la fuente de la instalación de tensión baja (p. ej.: en contadores).

Categoría de medida III: Mediciones en instalaciones de edificios (p. ej.: distribuidores de corriente, conmutadores de potencia, enchufes instalados de forma fija, motores eléctricos instalados de forma fija, etc.).

Categoría de medida II: Mediciones en circuitos de corriente, que están conectados eléctricamente directamente con la red de tensión baja (p. ej.: electrodomésticos, herramientas eléctricas portátiles, etc.).

Categoría de medida I: Equipos electrónicos y circuitos eléctricos protegidos incorporados en equipos.

Garantía y reparaciones

Su equipo de medida HAMEG ha sido fabricado con la máxima diligencia y ha sido comprobado antes de su entrega por nuestro departamento de control de calidad, pasando por una comprobación de fatiga intermitente de 10 horas. A continuación se han controlado en un test intensivo de calidad todas las funciones y los datos técnicos.

Son válidas las normas de garantía del país en el que se adquirió el producto de HAMEG. Por favor contacte su distribuidor si tiene alguna reclamación.

Sólo para los países de la UE

Los clientes de la UE pueden dirigirse directamente a Hameg para acelerar sus reparaciones. El servicio técnico de Hameg también estará a su disposición después del período de garantía.

Return Material Authorization – RMA

Por favor solicite un número RMA por internet o fax antes de reenviar un equipo. Si no dispone de un embalaje adecuado puede pedir un cartón original vacío de nuestro servicio de ventas (Tel: +49 (0) 6182 800 500, E-Mail: service@hameg.de).

Mantenimiento

Se recomienda limpiar de vez en cuando la parte exterior del instrumento con un pincel. La suciedad incrustada en la caja, el asa y las piezas de plástico y aluminio se puede limpiar con un paño húmedo (agua con 1% de detergente suave). Para limpiar la suciedad grasienta se puede emplear alcohol de quemar o bencina para limpieza (éter de petróleo). La pantalla se puede limpiar con agua o bencina para limpieza (pero no con alcohol ni disolventes), secándola después con un paño limpio y seco sin pelusa. Después de la limpieza, es aconsejable tratarla

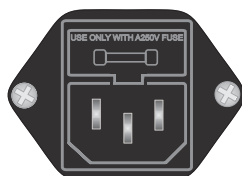
con un spray antiestático convencional, idóneo para plásticos. En ningún caso el líquido empleado para efectuar la limpieza debe penetrar en el aparato. La utilización de otros productos puede dañar las superficies plásticas y barnizadas.

Tensión de red

El aparato trabaja con tensiones de red alternas de 105V a 253V. Un cambio de tensión no es necesario. Los fusibles de entrada de red son accesibles desde el exterior. El borne de red y el portafusibles crean una unidad. El portafusibles se encuentra por encima del borne de red de 3 polos.

El cambio de un fusible sólo debe efectuarse, habiendo desconectado el cable de red del borne. Con la ayuda de un pequeño destornillador se apretan hacia adentro las muescas que se encuentran a ambos lados del portafusibles. Véanse también las marcas en la caja. El portafusibles se desplaza gracias a unos muelles y puede ser extraído para cambiar el fusible. Hay que tener precaución que los muelles de contacto que sobresalen en los lados, no sean dañados. La introducción del portafusibles sólo es posible si la muesca inferior está en su posición correcta. El portafusibles se introduce, salvando la presión de los muelles, hasta que las muescas laterales encajan en su posición original. La utilización de fusibles «reparados» o el cortocircuito del portafusibles es ilícito. Cualquier defecto que tuviera el aparato por esta causa, no daría lugar al derecho de garantía.

Tipo de fusible:
Tamaño 5 x 20mm; 250V~
IEC 127, h. III; DIN 41662
(ó DIN 41571, h.3)
Desconexión: lenta (T) 0,8A

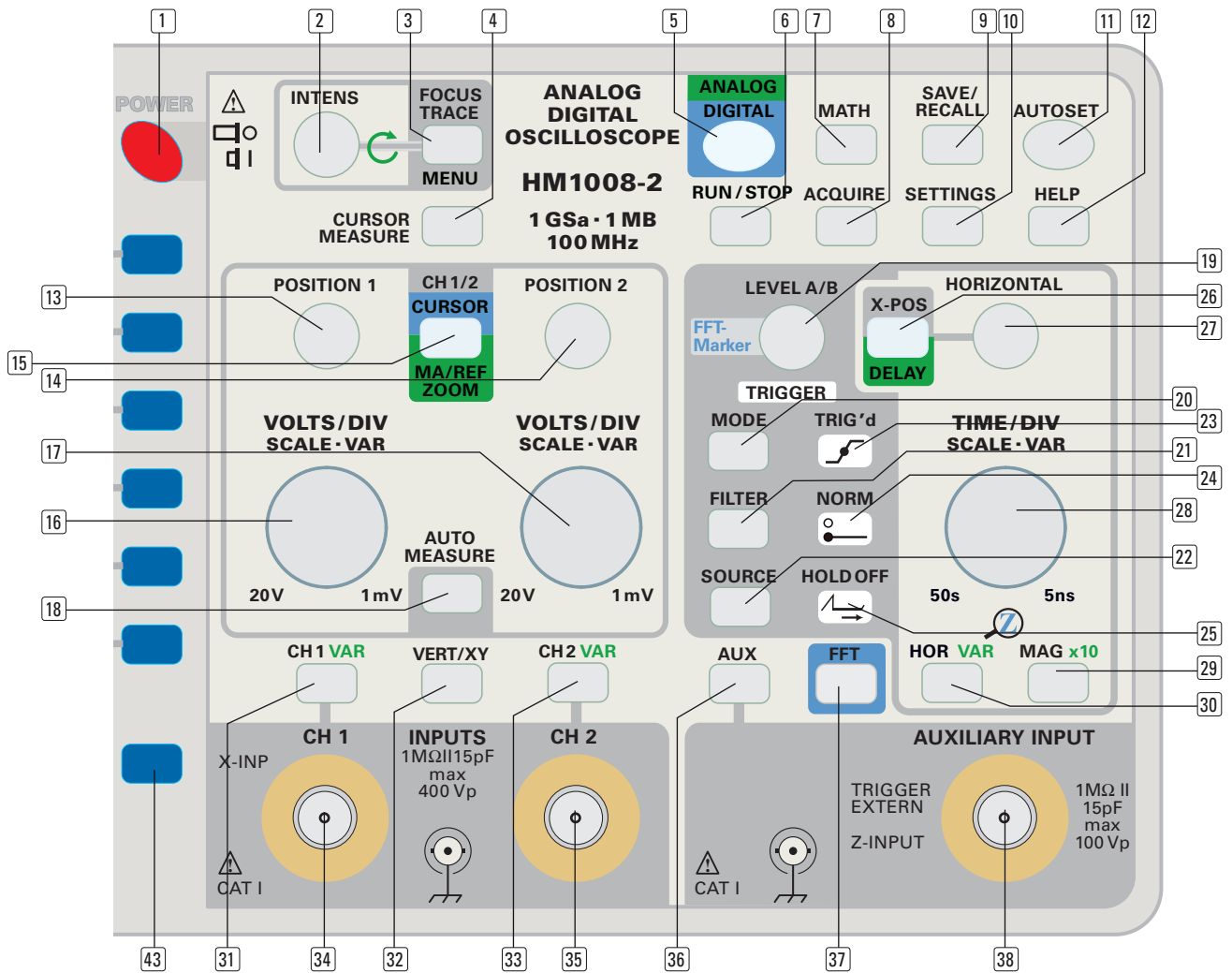


Elementos de mando e indicaciones

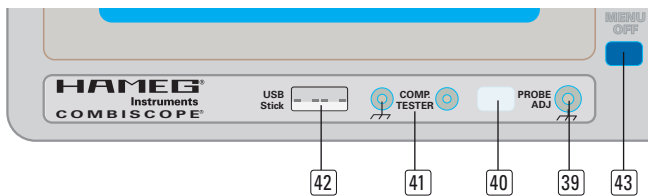
Los números de las páginas referenciadas se corresponden con las descripciones explícitas bajo el capítulo „Mandos de control y readout“! ▼

- 1 POWER** (tecla) 28
Tensión de red ON/OFF.
- 2 INTENS** (botón giratorio) 28
Ajuste de la intensidad del trazo y otras funciones, cuando se visualiza en pantalla el símbolo de giro.
- 3 FOCUS, TRACE, MENU** (tecla) 28
Visualización del menú con indicación del readout; permite la variación de varios ajustes con INTENS **2**, (p.ej. la nitidez del trazo, rotación del trazo, etc.)
- 4 CURSOR MEASURE** (tecla) 29
Llama el menú para seleccionar las mediciones por cursores y su activación.
- 5 ANALOG / DIGITAL** (tecla) 30
Conmutación entre modo de funcionamiento en analógico (color verde) y digital.
- 6 STOP / RUN** (tecla) 30
RUN: se posibilita la captura de señales.
STOP (iluminado): se detiene la captura de los datos de la señal
STOP (parpadeante): la captura prosigue y se detiene al finalizar la captura actual.

- 7 MATH** (tecla) 30
Menú (modo digital) con funciones (señales) matemáticas.
- 8 ACQUIRE** (tecla) 31
Menú (modo digital) con selección de modos de captura de señal y modos de presentación.
- 9 SAVE / RECALL** (tecla) 33
Menú con acceso a las señales de referencia (sólo en modo digital) o a las memorias de ajuste de los mandos.
- 10 SETTINGS** (tecla) 34
Menú con los modos generales y ajustes de diferentes idiomas; en modo digital también el modo de presentación de señal.
- 11 AUTOSET** (tecla) 35
Permite el ajuste automático de los mandos del equipo de modo idóneo y relacionado a la señal acoplada.
- 12 HELP** (tecla) 35
Visualiza textos de ayuda en relación a los diferentes mandos y menús.
- 13 POSITION 1** (mando giratorio) 35
Variación de posición de la función (señal) activa **15**: señal (actual, de referencia o matemática), cursor y ZOOM (digital).
- 14 POSITION 2** (mando giratorio) 36
Variación de posición de la función actual **15**: señal (actual, de referencia o matemática) cursor y ZOOM (digital).
- 15 CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM** (tecla) 36
Visualiza el menú e indicación en color de la función activa determinada de posición 1 y 2 (con CH1/2 oscuro).
- 16 VOLTS/DIV - SCALE • VAR** (mando giratorio) 37
Ajuste del coeficiente de entrada Y de canal 1, ajuste fino Y(VAR)y ajuste de escala
- 17 VOLTS/DIV - SCALE • VAR** (mando giratorio) 38
Ajuste del coeficiente de entrada Y de canal 2, ajuste fino Y(VAR)y ajuste de escala
- 18 AUTO MEASURE** (tecla) 38
Llama un menú con submenús para las mediciones automáticas y su activación
- 19 LEVEL A/B - FFT-Marker** (mando giratorio) 39
Ajuste del nivel de disparo para la base de tiempos A y B. Variación de la posición de la marca en modo FFT.
- 20 MODE** (tecla) 40
Visualiza el menú con los diferentes modos de disparo
- 21 FILTER** (tecla) 40
Acceso al menú de los filtros disponibles de disparo (acoplamiento), de la supresión de ruido y de la dirección de la pendiente de disparo.
- 22 SOURCE** (tecla) 41
Acceso al menú de selección de fuentes de disparo seleccionables (p.ej. CH1, CH2, ALT, 1/2, Externo, Red).
- 23 TRIG'd** (LED) 42
El LED se ilumina cuando la señal de disparo cumple las condiciones de disparo.



24	NORM (LED)	42	El LED se ilumina, en modo de disparo normal o disparo único (single)
25	HOLD OFF (LED)	42	El LED se ilumina, cuando el menú de HOR (sólo en modo analógico) tiene ajustado un tiempo de hold off diferente al 0%.
26	X-POS / DELAY (tecla)	42	Acceso al menú e indicación en color de la función activa determinada del mando de posicionamiento HORIZONTAL (con CH1/2 oscuro).
27	HORIZONTAL (mando giratorio)	43	Varía la posición X o en modo digital el tiempo de retardo (predisparo o postdisparo). En modo FFT ajuste de la frecuencia central (centerfrequency).
28	TIME/DIV - SCALE • VAR (mando giratorio)	43	Coefficiente de desvío de la base de tiempos A y B, ajustes finos de tiempo (VAR; sólo analógico) y ajuste de escala. En modo FFT margen de frecuencia (Span).
29	MAG x10 (tecla)	44	En modo Yt analógico (base de tiempos) expansión del eje X por el factor 10, y al mismo tiempo variación de la indicación de coeficiente de tiempo en pantalla.
30	HOR VAR (tecla)	45	Visualiza el menú de la función de ZOOM (digital) y de las bases de tiempo analógicas de A y B, ajuste fino de tiempo y tiempo de hold-off (analógico).
31	CH1 VAR (tecla)	47	Visualiza de menú de canal 1: acoplamiento de entrada, (AC, DC, GND), inversión de canal, sonda utilizada y ajuste fino Y (variable).
32	VERT/XY (tecla)	48	Visualiza el menú con posibilidad de seleccionar el modo de funcionamiento vertical, la suma de canales, modo XY, así como la limitación de ancho de banda.
33	CH2 VAR (tecla)	49	Visualización de menú de canal 2: acoplamiento de entrada, (AC, DC, GND), inversión de canal, sonda utilizada y ajuste fino Y.
34	Input CH1 (Borne BNC)	50	Entrada para la señal de canal 1 y entrada para la desviación horizontal en modo XY.
35	Input CH2 (Borne BNC)	50	Entrada para la señal de canal 2 y entrada para el desvío vertical en modo XY.
36	AUX (tecla)	50	Acceso al menú: la entrada AUXILIARY INPUT sirve como entrada para la señal del disparo externo. En modo analógico se puede elegir el modo de modulación de iluminación, cuando el disparo externo está desactivado.



- 37** **FFT** (tecla) **50**
En modo digital acceso al menú FFT con selección de ventana y de escala, así como desconexión de la función. En modo digital Yt, cambio al modo FFT, en modo FFT acceso al menú FFT.
- 38** **AUXILIARY INPUT** (Borne BNC) **51**
Entrada para señales de disparo externas. Sólo en modo analógico, se puede utilizar esta entrada para la modulación de iluminación.
- 39** **PROBE / ADJ** (borne) **51**
Salida con señales cuadradas para la compensación en frecuencia de sondas con atenuación 10:1.
- 40** **PROBE / COMPONENT** (tecla) **52**
Acceso al menú para activar o desactivar el tester de componentes, la selección de frecuencias para el ajuste de las sondas en el borne de PROBE ADJ. Información sobre hardware y software, así como interfaz (parte trasera) y USB stick.
- 41** **COMPONENT TESTER** (2 bornes de 4mm Ø) **52**
Conexión de las puntas de prueba para el comprobador de componentes. El borne izquierdo queda conectado galvánicamente con la línea de masa (tierra).
- 42** **USB-Stick** (Conexión frontal USB) **52**
Conexión para un USB-stick para la memorización y lectura de señales y parámetros de señales en modo digital.
- 43** **MENU OFF** (tecla) **52**
Desconecta la indicación de menú o cambia a un nivel superior del menú.

Principios básicos

Formas de tensión de señal

La siguiente descripción del HM1008-2 se refiere al modo de funcionamiento analógico y digital. No se indicarán especialmente las variaciones en los datos correspondientes al modo analógico o digital.

Con el osciloscopio HM1008-2 se puede registrar prácticamente cualquier tipo de señal (tensión alterna) que se repita periódicamente y tenga un espectro de frecuencia hasta 100MHz (-3dB) y tensiones continuas.

El amplificador vertical está diseñado de forma, que la calidad de transmisión no quede afectada a causa de una posible sobreoscilación propia.

La presentación de procesos eléctricos sencillos, tales como señales senoidales de alta y baja frecuencia y tensiones de zumbido de frecuencia de red, no tiene ningún problema. Durante las mediciones se ha de tener en cuenta un error creciente a partir de frecuencias de 40MHz, que viene dado por

la caída de amplificación. Con 80MHz la caída tiene un valor de aprox. 10%; el valor de tensión real es entonces aprox. 11% mayor que el valor indicado. A causa de los anchos de banda variantes de los amplificadores verticales (-3dB entre 100 y 140 MHz) el error de medida no se puede definir exactamente.

En procesos con formas de onda senoidales, el límite de los -6dB se encuentra en el HM1008-2 en los 160MHz. Para visualizar tensiones de señal rectangulares o en forma de impulsos, hay que tener en cuenta que también deben ser transmitidas sus porciones armónicas. Por esta causa su frecuencia de repetición ha de ser notablemente más pequeña que la frecuencia límite superior del amplificador vertical (aprox. 5 a 10 veces).

La visualización de señales mezcladas ya es más difícil, sobretodo si no existen en ellas niveles mayores de disparo que aparezcan con la misma frecuencia de repetición. Este es el caso, por ejemplo, en las señales de burst. Para que también se obtenga en estos casos una imagen con disparo impecable, puede que haya que hacer uso del hold-off.

El disparo de señales de TV-vídeo (señales FBAS) es relativamente fácil con ayuda del separador activo TV-Sync.

La resolución de tiempo es sencilla. Con p.ej. 100 MHz aproximadamente y el tiempo de deflexión más corto (5ns/div.) se representa un ciclo completo cada 2 div.

Para el funcionamiento opcional como amplificador de tensión en continua o alterna, cada entrada del amplificador vertical viene provista de un conmutador AC/DC (DC= corriente continua; AC= corriente alterna). Con acoplamiento de corriente continua DC sólo se debe trabajar utilizando una sonda atenuadora antepuesta, con bajas frecuencias o cuando sea preciso registrar la porción de tensión continua de la señal.

Con acoplamiento de corriente alterna AC del amplificador vertical, en el registro de señales de frecuencia muy baja pueden aparecer inclinaciones perturbadoras en la parte alta de la señal (frecuencia límite AC aprox. 1,6Hz para -3dB). En tal caso es preferible trabajar con acoplamiento DC, siempre que la tensión de la señal no posea una componente demasiado alta de tensión continua. De lo contrario, habría que conectar un condensador de valor adecuado ante la entrada del amplificador de medida en conexión DC. Este deberá tener suficiente aislamiento de tensión. El funcionamiento en DC también es aconsejable para señales lógicas y de impulso, sobretodo cuando varíe constantemente la relación de impulso. De lo contrario, la imagen presentada subiría o bajaría con cada cambio de la relación. Las tensiones continuas solamente se pueden medir con acoplamiento DC.

El acoplamiento elegido mediante la tecla AC/DC se presenta por READOUT en pantalla. El símbolo „=" indica acoplamiento DC mientras que „~" indica acoplamiento en AC (ver mandos de control y readout).

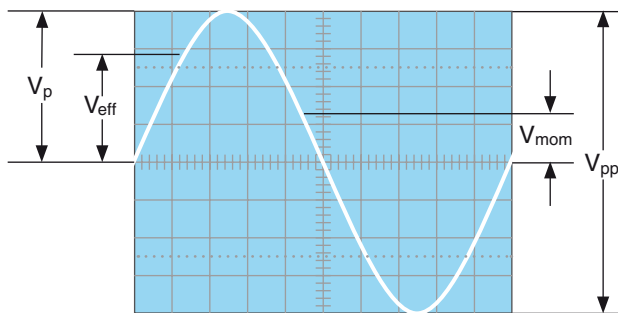
Magnitud de la tensión de señal

En la electrónica, generalmente los datos de corriente alterna se refieren a valores eficaces. Sin embargo, al utilizar un osciloscopio para las magnitudes de las señales y los datos de las tensiones se utiliza en valor V_{pp} (voltio pico-pico). Este último corresponde a las verdaderas relaciones de potenciales entre el punto más positivo y el más negativo de una tensión.

Para convertir una magnitud senoidal registrada en la pantalla del osciloscopio a su valor eficaz, hay que dividir el valor V_{pp} por

$2 \times \sqrt{2} = 2,83$. En sentido inverso hay que multiplicar por 2,83 las tensiones senoidales en voltios eficaces para obtener la diferencia de potencial en V_{pp} . El siguiente diagrama muestra la relación entre las distintas magnitudes de tensión.

Valores de tensión en una curva senoidal



V_{ef} = Valor eficaz;
 V_p = Valor de un pico;
 V_{pp} = Valor pico-pico;
 V_{mom} = Valor momentáneo (dep. del tiempo)

La tensión mínima de señal a la entrada Y que se requiere para obtener en pantalla una imagen de 1div. de altura es de $1mV_{pp}$ ($\pm 5\%$) si se muestra mediante readout el coeficiente de deflexión de 1mV y el reglaje fino está en su posición de calibrado. Sin embargo, es posible visualizar señales inferiores. Los coeficientes de deflexión en los atenuadores de entrada se presentan en $mV_{pp}/div.$ ó $V_{pp}/div.$ Mediante cursores se pueden determinar los valores de la tensión de una señal – teniendo automáticamente en cuenta la atenuación de la sonda utilizada – y estos valores se presentan en pantalla mediante el readout. Al utilizar sondas equipadas con identificación del factor de atenuación, se realiza la lectura en pantalla de la tensión leída de forma automática y con prioridad superior a la determinación del factor de atenuación introducido manualmente, que también es posible. El coeficiente de deflexión se presenta entonces en pantalla bajo consideración del factor de atenuación.

Al medir la amplitud de una señal, se deberá tener los amplificadores de entrada con sus ajustes finos en posición calibrada. En modo descalibrado, se puede reducir la sensibilidad de desvío de forma continuada (ver el párrafo de „mandos de control y readout“). La sensibilidad de todas las posiciones del atenuador de medida se pueden reducir como mínimo por un factor de 2,5:1. Así se pueden ajustar todos los valores intermedios siguiendo una secuencia de 1-2-5. Conectadas directamente a la entrada Y, se pueden registrar señales de hasta $400V_{pp}$ (atenuador de entrada en $20V/div.$, ajuste fino en 2,5:1, altura 8div.).

Si se desea obtener la magnitud de una tensión de una señal sin la utilización de cursores, es suficiente con tomar la altura de la imagen en div (cm) y multiplicar este con el coeficiente (calibrado) de desvío, presentado en pantalla.



Si no se utiliza una sonda atenuadora, la tensión conectada a la entrada Y no deberá superar los 400V (indiferentemente de la polaridad de la tensión).

Si la señal a medir es una tensión alterna, superpuesta a una tensión continua (mezcla de tensiones), la suma total del valor permitido (tensión continua + valor pico de la tensión de alterna) no deberá superar los +400V o los -400V. Las tensiones alternas, cuyo valor medio sea cero, podrán tener un valor máximo de $800V_{pp}$.

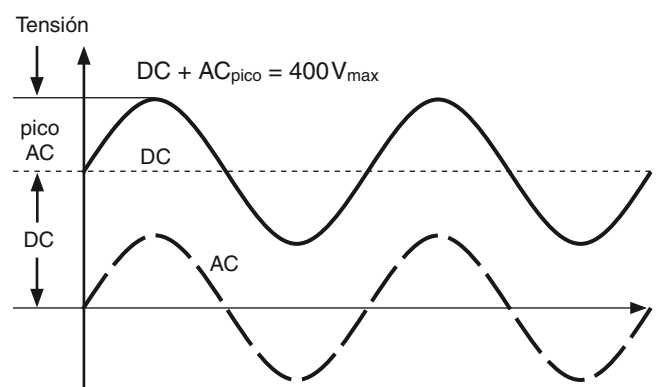


Al medir con sondas atenuadoras, sólo serán de relevancia los valores límites superiores de estas, si la entrada del osciloscopio ha sido conmutada a acoplamiento de entrada en DC.

Para las mediciones de tensión continua con acoplamiento de entrada en AC, se debe de respetar el valor de entrada máximo del osciloscopio (400V). El divisor de tensión resultante de la resistencia en la sonda y la resistencia de $1M\Omega$ a la entrada del osciloscopio, queda compensado, para las tensiones de continua, por el condensador de acoplamiento de entrada (en acoplamiento de AC). Se carga al mismo tiempo el condensador con la tensión continua sin división. Cuando se trabaja con tensiones mezcladas (AC y DC), hay que tener en cuenta que en acoplamiento de entrada AC la parte de tensión continua no es tampoco dividida, mientras que la parte correspondiente a la tensión alterna se divide dependiendo de la frecuencia, a causa de la resistencia capacitativa del condensador de acoplamiento. Con frecuencias $\geq 40Hz$ se puede partir de la relación de atenuación de la sonda.

Bajo las condiciones arriba descritas, se pueden medir con las sondas 10:1 de HAMEG (tipo HZ200) tensiones continuas de hasta 400V o tensiones alternas (con valor medio 0) de hasta $800V_{pp}$. Con una sonda atenuadora especial 100:1 (p.ej. HZ53) es posible medir tensiones continuas hasta 1200V y alternas (con valor medio 0) hasta unos $2400V_{pp}$. Sin embargo, este valor disminuye con frecuencias más elevadas (ver datos técnicos de la HZ53). Utilizando una sonda atenuadora 10:1 convencional se corre el riesgo de que estas tensiones superiores destruyan el trimmer capacitativo y pueda deteriorarse la entrada Y del osciloscopio. Sin embargo, si sólo se desea observar la ondulación residual de una alta tensión, una sonda atenuadora normal 10:1 es suficiente. En tal caso habrá que anteponer un condensador para alta tensión (aprox. 22 a $68nF$). Con la conexión de entrada en posición GD y el regulador POSITION., antes de efectuar la medición se puede ajustar una línea horizontal de la retícula como referencia para el potencial de masa. Puede estar por debajo, a la altura o por encima de la línea central horizontal, según se deseen verificar diferencias positivas o negativas con respecto al potencial de masa.

Tensión total de entrada



La curva discontinua presenta una tensión alterna que oscila alrededor de 0 voltios. Si esta tensión está superpuesta a una tensión continua (CC), resulta la tensión máx. de la suma del pico positivo más la tensión continua (CC+pico CA).

Periodos de señal

Normalmente, cuando se trabaja con un osciloscopio, todas las señales a registrar son procesos que se repiten periódicamente, llamados también periodos. El número de periodos por segundo es la frecuencia de repetición. Según la posición

del conmutador de la base de tiempos (TIME/DIV.), se puede presentar uno o varios períodos o también parte de un período. Los coeficientes de tiempo se indican en el READOUT en s/div., ms/div., μs/div. y ns/div. (1cm corresponde a 1DIV sobre la retícula interna de la pantalla del TRC). En combinación con los cursores en funcionamiento de medición de Δt - o $1/\Delta t$ (frecuencia), se pueden obtener fácilmente los datos de medida de periodos o la frecuencia de la señal.

Si se desea obtener la duración en tiempo (período) de una señal sin la ayuda de cursores, es suficiente multiplicar la duración en cm (divisiones de la retícula) con el coeficiente de deflexión (en posición calibrada) mostrado en pantalla.

Si el sector de tiempo que se desea medir es relativamente pequeño en comparación al periodo completo de la señal, se puede trabajar con el zoom (modo digital), la segunda base de tiempos (modo analógico) o en modo de presentación de tiempo expandido (MAG x10).

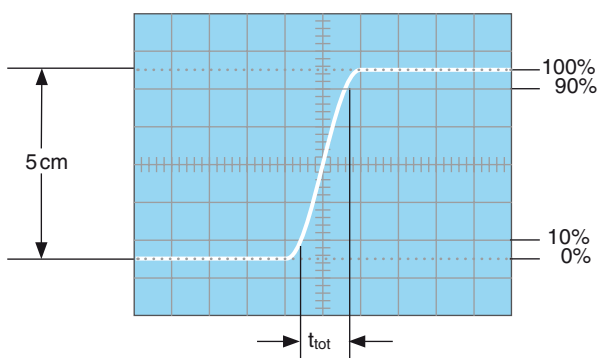
Al girar el mando giratorio HORIZONTAL, se puede desplazar el sector de tiempo interesante al centro de la pantalla. El comportamiento de sistema de una tensión de impulso se determina por su tiempo de subida. Los tiempos de subida o caída se miden entre un 10% y un 90% de su amplitud entera.

El ejemplo siguiente se refiere a la lectura mediante la reticulación interna del tubo, pero este resultado puede ser obtenido más fácilmente utilizando los cursores y seleccionando el modo de medida de cálculo correspondiente a tiempo de subida (ver mandos de control y readout).

Medición

- La pendiente del impulso correspondiente se ajusta con precisión a una altura de 5 div. (mediante el atenuador y su ajuste fino).
- La pendiente se posiciona simétricamente entre las líneas centrales de X e Y (mediante el botón de ajuste X e Y-POS.)
- Posicionar los cortes de la pendiente con las líneas de 10% y 90% sobre la línea central horizontal y evaluar su distancia en tiempo.

En el siguiente dibujo se ha ilustrado la óptima posición vertical y el margen de medida para el tiempo de subida.



Ajustando un coeficiente de deflexión de 5ns/div., el ejemplo del dibujo daría un tiempo de subida total de:

$$t_{\text{tot}} = 1,6 \text{ div.} \times 5 \text{ ns/div.} = 8 \text{ ns}$$

En tiempos muy cortos hay que restar geoméricamente del valor de tiempo medido, el tiempo de subida del amplificador vertical y, en su caso, también el de la sonda atenuadora utilizada. El tiempo de subida de la señal entonces sería:

$$t_a = \sqrt{t_{\text{tot}}^2 - t_{\text{osc}}^2 - t_t^2}$$

En este caso t_{tot} es el tiempo total de subida medido, t_{osc} el tiempo de subida del osciloscopio (aprox. 3,5 ns en el HM1008-2) y t_t el tiempo de subida de la sonda, p.ej. = 2 ns. Si t_{tot} supera 34 ns, se puede omitir el tiempo de subida del amplificador vertical (error <1%).

El ejemplo de la imagen daría un tiempo de subida de la señal de:

$$t_a = \sqrt{8^2 - 3,5^2 - 2^2} = 6,9 \text{ ns}$$

Naturalmente la medición del tiempo de subida o caída no queda limitada a los ajustes de imagen que se indican en el dibujo. Con estos ajustes es más sencillo. Por regla general la medición se puede realizar en cualquier posición del haz y con cualquier amplitud de señal. Sólo es importante que el flanco en cuestión se presente en su longitud total, que no sea demasiado empinado y que se mida la distancia horizontal entre el 10% y el 90% de la amplitud. Si el flanco muestra sobre- o pre-oscilaciones, el 100% no debe referirse a los valores pico, sino a la altura media de las crestas. Así mismo hay que pasar por alto oscilaciones (glitches) junto al flanco. Pero la medición del tiempo de subida o caída no tiene sentido cuando existen distorsiones muy pronunciadas. La siguiente ecuación entre el tiempo de subida t_s (ns) y el ancho de banda B (MHz) es válida para amplificadores con un retardo de grupo casi constante (es decir, buen comportamiento con impulsos).

$$t_a = \frac{350}{B} \quad B = \frac{350}{t_a}$$

Conexión de la tensión de señal

Una pulsación breve sobre la tecla AUTOSET es suficiente para obtener un ajuste del aparato adecuado (ver "AUTOSET"). Las siguientes indicaciones son para la utilización manual de los mandos, cuando una utilización específica así se requiere (véase también el apartado: „Mandos de control y readout“)

 ¡Cuidado al conectar señales desconocidas a la entrada vertical!

Se recomienda efectuar las medidas siempre con ayuda de una sonda. Sin sonda atenuadora, el conmutador para el acoplamiento de la señal debe estar inicialmente siempre en posición AC y los atenuadores de entrada en 20V/div. Si el haz desaparece de repente, sin haber pulsado la tecla de AUTO SET y después de haber conectado una tensión de señal, es posible que la amplitud de la señal sea excesiva y sobreexcite el amplificador de medida. En tal caso aumente el coeficiente de deflexión (sensibilidad inferior), hasta que la amplitud (deflexión vertical) ya sólo sea de 3 a 8 div. En mediciones de amplitud con mandos calibrados y superiores a 160V_{pp} es imprescindible anteponer una sonda atenuadora. Si el haz se oscurece mucho al acoplar la señal, la duración del período de la señal de medida probablemente sea notablemente más grande que el valor ajustado en el conmutador TIME/DIV. Entonces debería aumentarse el coeficiente en este mando.

La señal a visualizar se puede conectar a la entrada del amplificador Y directamente a través de un cable de medida blindado (por ejemplo HZ32/34) o bien atenuada por una sonda atenuadora 10:1. Sin embargo, la utilización de un cable de medida en circuitos de alta impedancia, sólo es aconsejable cuando se trabaja con frecuencias relativamente bajas (hasta 50 kHz) y de forma senoidal. Para frecuencias mayores la fuente de la señal debe ser de baja resistencia, es decir, que debe estar adaptada a la impedancia característica del cable coaxial

(normalmente 50 Ω). Para transmitir señales rectangulares o impulsos es necesario cargar el cable con una resistencia a la entrada del osciloscopio. Esta debe tener el mismo valor que la impedancia característica del cable. Si se utiliza un cable de 50 Ω , como por ejemplo el HZ34, se puede obtener a través de HAMEG la resistencia terminal HZ22 de 50 Ω . Sobre todo en la transmisión de señales rectangulares con un tiempo de subida corto, puede ocurrir que sin la resistencia de carga aparezcan distorsiones sobre flancos y crestas. También será conveniente utilizar la resistencia de carga para señales senoidales de mayor frecuencia (>100kHz). Algunos amplificadores, generadores o sus atenuadores sólo mantienen su tensión de salida nominal (sin que influya la frecuencia), si su cable de conexión está cargado con la resistencia adecuada. Recuerde que la resistencia de carga HZ22 sólo se puede cargar con máximo 1 vatio. Esta potencia se alcanza con 7V_{rms}, o en señales senoidales, con 19,7V_{pp}.

Si se utiliza una sonda atenuadora 10:1 ó 100:1, la resistencia de carga no es necesaria. En ese caso el cable ya está adaptado a la entrada del osciloscopio. Con una sonda atenuadora, la carga sobre fuentes de tensión con mayor impedancia interna es muy reducida (aprox. 10 M Ω || 12pF con la HZ36/HZ51 y 100 M Ω || 5pF con la sonda HZ53). Por esta razón siempre conviene trabajar con una sonda atenuadora cuando sea posible compensar la pérdida de tensión con una posición de sensibilidad mayor. Además, la impedancia en serie de la sonda protege la entrada del amplificador de medida. Por fabricarse independientemente, todas las sondas atenuadoras se suministran preajustadas. Por tanto, hay que realizar su ajuste exacto sobre el osciloscopio (ver «Ajuste de las sondas»).

Las sondas atenuadoras corrientes conectadas a un osciloscopio suponen una reducción mayor o menor del ancho de banda y un aumento del tiempo de subida. En todos aquellos casos en los que se precise utilizar todo el ancho de banda del osciloscopio (p.ej. para impulsos con flancos muy empinados) aconsejamos las sondas HZ200 (10:1, con identificación automática de atenuación). La sonda HZ200 tiene, adicionalmente a los ajustes de compensación en baja frecuencia, dos ajustes en alta frecuencia. Con estas sondas y la ayuda de un calibrador conmutable a 1 MHz se puede corregir el retardo de grupo hasta cerca de la frecuencia límite superior del osciloscopio. Con estas sondas prácticamente no varían ni el ancho de banda ni el tiempo de subida del osciloscopio. En cambio es posible que mejore la presentación individual de señales rectangulares del osciloscopio.



Trabajando con una sonda atenuadora 10:1 ó 100:1, con tensiones superiores a 400V, se debe utilizar siempre el acoplamiento de entrada DC.

Al acoplar señales en AC con baja frecuencia, la atenuación ya no es independiente de la frecuencia, los impulsos pueden mostrar inclinaciones de cresta; las tensiones continuas se suprimen, pero son una carga para el condensador de acoplamiento de entrada del osciloscopio. Este resiste tensiones máximas de 400V (CC + pico CA). Especialmente importante es el acoplamiento DC con una sonda atenuadora 100 : 1, que normalmente resiste tensiones de máx. 1200 V (CC + pico CA).

Para suprimir la tensión continua, se puede conectar un condensador con la correspondiente capacidad y aislamiento adecuado a la entrada de la sonda atenuadora (p.ej. para la medición de tensiones de zumbido). En todas las sondas, la tensión de entrada está limitada a partir de 20kHz, por razones de frecuencia. Por eso es necesario observar la curva de respuesta (Derating Curve) de la sonda en cuestión.

La elección del punto de masa en el objeto de medida es muy importante al presentar tensiones pequeñas. El punto de toma de masa, debe estar siempre lo más próximo posible del punto de medida. En caso contrario, el resultado de la medición puede quedar falseado por corrientes de masa. Los cables de masa de las sondas también son un punto muy crítico. Estos deben ser lo más cortos y gruesos posible.



Para eliminar problemas de masa y de adaptación en la conexión de la sonda a la hembrilla BNC, es preferible utilizar un adaptador BNC (que generalmente se incluye en los accesorios de la sonda atenuadora).

Si aparecen tensiones de zumbido o de ruido en el circuito de medida (especialmente con coeficientes de deflexión Y pequeños), pueden ser resultado de una múltiple toma de tierra, ya que en este caso podrían correr corrientes de compensación por los blindajes de los cables de medida (caída de tensión entre las conexiones de protección, producida por otros aparatos de red, p.ej. generadores de señal con condensadores antiparásitos).

Puesta en marcha y ajustes previos

Antes de la primera utilización debe asegurarse una correcta conexión entre la conexión de protección (masa del aparato) y el conducto de protección de red (masa de la red eléctrica) por lo que se deberá conectar el aparato como primero a la toma de red.

Mediante el conmutador de red POWER de color rojo se pone en funcionamiento el aparato, iluminándose en un principio varios de los diodos luminosos. Entonces el osciloscopio se ajusta según los ajustes utilizados en el último trabajo. Si después de unos 20 segundos de tiempo de calentamiento no se establecen los trazos o el readout, es recomendable pulsar la tecla AUTO SET.

Si se visualiza el trazo, se ajusta, si fuera necesario, una luminosidad media con el mando de INTENS, y después de conmutar a FOCUS, la nitidez máxima obtenible y – después de conmutar a rotación del trazo, se ajusta este horizontalmente o paralelo a las líneas de reticulación.

A efectos de cuidados del tubo de rayos catódicos (TRC), es aconsejable trabajar justo con una luminosidad de trazo suficiente, para la tarea que se pretende realizar. Se debe tener especial cuidado, al trabajar con un trazo en forma de punto (p.ej. modo XY). Si el trazo es ajustado con demasiada intensidad, se puede dañar la capa de fósforo, si se enciende y apaga rápidamente y consecutivamente el osciloscopio.

Después de ajustar el mayor coeficiente de deflexión (20V/cm), se deberán conectar los cables de medida a las entradas del osciloscopio y conectar estos al objeto bajo medida pero sin tensión. Si a continuación no apareciera ninguna señal, aconsejamos pulsar la tecla de AUTASET.

Rotación de la traza TR

A pesar del blindaje metálico alrededor del TRC, no es posible excluir todas las influencias magnéticas de tierra sobre el trazo. Estas varían según la situación del osciloscopio en el puesto

de trabajo. Entonces el trazo no va paralelo a las líneas de la retícula. Se puede ajustar el trazo en algunos grados respecto a la línea de retícula, con el mando INTENS, si este ha sido conmutado a su funcionamiento de "rotación de trazo".

Uso y ajuste de las sondas

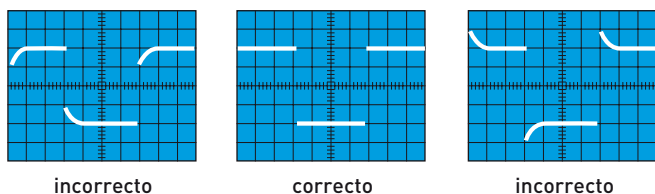
La sonda atenuadora debe estar exactamente adaptada a la impedancia de entrada del amplificador vertical para transmitir correctamente la forma de la señal. Para este trabajo, un generador incorporado en el osciloscopio proporciona una señal rectangular con un tiempo de subida muy corto y una frecuencia de aprox. 1 kHz ó 1 MHz. La señal rectangular se puede tomar del borne concéntrico situado debajo de la pantalla. Suministra una señal de $0,2V_{pp} \pm 1\%$ para sondas atenuadoras 10 : 1. La tensión corresponde a una amplitud de 4 cm de altura, si el atenuador de entrada del osciloscopio está ajustado al coeficiente de deflexión de 5 mV/cm.

El diámetro interior del borne es de 4,9 mm. y corresponde al diámetro exterior del tubo de aislamiento de sondas modernas (conectadas al potencial de referencia) de la serie F (norma internacional). Sólo así se obtiene una conexión a masa muy corta, que permite obtener la presentación de señales con frecuencia alta y una forma de onda sin distorsión de señales no senoidales.

Ajuste a 1 kHz

El ajuste de este condensador (trimmer) compensa (en baja frecuencia) la carga capacitativa de la entrada del osciloscopio. Con este ajuste el atenuador capacitativo obtiene la misma relación que un atenuador óhmico.

Esto da como resultado, la misma atenuación de la tensión para frecuencias altas y bajas que para tensión continua (este ajuste no es necesario ni posible con sondas 1 : 1 fijas o sondas conmutadas a 1 : 1). Una condición para el ajuste es que el trazo vaya paralelo a las líneas horizontales de la retícula (véase «Rotación del haz TR»).



Conectar la sonda atenuadora 10 : 1 a la entrada que se desea compensar, conmutar el acoplamiento de entrada a DC, el atenuador de entrada a 5 mV/cm. y el conmutador TIME/DIV. a 0,2 ms/cm (ambos en posición calibrada), conectar la sonda 10:1 al borne PROBE ADJ.

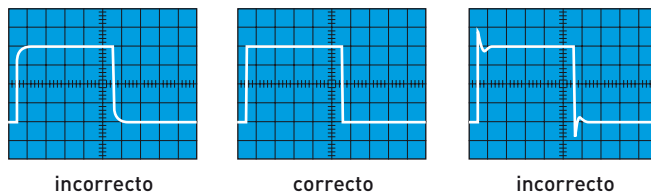
En la pantalla aparecen dos períodos. Seguidamente hay que ajustar el trimmer de compensación de baja frecuencia, cuya localización se describe en la información adjunta a la sonda. El trimmer se ajusta con el destornillador aislado que se adjunta, hasta que las crestas de la señal rectangular vayan exactamente paralelos a las líneas horizontales de la retícula (ver dibujo 4). La altura de la señal debe medir 4 div.(cm) $\pm 0,12$ div.(3%). Los flancos de la señal quedan invisibles durante este ajuste.

Ajuste a 1 MHz

Las sondas suministradas implementan unos elementos de corrección, con cuya ayuda es posible ajustar, de forma óptima, la sonda en el margen superior de la frecuencia límite del amplificador vertical.

Después del ajuste, no sólo se obtiene el ancho de banda máximo para una utilización con sonda, sino también un retardo de grupo constante al límite del margen. Con esto se reducen a un mínimo las distorsiones cerca del flanco de subida (como sobreoscilaciones, redondeamiento, postoscilaciones, etc. en la parte superior plana de la señal).

Para este ajuste con alta frecuencia es indispensable un generador de onda rectangular con un tiempo de subida muy corto (típico 4 ns) y una salida de baja impedancia interna (aprox. 50 Ω), que entregue una tensión de 0,2 V con una frecuencia de 1 MHz. La salida "PROBE ADJ" del calibrador del osciloscopio, cumple estos datos si se seleccionó 1 MHz como frecuencia de señal.



Conectar la sonda atenuadora del a la entrada del canal que se desea compensar. Seleccionar la frecuencia de 1 MHz, seleccionar el acoplamiento de entrada en DC, ajustar el atenuador de entrada en 5 mV/div y la base de tiempos en 0,1 μ s/div. (en posiciones calibradas). Introducir la punta de la sonda en el borne PROBE ADJ. Sobre la pantalla aparecerá una señal cuyos flancos rectangulares son visibles. Ahora se realiza el ajuste en AF. Se debe observar para este proceso la pendiente de subida y el canto superior izquierdo del impulso. En la información adjunta a las sondas se describe la situación física de los elementos de ajuste de la sonda.

Los criterios para el ajuste en AF son los siguientes:

- Tiempo de subida corto que corresponde a una pendiente de subida prácticamente vertical.
- Sobreoscilación mínima con una superficie horizontal lo más recta posible, que corresponde a una respuesta en frecuencia lineal.

La compensación en AF debe efectuarse de manera, que la señal aparezca lo más cuadrada posible. Al finalizar el ajuste con la señal de 1 MHz, la amplitud de la señal deberá tener el mismo valor que el obtenido arriba bajo el ajuste de 1 kHz.

Es importante atenerse a la secuencia de ajustar primero 1 kHz y luego 1 MHz, pero no es necesario repetir el ajuste. Cabe anotar también, que las frecuencias del calibrador 1 kHz y 1 MHz no sirven para la calibración de la deflexión de tiempo del osciloscopio (base de tiempos). Además, la relación de impulso difiere del valor 1 : 1.

Las condiciones para que los ajustes de atenuación de los controles (o controles del coeficiente de deflexión) sean fáciles y exactos, son: crestas de impulso horizontales, altura de impulso calibrada y potencial cero en la cresta de impulso negativo. La frecuencia y la relación de impulso no son críticas.

Modo de funcionamiento de los amplificadores verticales

Los mandos más importantes para los modos de funcionamiento de los amplificadores verticales son las teclas: VERT/XY [32], CH1 [31], CH2 [33]. Con ellas se llega a los menús, en los cuales se puede seleccionar los modos de funcionamiento y los parámetros de los diferentes canales.

La conmutación a los diferentes modos de funcionamiento se describe bajo el párrafo de "mandos de control y readout".

Anotación general: Cuando en el manual nos referimos a "ambos canales", entendemos los canales CH1 y CH2.

El modo más usual de presentación de señales con un osciloscopio es la del modo Yt. En este modo la amplitud de la(s) señal(es) medida(s) desvía(n) el(los) trazo(s) en dirección Y. Al mismo momento se desplaza el haz de izquierda a derecha sobre la pantalla (Base de tiempos).

El amplificador vertical correspondiente ofrece entonces las siguientes posibilidades:

- La presentación de sólo una traza en canal 1
- La presentación de sólo una traza en canal 2
- La presentación de dos señales en modo DUAL (bicanal).

En modo DUAL trabajan simultáneamente los dos canales. El modo de presentación de estos dos canales depende de la base de tiempos (ver "mandos de control y Readout"). La conmutación de canales puede realizarse (en alternado) después de cada proceso de desvío de tiempo. Pero también es posible conmutar continuamente mediante una frecuencia muy elevada ambos canales durante un periodo de desvío de tiempo (chop mode). Así se pueden visualizar procesos lentos sin parpadeo.

Para la visualización de procesos lentos con coeficientes de tiempo $\geq 500 \mu\text{s}/\text{div.}$ no es conveniente la utilización del modo alternado. La imagen parpadea demasiado, o parece dar saltos. Para presentaciones con una frecuencia de repetición elevada y unos coeficientes de tiempo relativamente pequeños, no es conveniente el modo de choppeado.

Para el funcionamiento en modo digital, las recomendaciones superiores son irrelevantes, ya que cada canal dispone de su propio convertidor analógico/digital y la presentación de la señal se realiza de forma simultánea en todos los canales.

Trabajando en modo ADD, se suman algebraicamente las señales de ambos canales ($\pm\text{CH1} \pm\text{CH2}$). El signo $\pm$ es para indicar si la señal es invertida (-) o no-invertida (+). El resultado es la suma o la resta de las tensiones de las señales, dependiendo de la fase o polarización de las mismas señales y/o si se han utilizado los inversores del osciloscopio.

Tensiones de entrada con la misma fase:

Ambos canales sin invertir = suma
Ambos canales invertidos = suma
Sólo un canal invertido = resta

Tensiones de entrada con la fase opuesta:

Ambos canales sin invertir = resta
Ambos canales invertidos = resta
Sólo un canal invertido = suma

En el modo ADD la posición vertical del haz depende de los mandos Y-POS. de ambos canales. Esto quiere decir, que el ajuste de Y.POS. se suma, pero no se puede influenciar mediante las teclas INVERT.

Las tensiones entre dos potenciales flotantes con respecto a masa se miden muchas veces en funcionamiento de resta entre ambos canales. Así, también se pueden medir las corrientes por la caída de tensión en una resistencia conocida. Generalmente sólo se deben tomar ambas tensiones de señal con sondas atenuadoras de idéntica impedancia y atenuación para la presentación de señales de diferencia. Para algunas medidas de diferencia es ventajoso no tener conectados los cables de masa de ambas sondas atenuadoras en el punto de medida. Con esto se evitan posibles perturbaciones por zumbido.

Modo de funcionamiento en XY

A este modo de funcionamiento se accede mediante VERT/XY [32] >XY. En modo analógico, queda desconectada la base de tiempos. La desviación en X se realiza mediante la señal conectada a la entrada de canal 1 (X-INP. = entrada horizontal). El conmutador de atenuación de entrada de canal 1 y su ajuste fino se utilizan en este modo para el ajuste de la amplitud en dirección X.

Los ajustes en dirección horizontal se efectúan con el botón de HORIZONTAL y POSITION 1.

La desviación Y se realiza en el modo XY por el canal 2 (CH2).

Como la expansión X x 10 (MAG x10) queda sin efecto en el modo XY, hay diferencias respecto a las sensibilidades máximas e impedancias de entrada de ambos canales. Hay que tener precaución durante mediciones en modo XY de la frecuencia límite superior (-3dB) del amplificador X, así como de la diferencia de fase entre X e Y, que va en aumento con la frecuencia (ver hoja técnica)

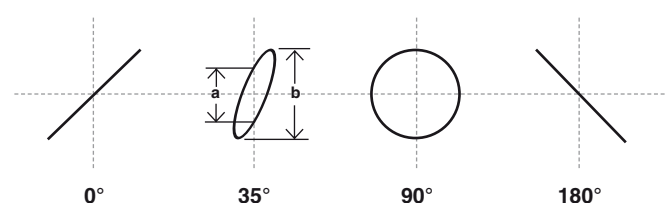
En modo analógico XY no se puede invertir la señal X (CH1 = X-INP.).

El modo de funcionamiento en XY con figuras de Lissajous, facilita o permite realizar determinadas medidas:

- La comparación de dos señales de diferente frecuencia o el reajuste de la frecuencia de una señal a la frecuencia de otra hasta el punto de sincronización. Esto también es válido para múltiplos o fracciones de frecuencia de una señal.
- Comparación de fase entre dos señales de la misma frecuencia.

Comparación de fases mediante figuras Lissajous

Los siguientes dibujos muestran dos señales senoidales con la misma frecuencia y amplitud, pero con un ángulo de fase diferente entre si.



El ángulo de fase y el desfase entre las tensiones X e Y se puede calcular fácilmente (después de medir las distancias a

y b en la pantalla) aplicando las siguientes fórmulas y utilizando una calculadora provista de funciones trigonométricas. Este cálculo es independiente de las amplitudes de deflexión en la pantalla.

$$\sin \varphi = \frac{a}{b}$$

$$\cos \varphi = \sqrt{1 - \left(\frac{a}{b}\right)^2}$$

$$\varphi = \arcsin \frac{a}{b}$$

Hay que tener en cuenta:

- Por la periodicidad de las funciones trigonométricas es preferible calcular los ángulos sólo hasta $\leq 90^\circ$. Las ventajas de este método están precisamente en este margen.
- No utilizar una frecuencia de medida demasiado alta. En función XY, el desfase de los amplificadores puede sobrepasar los 3° (ver hoja técnica).
- En la pantalla no se puede reconocer claramente, si la tensión a medir o la tensión de referencia es la avanzada. En este caso puede servir un circuito CR colocado a la entrada de test del osciloscopio. Como R se puede utilizar directamente la resistencia de entrada de $1\text{ M}\Omega$, de forma que ya sólo haya que conectar delante un condensador C. Si se aumenta la abertura de la elipse (en comparación con el condensador en cortocircuito), será la tensión a controlar la que esté avanzada y viceversa. Sin embargo, esto sólo es válido en un margen de desfase de hasta 90° . Por esto es preferible utilizar un condensador suficientemente grande para obtener un desfase pequeño, pero todavía perceptible.

Si faltan o fallan ambas tensiones de entrada con la función XY conectada, se presenta un punto muy intenso en la pantalla. Con demasiada luminosidad (botón INTENS.) se puede quemar la capa de fósforo en este punto, lo que provocaría una pérdida de luminosidad o en caso extremo la destrucción total en este punto y esto podría requerir la sustitución del TRC.

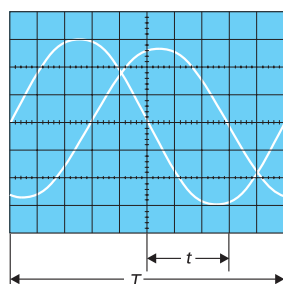
Medidas de diferencia de fase en modo DUAL (Yt)

Atención: Las medidas de diferencias de fase no se pueden realizar en modo DUAL Yt, trabajando en disparo alternado.

Una mayor diferencia de fase entre dos señales de entrada con la misma frecuencia y forma se puede medir fácilmente en la pantalla en modo de dos canales simultáneos DUAL Yt. El barrido se dispara con la señal que sirve de referencia (posición de fase = 0). La otra señal puede tener un ángulo de fase avanzado o atrasado. Para mayor exactitud en la medida es ventajoso presentar en la pantalla aprox. un período de las señales y similares en amplitud. Sin influenciar el resultado, también se pueden utilizar los ajustes finos para la amplitud, el barrido y el botón LEVEL. Antes de la medida, ambas líneas de tiempo se ajustan con los botones Y-POS. exactamente sobre la línea central de la retícula. En señales senoidales se observan los cruces con la línea central, las crestas no resultan tan exactas. Si una señal senoidal está notablemente deformada por armónicos pares (las medias ondas no son simétricas) o existe una tensión continua de offset, se aconseja utilizar el acoplamiento AC para ambos canales. Si se trabaja con impulsos de forma idéntica, se mide en los flancos de subida.

t = distancia horizontal entre los cruces por el potencial cero en divisiones o centímetros.

T = longitud horizontal de un período en div. o cm.



En el ejemplo son $t = 3\text{ div.}$ y $T = 10\text{ div.}$ La diferencia de fase se calcula en grados

$$\varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 360^\circ = \frac{3}{10} \cdot 360^\circ = 108^\circ$$

o en medida de arco

$$\text{arc } \varphi^\circ = \frac{t}{T} \cdot 2\pi = \frac{3}{10} \cdot 2\pi = 1,885 \text{ rad}$$

Los ángulos de fase relativamente pequeños con frecuencias no demasiado altas se pueden medir más exactamente con las figuras de Lissajous, empleando la función XY.

Medición de una modulación en amplitud

Atención: La siguiente descripción se refiere a un modo de funcionamiento en analógico. En modo digital pueden aparecer presentaciones de señal con distorsiones alias, ya que al trabajar con frecuencias de modulación bajas, se debe ajustar la base de tiempos con coeficientes de deflexión grandes, para poder presentar por lo menos un período completo de la señal de modulación. La frecuencia de muestreo resultante, podría ser entonces demasiado baja para la portadora.

La amplitud momentánea u en el momento t de una tensión portadora de alta frecuencia, que se ha modulado en amplitud sin distorsiones con una tensión senoidal de baja frecuencia es:

$$u = U_T \cdot \sin \omega t + 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega - \omega)t - 0,5m \cdot U_T \cdot \cos(\Omega + \omega)t$$

Con: U_T = amplitud portadora sin modulación.

Ω = $2\pi F$ = frecuencia angular de la portadora

ω = $2\pi f$ = frecuencia angular de la señal modulada.

m = grado de modulación (normalmente ≤ 1 ; $1=100\%$)

Por la modulación aparece además de la frecuencia portadora F, la frecuencia lateral inferior $F - f$ y la frecuencia lateral superior $F + f$.

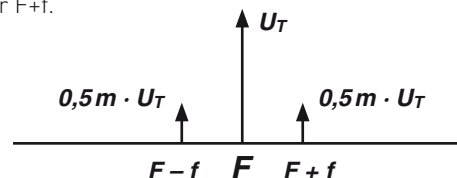


Figura 1:

Amplitudes y frecuencias del espectro de AM ($m = 50\%$)

Con el osciloscopio se puede visualizar y evaluar la imagen de una señal de AF modulada en amplitud, si su espectro de frecuencia está dentro de los límites del ancho de banda. La base de tiempos se ajusta a una posición en la que se pueden apreciar varias oscilaciones de la frecuencia de modulación. Para obtener más exactitud se deberá disparar externamente con la frecuencia de modulación (del generador de BF o de un demodulador). Con disparo normal, sin embargo, a menudo se puede disparar internamente con ayuda del ajuste fino de tiempo.

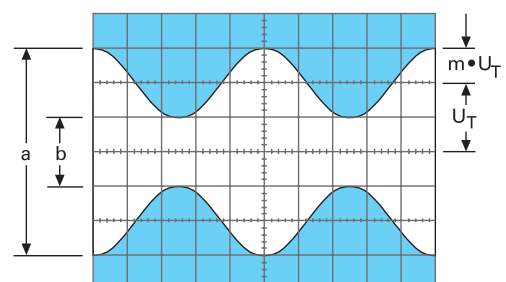


Figura 2:

Oscilación modulada en amplitud: $F = 1\text{ MHz}$; $f = 1\text{ kHz}$; $m = 50\%$; $U_T = 28,3\text{ mV}_{\text{ef}}$.

Ajustes del osciloscopio para una señal según la figura 2:

canal 1 modo-Y: CH.1; 20mV/div.; AC;
 TIME/DIV.: 0,2ms/div.
 Disparo: NORMAL; AC; interno con ajuste de tiempo fino (o disparo externo).

Si se miden los dos valores a y b en la pantalla, el grado de modulación se calcula por la fórmula:

$$m = \frac{a-b}{a+b} \text{ bzw. } m = \frac{a-b}{a+b} \cdot 100 [\%]$$

siendo $a = U_T (1+m)$ y $b = U_T (1-m)$

Al medir el grado de modulación, los ajustes finos para la amplitud y el tiempo pueden estar en cualquier posición. Su posición no repercute en el resultado.

Disparo y deflexión de tiempo

Los mandos de control y los indicadores importantes para estas funciones se encuentran en el campo coloreado de gris con denominación de TRIGGER. Estos quedan descritos en el apartado "Mandos de control y readout".

La variación en tiempo de una tensión que se desea medir (tensión alterna) se presenta en modo Yt (amplitud en relación al tiempo). La señal a medir desvía el rayo de electrones en dirección Y, mientras que el generador de deflexión de tiempo mueve el rayo de electrones de izquierda a derecha sobre la pantalla con una velocidad constante y seleccionable (deflexión de tiempo).

Generalmente se presentan las tensiones repetitivas mediante deflexiones de tiempo repetitivas. Para obtener una presentación estable en pantalla, se precisa que el siguiente inicio de la deflexión de tiempo se realice cuando se obtiene la misma posición (amplitud en tensión y dirección de pendiente) de la tensión (de señal) en el que la deflexión de tiempo se había iniciado también en el ciclo anterior (disparo sincronizado).



No se puede efectuar el disparo con una tensión continua, circunstancia que no es necesaria, ya que no se produce ninguna variación durante el tiempo que pueda iniciar el disparo.

El disparo se puede iniciar por la propia señal de medida (disparo interno) o por una señal acoplada externamente y sincronizada con la señal de medida. La señal para el disparo debe tener una amplitud mínima (tensión) para que el disparo pueda funcionar. Este valor se denomina umbral de disparo. Este se fija con una señal senoidal. Si la tensión se obtiene internamente de la señal de medida, se puede indicar como umbral de disparo la altura vertical de la imagen en div. o cm. a partir de la cual funciona el disparo, la imagen de la señal queda estable. Con ello se evita, que para cada posición del atenuador de entrada, deban tenerse en cuenta diferentes valores de tensión.

Si el disparo se produce externamente, hay que medirlo en el borne correspondiente en V_{pp} . Dentro de determinados límites, la tensión para el disparo puede ser mucho mayor que el umbral del disparo. Por lo general no es aconsejable

sobrepasar un valor de 20 veces. El osciloscopio tiene dos modos de funcionamiento de disparo, que se describen a continuación.

Disparo automático sobre valores pico

Las informaciones técnicas correspondientes quedan descritas en los párrafos MODE [20](#), >AUTO, LEVEL A/B [19](#), FILTER [21](#) y SOURCE [22](#) bajo "Mandos de control y readout". La activación de la tecla AUTO SET selecciona automáticamente este modo de funcionamiento. En modo de acoplamiento de disparo en DC se desconecta automáticamente el disparo sobre valores de pico, manteniéndose el disparo automático.

Trabajando con disparo automático sobre valores de pico, la deflexión de tiempo también se produce automáticamente en periodos, aunque no se haya aplicado una tensión alterna de medida o de disparo externo. Sin tensión alterna de medida sólo aparece una línea de tiempo, con la que se puede medir tensiones continuas (esta línea corresponde a la deflexión de tiempo no disparada, es decir autónoma). Si se ha conectado la tensión a medir, el manejo consiste esencialmente en el ajuste adecuado de la amplitud y la base de tiempos, mientras el haz permanece visible en todo momento. Al trabajar con señales de frecuencia <20Hz, el periodo de estas señales es superior al tiempo de espera del inicio del desvío de tiempo automático – que no es iniciado por el circuito de disparo. Por esta razón, se presentan señales con frecuencia <20HZ sin estar sincronizadas.

El ajuste de nivel de disparo no influye en el disparo automático sobre valores pico. El margen de ajuste se adapta automáticamente a la amplitud pico a pico de la señal previamente conectada y es así más independiente de la amplitud de la señal y de su forma.

Es posible por ejemplo variar la relación de medida de una tensión rectangular de 1 : 1 a 100 : 1 sin que se pierda el disparo.

Naturalmente puede ocurrir que se deba ajustar el mando del ajuste de nivel de disparo LEVEL A/B hasta su tope máximo. En la siguiente medida puede ser entonces necesario ajustar el LEVEL A/B en otra posición.

La simplicidad del manejo aconseja utilizar el disparo automático sobre valores pico para todas las mediciones que no conlleven ninguna complicación. También es el modo idóneo para el comienzo cuando se miden señales complejas, por ejemplo cuando la señal a medir es prácticamente desconocida en relación a su amplitud, frecuencia o forma.

El disparo automático sobre valores de pico es independiente de la fuente de disparo y se puede utilizar con disparo interno y externo. Trabaja por encima de 20Hz.

Disparo normal

Las informaciones técnicas correspondientes quedan descritas en los párrafos MODE [20](#), >AUTO, LEVEL A/B [19](#), FILTER [21](#) y SOURCE [22](#) bajo "Mandos de control y readout". Como medios auxiliares para casos con sincronismo difícil se tiene a disposición las funciones contenidas en el menú HOR [30](#), ajuste fino de tiempo VAR, ajuste de tiempo HOLD-OFF y el modo de funcionamiento de la base de tiempos B.



Con disparo normal y un ajuste adecuado de nivel de disparo, se puede disparar el barrido en cada punto del flanco de una señal. El margen de disparo que abarca el botón del nivel de disparo depende en gran medida de la amplitud de la señal de disparo.

Si con disparo interno la altura de imagen es inferior a 1 div.(cm), el ajuste requerirá cierta sensibilidad dado que el margen es muy reducido.

La pantalla permanecerá oscura por un ajuste del nivel de disparo incorrecto y/o por omisión de una señal de disparo. Con el disparo normal también se pueden disparar señales complicadas. En el caso de mezclas de señales la posibilidad de disparo depende de determinados valores de nivel que se repiten periódicamente y que a veces sólo se encuentran girando el botón de nivel de disparo con suavidad.

Dirección de la pendiente del disparo (Menú: FILTER)

Después de llamar el menú FILTER (21), se puede determinar con las teclas de funciones, la dirección de la pendiente de disparo. Ver también las indicaciones en el párrafo de "Mandos de control y Readout". El ajuste de la dirección de la pendiente no es variado por el AUTO SET.

El disparo se puede iniciar a voluntad con un flanco ascendente o descendente, en disparo normal o automático. Pero también es posible realizar el disparo con la siguiente pendiente – independientemente de su posición – en la posición "ambos".

Esta última posibilidad descrita es importante, cuando se desean registrar eventos únicos, de los que no siempre se tiene la certeza de la pendiente con la que se va a iniciar el disparo, de forma que se corre el riesgo de iniciar el disparo con el final del evento, en vez de con el inicio del mismo. Si se dispone de señales repetitivas, normalmente no tiene sentido iniciar el disparo sobre "ambas" pendientes, ya que aparentemente se visualiza una función errónea de escritura doble.

Las pendientes ascendentes se dan, cuando se tienen tensiones que provienen de un potencial negativo y siguen ascendiendo a un potencial positivo. Esto no tiene nada en común con los potenciales cero o de masa y valores de tensión absolutos. Una pendiente positiva puede aparecer también en la zona negativa de una curva de una señal. Una pendiente negativa iniciará el disparo correspondientemente. La descripción es válida para el disparo automático o normal.

Acoplamientos de disparo (Menú: FILTER)

Las informaciones técnicas correspondientes quedan descritas en los párrafos MODE (20), >AUTO, LEVEL A/B (19), FILTER (21) y SOURCE (22) bajo "Mandos de control y Readout". Trabajando en AUTOSET (11) se conmuta siempre en modo de acoplamiento de disparo DC, siempre y cuando no se haya estado trabajando anteriormente en AC. Los márgenes de los pasos de los filtros quedan descritos en la hoja con las especificaciones técnicas.

Si se trabaja con disparo interno en DC o en LF es conveniente utilizar el disparo normal y ajuste de nivel de disparo. El modo de acoplamiento y el margen de frecuencia de paso de la señal de disparo resultante, se determina mediante el acoplamiento de disparo.

AC:

Este acoplamiento es el más usado para el disparo. Si se rebasan los márgenes de paso de frecuencia, aumenta notablemente el umbral de disparo.

DC:

En combinación con el disparo normal, el disparo DC no tiene una frecuencia baja de paso, ya que se acopla la señal de disparo galvánicamente al sistema de disparo. Se aconseja cuando en procesos muy lentos interesa disparar a un nivel

exacto de la señal de medida o para presentar señales en forma de impulsos en las cuales varían constantemente las relaciones de impulso.

HF:

El margen de paso de la frecuencia corresponde en este modo de disparo es un filtro de paso alto. El acoplamiento de alta frecuencia (AF) es idóneo para todas las señales de alta frecuencia. Se suprimen las variaciones de tensión continua y ruidos de baja frecuencia de la tensión de disparo lo cual es beneficioso para la estabilidad del punto de disparo. Los modos de disparo descritos anteriormente tienen, en base a su característica de respuesta en frecuencia, la característica de filtros de frecuencia. Estos pueden ser combinados con otros filtros, si fuera de interés para el usuario.

NR:

Este modo de disparo presenta un margen de frecuencia bajo de paso, trabajando en disparo normal. Las porciones de señales de disparo de muy alta frecuencia se suprimen o se reducen. Así se suprimen o reducen ruidos procedentes de estas porciones de la señal. El filtro puede ser utilizado en combinación con el modo de acoplamiento de disparo en AC y DC, con lo que adicionalmente se puede determinar la respuesta en bajas frecuencias. En combinación con el acoplamiento de disparo en AC, hay un límite inferior en frecuencia.

LF:

En acoplamiento de disparo en baja frecuencia se trabaja con condición de filtro de paso bajo, con una frecuencia límite superior baja. La posición LF es en muchas ocasiones más idónea que la posición DC para señales de baja frecuencia, dado que se suprime notablemente el ruido de la tensión para el disparo. Esto evita o disminuye las fluctuaciones o imágenes dobles en los casos extremos, especialmente con tensiones de entrada muy pequeñas. El umbral del disparo aumenta notablemente al sobrepasar el margen de frecuencia de paso. En combinación con el acoplamiento de disparo AC, se suprimen porciones de tensión continua y – en diferencia con la combinación del acoplamiento en DC – se obtiene una frecuencia límite inferior

VIDEO (Disparo de señal TV)

Con la conmutación a disparo de video (Mode >Video), se activa el separador de sincronismos de TV. Este separa los impulsos de sincronismo del contenido de la imagen y posibilita un disparo de señales de vídeo independientes de las variaciones del contenido de la imagen.

Dependiendo del punto de medida, las señales de vídeo deben ser medidas como señales de tendencia positiva o negativa (señales de FBAS o BAS = Señales de color-imagen-bloqueo-sincronismo). Sólo con un ajuste de polaridad correcto, se separan los impulsos de sincronismo del contenido de la imagen. La polaridad se define de la siguiente forma: si el contenido de la imagen queda por encima de los impulsos de sincronismo, (en presentación original sin inversión), esta se define como una señal de vídeo de orientación positiva. De otro modo, si el contenido de la imagen queda situado por debajo de los impulsos de sincronismo, se trata de una señal de vídeo de orientación negativa. Trabajando en disparo de vídeo, se puede ajustar la polaridad después de llamar la función de FILTER.

Al efectuar una selección errónea de la pendiente de disparo, se obtiene una presentación inestable o desincronizada, ya que el contenido de la imagen inicia entonces el disparo. Con

disparo interno la altura de la señal de los pulsos de sincronismo deberá ser de 0,5 div. (0,5 cm) como mínimo.

La señal de sincronismo PAL se compone de pulsos de sincronismo de líneas y de imagen que se distinguen, entre otras cosas, en su duración de pulso. Los pulsos de sincronismo de líneas son de aprox. 5 μ s con intervalos de tiempo de 64 μ s. Los pulsos de sincronismo de imagen se componen de varios pulsos, que duran 28 μ s y que aparecen con cada cambio de media imagen con un intervalo de 20 ms.

Los dos modos de pulsos de sincronismo se diferencian por su duración y por su frecuencia de repetición. Se puede sincronizar mediante pulsos de sincronismo de línea o de imagen.

Disparo con impulso de sincronismo de cuadro

Nota previa:

Si se trabaja en modo DUAL y choppeado con disparo de impulso de sincronismo de imagen, pueden aparecer en la presentación de la imagen interferencias. Entonces se deberá conmutar a modo alternado. Puede ser aconsejable, desconectar la presentación del Readout.

Después de seleccionar con MODE el disparo de señal de vídeo, se puede seleccionar el modo de disparo "cuadro" al llamar el modo FILTER. Entonces se podrá determinar, si el disparo deberá iniciarse con "todos" los medios cuadros, sólo con los "pares" o sólo con los "impares". Para un funcionamiento correcto, es importante haber elegido previamente la norma correspondiente a la señal (625/50 ó 525/60).

Se debe de elegir un coeficiente de tiempo correspondiente a la medida que se pretende realizar. En la posición de 2ms/div. se presenta un cuadro medio completo. Los impulsos de sincronismo de cuadro se componen de varios impulsos con distancia de media línea.

Disparo con impulso de sincronismo de línea

Después de seleccionar con MODE el disparo de señal de vídeo, se puede seleccionar el modo de disparo "línea" al llamar el modo FILTER. Para un funcionamiento correcto, es importante haber elegido previamente la norma correspondiente a la señal (625/50 ó 525/60). Si se ha seleccionado "todos" se puede iniciar el disparo con impulso de sincronismo de línea en base a cualquier impulso de sincronismo. Pero también es posible, iniciar el disparo en base a una línea determinada ("nr. de línea").

Para poder presentar líneas individuales, se recomienda posicionar el conmutador TIME/DIV. en 10 μ s/div. Se visualizan entonces aprox. 1½ líneas. Generalmente la señal de vídeo lleva una porción elevada de tensión continua. Con un contenido de imagen constante (p.ej. imagen de test o generador de barras de color) se puede suprimir la porción de tensión continua mediante el acoplamiento en AC del atenuador de entrada.

Con contenido de imagen variable (p.ej. emisión normal) se recomienda utilizar el acoplamiento de entrada en DC, ya que sino varía el oscilograma de la señal su posición vertical en pantalla, con cada variación de contenido de imagen. Mediante el botón de Y-POS. es posible compensar la porción de tensión continua para mantener la imagen sobre la mitad de la retícula de la pantalla.

El circuito del separador de sincronismos actúa también con disparo externo. Naturalmente se debe de mantener el

margen prescrito del disparo externo (ver hoja técnica con datos). Además hay que observar que la pendiente del flanco sea la correcta, ya que no coincide necesariamente con la dirección del pulso del sincronismo de la señal, si se trabaja con disparo externo. Ambas se pueden controlar fácilmente, si se presenta inicialmente la tensión de disparo externa (en modo de disparo interno).

Disparo de red

Las informaciones específicas a este equipo, quedan descritas en el párrafo SOURCE [22] bajo "mandos de control y readout".

Este modo de disparo queda activado cuando el Readout indica "TR: LINE ". Para el disparo con frecuencia de red se utiliza una tensión procedente de la fuente de alimentación, como señal de disparo con frecuencia de red (50/60Hz).

Este modo de disparo es independiente de la amplitud y frecuencia de la señal Y y se aconseja para todas las señales sincronizadas con la red. Esto también es válido, dentro de determinados límites, para múltiplos enteros o fracciones de la frecuencia de red. El disparo con frecuencia de red permite presentar la señal incluso por debajo del umbral de disparo. Por esto, este modo es especialmente adecuado para la medida de pequeñas tensiones de zumbido de rectificadores de red o interferencias con frecuencia de red en un circuito. Mediante la tecla de la elección de pendiente, se puede elegir en modo de disparo de red, entre la parte positiva o negativa de la onda (podría ser necesario invertir la polaridad en el conector de red). El nivel de disparo se puede variar mediante el mando correspondiente a lo largo de un cierto margen de la zona de onda elegida.

La dirección y la amplitud de señales magnéticas de frecuencia de red ínter mezcladas en un circuito se pueden analizar mediante una sonda con bobina. Esta debe consistir en una bobina de alambre esmaltado con el mayor número de vueltas posible bobinado sobre un pequeño núcleo y que se conecta mediante un cable blindado a un conector BNC (para la entrada del osciloscopio). Entre el conector y el conducto interno del cable habrá que intercalar una resistencia de mínimo 100 Ω (desacoplo de altas frecuencias). También puede resultar útil proveer a la bobina de una protección estática, no debiendo haber espiras en cortocircuito en la bobina. Girando la bobina en dos direcciones principales se puede averiguar el máximo y el mínimo en el lugar de la medida.

Disparo en alternado

Este modo de disparo se activa, en modo analógico, mediante SOURCE >Alt. 1/2. Este modo de disparo está activado, cuando en el readout se presenta TR:alt. Además, el readout presentará en vez del símbolo del punto de disparo (nivel de disparo e inicio de disparo) el inicio de disparo (flecha indicando hacia arriba, si el inicio de disparo se encuentra dentro de la reticulación de medida). El símbolo del disparo NO se visualiza.

El disparo alternado es de ayuda, cuando se desea presentar en pantalla dos señales sincronizadas, que son entre ellas asincrónicas. A disparo alternado sólo se puede conmutar, cuando se trabaja en modo DUAL. El disparo alternado sólo funciona correctamente, si la conmutación de canales trabaja en alternado. En este modo de disparo alternado ya no se puede obtener la diferencia de fase entre las dos señales a la entrada. Para evitar problemas de disparo provocados por porciones de tensión continua, se recomienda utilizar el acoplamiento de entrada AC para ambos canales.

En este modo de disparo, se utilizan ambas fuentes de disparo (CH1 y CH2) de forma alternada, para iniciar el disparo del desvío de tiempo, con el que se presentan CH1 y CH2 de forma alternada. Por ejemplo: Si CH2 se utiliza como fuente de disparo y una señal conectada en CH2 inicia el disparo, comienza el desvío de tiempo y se presenta la señal conectada en CH2. Después de ejecutar el proceso de desvío de tiempo en CH2 se conmutan la fuente de disparo y el canal de medida de CH2 a CH1. Ahora se inicia el disparo con la señal conectada en CH1 y se ejecuta el desvío de tiempo, de forma que se presenta la señal conectada a CH1. A continuación se vuelve a conmutar a CH2 como fuente de disparo y canal de medida. En modo de monocanal, en disparo "Extern" y "red" no tiene sentido ni es posible el disparo alternado.

Disparo externo

Este modo de disparo puede ser elegido con SOURCE [22] >EXTERN en cualquier momento. El readout presenta en pantalla TR:ext. La entrada AUXILIARY INPUT [38] se utiliza entonces como entrada para la señal de disparo externa y las fuentes de disparo internas quedan inoperativas. Al efectuar la conmutación se desconectan el símbolo de punto de disparo (nivel de disparo e inicio de disparo) (en modo digital) y sólo se presenta el punto de inicio del disparo. Al activar este modo de disparo, se desconecta el disparo interno. Se podrá conectar ahora la señal de disparo a través del borne BNC correspondiente y esta deberá tener una sincronizada y con tensión con margen de 0,3V_{pp} hasta 3V_{pp}.

Dentro de determinados límites, el disparo es incluso realizable con múltiplos enteros o con fracciones de la frecuencia de medida; una condición necesaria es la rigidez de fase. Se debe de tener en cuenta, que es posible que la señal a medir y la tensión de disparo tengan un ángulo de fase. Un ángulo de p. ej.: 180° se interpreta de tal manera que a pesar de tener una pendiente positiva (flanco ascendente), empieza la presentación de la señal de medida con un flanco negativo.

Indicación del disparo

Las siguientes indicaciones se refieren a la indicación TRIG'd-LED, reseñada bajo el punto [23] en "Mandos de control y Readout". El diodo luminoso se ilumina en modo de disparo automático y normal, cuando se cumplen las siguientes condiciones:

1. La señal de disparo interna o externa debe de tener una amplitud suficiente en el comparador de disparo (umbral de disparo).
2. El símbolo del punto de disparo no se encuentra en o por debajo de la presentación de la señal (mín 1 periodo de señal)

Los impulsos que activan el disparo se memorizan y se representan a través de la indicación de disparo durante 100ms. Las señales que tienen una frecuencia de repetición extremadamente lenta, el destello del LED se produce de forma intermitente. La indicación no sólo se ilumina entonces al comienzo de la deflexión de tiempo en el borde izquierdo de la pantalla, sino – representando varios periodos de curva – con cada periodo.

Ajuste del tiempo Hold-off

(Sólo en modo analógico)

Las informaciones técnicas correspondientes a este equipo quedan descritas en el párrafo HOR [30] >Tiempo de Holdoff bajo "Mandos de control y Readout".

Después de un barrido completo y del retorno del trazo (no visible) a su posición de inicio (izquierda), se precisan realizar procesos internos de conmutación, que precisan de un cierto tiempo. Durante este tiempo se desconecta la base de tiempos sin efectuar un disparo, aunque haya conectada una señal adecuada. Se trata del tiempo mínimo de Hold-off. Con este dispositivo se puede ampliar de forma continua en la relación 10 : 1, el tiempo de bloqueo del disparo entre dos periodos de deflexión de tiempo. Los impulsos u otras formas de la señal que aparezcan durante este tiempo de bloqueo, ya no podrán influir en la señal.

Al medir datos de señales transmitidos vía conexión serie y en formatos de paquetes, puede aparecer una aparentemente presentación desincronizada, aunque se hayan cumplido las condiciones de disparo. En la mayoría de los casos, esto se debe a que el inicio de la base de tiempos no coincide siempre con el inicio de un paquete de datos, si no de forma aleatoria en algún punto dentro del intervalo del paquete o que comienza incluso antes del inicio del paquete de datos, dado por el automatismo del disparo. En estos casos se logra ajustar con el Hold-off el tiempo de forma que se consigue una presentación estable.

Especialmente cuando se trabaja con señales BURST o con secuencias no-periódicas de impulsos con la misma amplitud, se puede ajustar el final del tiempo de hold-off al punto más favorable o necesario.

Las señales con mucho zumbido o interferidas por una frecuencia superior, en ocasiones se presentan en doble imagen. En determinadas circunstancias con el ajuste de nivel de disparo sólo se puede influir en la respectiva diferencia de fase, pero no en la doble imagen. Pero la presentación estable e individual de la señal que se requiere para su evaluación, se puede alcanzar fácilmente mediante la ampliación del tiempo HOLD-OFF. Para esto hay que girar despacio el botón HOLD-OFF hacia la derecha, hasta lograr la presentación de una sola señal. Una doble presentación puede darse en determinadas señales de impulso cuyos impulsos muestren alternando una pequeña diferencia de amplitud punta. Sólo un ajuste exacto de nivel de disparo permite su presentación individual. También en este caso la utilización del botón HOLD-OFF facilita el ajuste correcto.

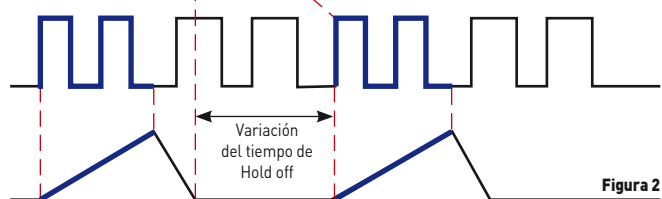
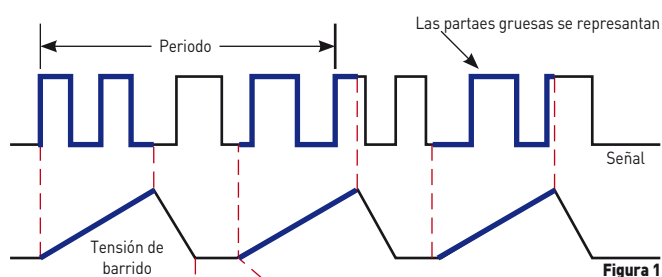


Fig. 1 muestra la imagen con el ajuste HOLD-OFF girado a la derecha (posición básica). Dado que se visualizan diferentes partes del periodo, no aparece una imagen estable (doble imagen).

Fig. 2 Aquí el tiempo holdoff se ha ajustado de forma que siempre se visualizan los mismos tramos del periodo. Aparece una imagen estable.

Después de finalizar este trabajo es necesario volver a girar el control HOLD-OFF a su mínimo, dado que si no queda drásticamente reducida la luminosidad de la pantalla. El procedimiento de trabajo se puede seguir en los siguientes dibujos.

Base de tiempos B (2ª base de tiempos)/ Disparo retardado

(Sólo en modo analógico)

Las informaciones técnicas correspondientes a este aparato quedan descritas en los párrafos HOR [30] y TIME/DIV. [28] bajo "Mandos de control y Readout".

Como se ha descrito en el apartado de "Disparo y deflexión de tiempo", el disparo o trigger inicia el comienzo de la deflexión de tiempo. El haz electrónico hasta ese momento no visible aparece y se desvía en dirección de izquierda a derecha (barrido), hasta realizarse la deflexión máxima X. Después se vuelve a oscurecer el haz y se inicia su retorno (a su posición de inicio). Después de transcurrir el tiempo de hold-off puede volver iniciarse la deflexión de tiempo mediante el disparo automático o una señal de disparo. Durante todo el tiempo (ida y retorno del trazo), una señal de entrada podría provocar una deflexión en dirección Y. Pero gracias al circuito de encendido del trazo, este sólo se ve en su trayecto de izquierda a derecha.

Ya que el punto del disparo está siempre al comienzo del trazo (en modo analógico), sólo se puede realizar desde ese punto una expansión en X de la presentación de la señal mediante una velocidad de deflexión de tiempo superior (coeficiente de tiempo TIME/DIV pequeño).

Para partes de señal, que se encuentran en la zona derecha del trazo, una velocidad superior en desvío de tiempo significaría que ya no serían visibles en pantalla. Esto significaría, que una amplificación (expansión) en dirección X, sólo sería posible con ayuda de la función MAG x10. Una expansión mayor no sería posible sin una doble base de tiempos.

El desvío retardado con una base de tiempos B, resuelve este tipo de problemas. Esta se refiere entonces a la presentación de la señal obtenida con la base de tiempos A. El inicio de la base de tiempos B se inicia, cuando ha transcurrido un tiempo preseleccionado, referido a la base de tiempos A y que puede ser posicionado por el usuario en cualquier punto de la base de tiempos de A. Con ello se tiene la posibilidad de comenzar en cualquier punto de la presentación de la señal de la base de tiempos A, con la base de tiempos B. El coeficiente de tiempos de la base de tiempos B, determina entonces la velocidad de desvío y el factor de expansión. Conforme aumenta la expansión, se reduce la luminosidad del trazo.

Por causa de jitter, la presentación de la señal expandida puede resultar inestable en dirección X. Si se dispone de una pendiente adecuada, después de consumirse el tiempo de retardo, se puede efectuar disparo sobre esa pendiente (disparo after delay).

AUTO SET

Las informaciones técnicas correspondientes al aparato quedan descritas en el párrafo AUTOSET [11] bajo "Mandos de control y Readout". Las siguientes descripciones son válidas para el modo de funcionamiento analógico y digital. En modo digital ROL (ACQUIRE), SINGLE (MODE), se conmuta con el AUTOSET automáticamente a modo "normal" (Refresh).

El AUTOSET suministra sólo un ajuste automático y lógico, cuando la frecuencia de la señal conectada queda dentro de los límites dados por el disparo automático.

Los elementos de mando se autorregulan electrónicamente con excepción de la tecla POWER [1], controlan así los diferentes grupos del aparato y pueden ser controlados por PC.

Así se da la posibilidad de ajustar el instrumento automáticamente en relación a la señal aplicada en modo de funcionamiento (de base de tiempos) en Yt, sin más ajustes manuales que aplicar. AUTOSET conmuta siempre a modo de funcionamiento Yt (no en FFT). La pulsación de la tecla AUTO-SET no varía el modo de funcionamiento Yt seleccionado anteriormente, si se trabajaba en modo Mono CH1, CH2 o en DUAL; en modo de suma o XY se conmuta automáticamente a DUAL.

Los coeficientes de desvío Y (VOLTS/DIV.) se eligen automáticamente de forma que en funcionamiento de monocal se obtiene una amplitud de señal de aprox. 6 div., mientras que en funcionamiento de DUAL se presentan las señales con una amplitud de 4 div. de altura. Esto y las descripciones referente al ajuste automático de coeficientes de tiempo (TIME/DIV.) es válido, siempre y cuando las señales no varíen demasiado de la relación de 1 : 1. El ajuste automático de coeficientes de tiempo prepara el aparato para una presentación de aprox. 2 periodos de señal. Señales con porciones de frecuencia distintos como p. ej. señales de vídeo, el ajuste es aleatorio.

Si se pulsa la tecla AUTO SET se predeterminan los siguientes modos de funcionamiento:

- Acoplamiento de entrada en AC o DC permanecen; el último ajuste anterior si antes se estaba en GND (AC o DC)
- Disparo interno (dependiente de la señal de medida)
- Disparo automático
- Selección automática de la fuente de disparo
- Ajuste de nivel de disparo (LEVEL) en margen medio
- Coeficientes de deflexión Y calibrados
- Coeficientes de base de tiempos A calibrados
- Acoplamiento de disparo en AC o DC
- Se desconecta el acoplamiento de disparo en HF (entonces disparo en DC)
- Se mantiene el acoplamiento en LF y el filtro de ruido
- Base de tiempos A
- Expansión x10 sin activar
- Ajuste automático del trazo en posición X e Y



Atención:

Atención! Si se tiene conectada una señal con forma de impulso, cuya relación de frecuencia (duty) alcanza un valor de 400:1 o incluso lo supera, ya no se podrá efectuar un disparo automático. El coeficiente de deflexión Y es entonces demasiado pequeño y el coeficiente de deflexión de tiempo demasiado grande. De ello resultará, que sólo se visualice el trazo y el pulso ya no será visible.

En estos casos se aconseja cambiar a modo de disparo normal y posicionar el punto de disparo aprox. 5 mm por encima o debajo del trazo. Si entonces se ilumina el LED de disparo, se tiene acoplada así una señal. Para visualizar entonces esta señal, se debe elegir primero un coeficiente de tiempo más pequeño y posteriormente un coeficiente de deflexión vertical mayor. Puede entonces ocurrir que la intensidad de luminosidad del trazo se reduzca tanto, que el pulso sea difícil de ver.

Sólo en modo digital

En comparación con el modo analógico, en modo digital no se produce una reducción de la luminosidad del trazo.

Tester de componentes

Las informaciones específicas al aparato que corresponden al manejo y a las conexiones para las mediciones, se describen en el párrafo COMPONENT/PROBE (40) y COMPONENT TESTER (41), bajo „mandos de control y readout“.

El osciloscopio lleva incorporado un tester de componentes. Para comprobar el objeto bajo medida con el osciloscopio, se precisan dos cables de medida sencillos, acabados en conectores de banana de 4 mm. En modo de funcionamiento de tester de componentes, quedan desconectados los preamplificadores verticales y la base de tiempos. Sólo cuando se esté efectuando comprobaciones a componentes sueltos, se podrán mantener conectadas las señales de tensión en los bornes de entradas de los BNC. Al comprobar componentes en circuitos directamente, estos deberán estar libres de tensiones y de masa. A parte de los dos cables de medida, no se deberán tener otros cables de conexión entre el osciloscopio y el circuito bajo prueba (ver "test directamente en circuitos").

La presentación de imágenes sólo puede variarse mediante las funciones "A-Int." (intensidad del trazo), "focus" (nitidez del trazo), "rotación del trazo" y mando HORIZONTAL (posicionamiento X), contenidos en el menú de FOCUS/TRACE.

Como se ha descrito en el párrafo de seguridad, todas las conexiones de medida (en estado perfecto del aparato) están conectadas al conductor de protección de red (masa), y por esto también los bornes del comprobador. Para la comprobación de componentes sueltos (fuera de aparatos o de circuitos) esto no tiene ninguna relevancia, ya que estos componentes no pueden estar conectados al conductor de tierra.

Si se desean verificar componentes que permanecen incorporados en un circuito o en aparatos de test, se debe desconectar necesariamente el flujo de corriente y tensión. Si el circuito bajo prueba queda conectado con la red, debe desconectarse incluso el cable de red. Así se evita una conexión entre el osciloscopio y el componente a verificar, que podría producirse a través del conductor de tierra. La comprobación llevaría a falsos resultados.



¡Sólo se deben comprobar los condensadores en estado descargado!

El principio de test es muy sencillo. El transformador de red del osciloscopio proporciona una tensión senoidal con una frecuencia de 50 Hz ($\pm 10\%$). Esta alimenta un circuito en serie compuesto por el componente a comprobar y una resistencia incorporada. La tensión senoidal se utiliza para la deflexión horizontal y la caída de tensión en la resistencia se utiliza para la deflexión vertical.

Si el objeto de medida tiene un valor real (p.ej. una resistencia), las dos tensiones tienen la misma fase. En la pantalla aparece una línea más o menos inclinada. Si el componente a comprobar presenta un cortocircuito, la raya será vertical. En el caso de interrupción o cuando no hay objeto de medida, aparece una línea horizontal. La inclinación de la línea es un indicador del valor de la resistencia. Con esto se pueden comprobar resistencias entre 20 Ω y 4,7 k Ω .

Los condensadores y las inductancias (bobinas, transformadores) provocan una diferencia de fase entre la corriente y la tensión, así también entre las tensiones de deflexión. De esto resultan imágenes elípticas. La inclinación y abertura de la elipse son significativas para la impedancia con frecuencia

de red. Los condensadores se presentan en un margen de 0,1 μF – 1000 μF .

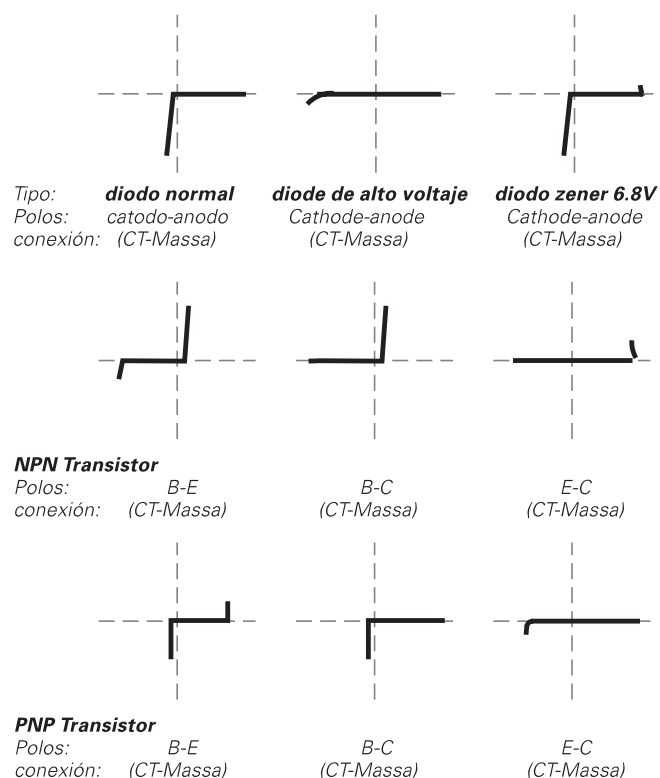
- Una elipse con el eje principal horizontal significa alta impedancia (capacidad pequeña o inductividad grande).
- Una elipse con el eje principal vertical significa impedancia pequeña (capacidad grande o inductividad pequeña).
- Una elipse inclinada significa una resistencia de pérdida relativamente grande en serie con la reactancia.

En semiconductores, los dobles en la curva característica se reconocen al paso de la fase conductora a la no conductora. En la medida en que la tensión lo permite, se presenta la característica directa e inversa (p.ej. de un diodo zener bajo 10 V). Siempre se trata de una comprobación en dos polos. Por eso, p.ej. no es posible comprobar la amplificación de un transistor, pero sí comprobar las diferentes uniones B-C, B-E, C-E. Dado que la tensión en el objeto de medida es muy reducida, se pueden comprobar las uniones de casi todos los semiconductores sin dañarlos. Es imposible determinar la tensión de bloqueo o de ruptura de semiconductores para tensión $> 10\text{ V}$. Esto no es una desventaja, ya que normalmente, en el caso de fallos en el circuito, éstos producen diferencias notables que dan claras indicaciones sobre el componente defectuoso.

Se obtienen resultados bastante exactos de la comparación con componentes correctos del mismo tipo y valor. Esto es especialmente válido para semiconductores. Por ejemplo permite reconocer rápidamente el cátodo de un diodo normal o zener cuya impresión es ilegible, diferenciar un transistor p-n-p del tipo complementario n-p-n o averiguar las conexiones B-C-E de un tipo de transistor desconocido.

Obsérvese que, la inversión de los polos de conexión de un semiconductor con el borne de masa provoca un giro de la imagen de test de 180°, sobre el centro de la retícula.

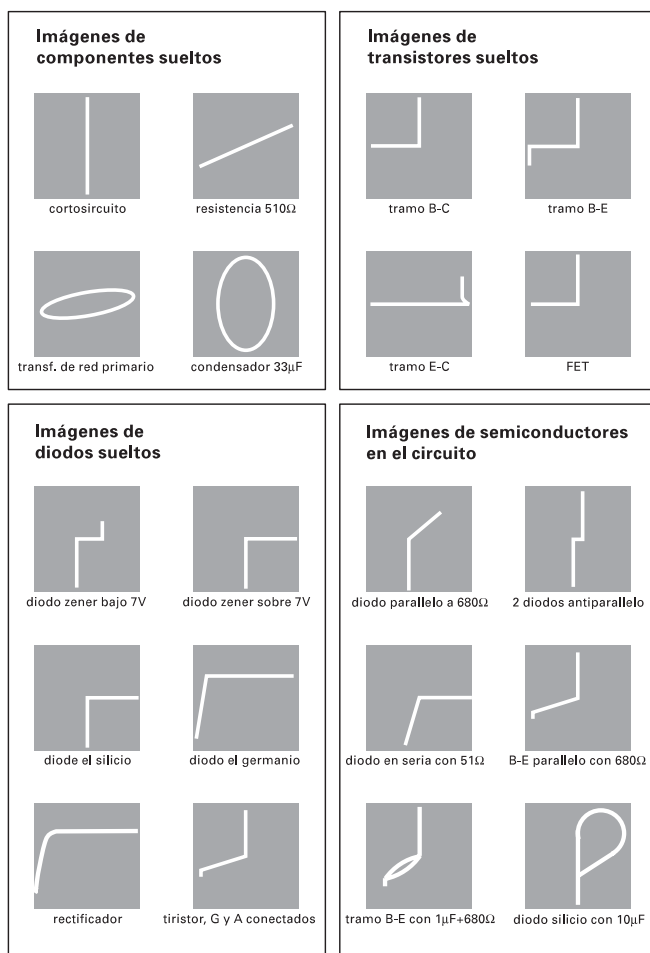
Aún más importante es el resultado bueno-malo de componentes con interrupción o cortocircuito. Este caso es el más común en el servicio técnico. Se recomienda encarecidamente actuar con la precaución habitual para el caso de electricidad



estática o de fricción en relación con elementos sueltos MOS. Pueden aparecer tensiones de zumbido en la pantalla, si el contacto base o gate de un transistor está desconectado, es decir, que no se está comprobando (sensibilidad de la mano).

Los test directamente en el circuito son posibles en muchos casos, aunque no son tan claros. Por conexión paralela con valores reales y/o complejos, especialmente si estos tienen una resistencia baja con frecuencia de red, casi siempre resultan grandes diferencias con elementos sueltos. También aquí muchas veces resulta útil la comparación con un circuito intacto, si se trabaja continuamente con circuitos idénticos (servicio técnico). Este trabajo es rápido, ya que no hace falta (¡y no se debe!) conectar el circuito de comparación. Los cables de test se colocan sucesivamente en los puntos de control idénticos y se comparan las imágenes en la pantalla. Es posible que el mismo circuito a comprobar disponga de un circuito para la comparación como por ejemplo en canales estéreo, funcionamiento de contra-fase, conexiones de puentes simétricos. En caso de duda se puede desoldar una conexión del componente. Esta conexión se conecta con el borne CT sin señal de masa, ya que entonces se reducen las perturbaciones de zumbido. El borne con la señal de masa está conectado con la masa del osciloscopio. Por esto no es sensible al zumbido.

Al comprobar directamente en el circuito, es preciso desconectar los cables de medida y sondas atenuadoras conectadas al circuito. Si no, ya no se podrían analizar libremente los puntos de medida (doble conexión de masa).



Funcionamiento en digital

El osciloscopio HM1008-2 combina dos tipos de osciloscopios en uno mismo: un osciloscopio analógico y un osciloscopio digital. Mediante una sola pulsación sobre una tecla, se cambia de modo de funcionamiento de osciloscopio analógico a modo de funcionamiento de osciloscopio digital. Para evitar descripciones largas, se menciona esto en los siguientes párrafos sólo como modo analógico y digital.

El modo digital ofrece las siguientes ventajas en relación al modo analógico:

- Los eventos que aparecen de forma esporádica se pueden captar fácilmente.
- Las señales de baja frecuencia pueden ser presentadas en pantalla como un trazado continuo y completo, libre de parpadeo.
- Las señales en alta frecuencia y con frecuencia de repetición baja, no pierden luminosidad.
- Las señales capturadas pueden ser procesadas y documentadas de forma fácil.

Pero también hay desventajas en comparación con el modo analógico:

Una resolución inferior en X e Y y la inferior frecuencia de captura de la señal. Además, la frecuencia de señal máxima presentable depende de la base de tiempos. Con una frecuencia de muestreo demasiado baja, pueden aparecer presentaciones de señal „alias“ (aliasing), que presentan una señal que no existe en esa forma.

El modo analógico es insuperable en lo que se refiere a la presentación del original en pantalla. La combinación de osciloscopio analógico y digital (CombiScope), ofrece al usuario la posibilidad, dependiendo de la tarea de medida, escoger el modo de funcionamiento más idóneo en cada caso. Este osciloscopio incorpora dos convertidores A/D de 8 bit, cuya frecuencia de muestreo máx. es de 500MSa/s cada uno. Excepto en barridos únicos en modo DUAL, con un máx. de 500MS/s, la frecuencia de muestreo en todos los restantes modos de funcionamiento digital es de 1GSa/s en modo monocal. No hay diferencia entre las captaciones de señales repetitivas y la presentación de eventos únicos.

Pero se posibilitan frecuencias de muestreo superiores mediante el sistema de random sampling (muestreo por equivalencia). Este modo de captura, precisa de señales repetitivas y sin variación. Ruidos (variaciones en amplitud), jitter (variaciones en frecuencia) y variaciones de fase generan perturbaciones en las presentaciones de las señales.

La presentación de las señales se puede realizar en forma de puntos o de vectores y en estos modos, con o sin interpolación automática. Todos los datos de las señales, capturados y/o memorizados en modo de memoria digital, pueden ser transferidos por la conexión RS-232, USB, Ethernet o GBIP, a efectos de documentación. Más información al respecto se encuentra en el párrafo correspondiente a la transferencia de datos.

Modos de presentación de señales

En modo de funcionamiento digital, se pueden capturar señales en varios modos de funcionamiento:

1. Por la captura repetitiva (menú: ACQUIRE) iniciada por el disparo, en presentación usual Yt:

Normal (REFRESH):
el readout indica "rfr" (captura en tiempo real),

Random-Sampling:
el readout indica "rfr"
ambos modos de captura con los submodos:

Envolvente (Envelope):
el readout indica "env"

Valor medio (Average):
el readout indica "avg: x" (con x para un número entre 2 y 512)

- Captura continuada, independiente del disparo (menú: ACQUIRE) con una presentación en pantalla que se desliza de izquierda a derecha en modo Yt.:

Roll:
el readout indica "rol"

- Captura de eventos únicos iniciada por el disparo (menú: Trigger Mode) con presentación habitual Yt:

Evento único (SINGLE):
el readout indica "sgl"

- Captura continuada, independiente del disparo (menú: VERT/XY) con una presentación en modo XY:

XY:
el readout indica "XY"

- Presentación en XY de señales anteriormente capturadas en modo Yt y fijadas/protegidas en memoria mediante la función de STOP.

XY:
el readout indica "XY"

La captación de la señales se inicia en los modos SINGLE, REFRESH, ENVELOPE e AVERAGE mediante el disparo, mientras que en modo ROLL y XY se realiza independiente del disparo (sin sincronismo).

El modo normal (REFRESH) se corresponde en lo concerniente a la presentación, al comportamiento normal de un osciloscopio analógico. Iniciado por el disparo, genera un proceso de escritura, que comienza en el borde izquierdo de la pantalla y finaliza en el derecho. Un evento de disparo posterior, hace comenzar nuevamente la toma de datos y sobrescribe los datos del ciclo del muestreo anterior. Con disparo automático y sin señal acoplada, se registra la posición de la traza en Y. Si se acopla una señal con una frecuencia inferior a la frecuencia de repetición del sistema automático de disparo del osciloscopio, se obtiene como presentación, al igual que en modo analógico, una presentación sin sincronismo. En modo de disparo normal, no se inicia una nueva presentación sin la señal de disparo, ya que está desconectado el disparo automático. En comparación con el modo analógico, la pantalla no queda oscura y se mantiene la última escritura registrada hasta que un disparo válido sobrescribe la pantalla.

En modo "SINGLE" (captura = SINGLE) se pueden registrar (capturar) eventos únicos. El registro comienza cuando parpadea la tecla RUNSTOP incluso si no se inició el disparo. Si el tiempo del predisparo se ha consumido, (el historial antes del evento de disparo ha sido capturado) y si entonces se inicia el disparo, se sigue con la presentación hasta presentar también el proceso posterior al evento de disparo y se finaliza el

registro entonces. Entonces se ilumina la tecla RUNSTOP de forma continuada y el registro de la señal puede ser evaluada. Si se vuelve a pulsar la tecla RUNSTOP, vuelve a parpadear la tecla señalizando, que se ha iniciado un proceso de registro nuevo.

Para evitar un inicio involuntario de registro de señal generado por el automatismo de disparo, el equipo conmuta automáticamente a modo de disparo normal con acoplamiento en DC. La amplitud de la tensión, con la cual se desea que el disparo normal se active, se puede determinar directamente, y resulta de la posición del símbolo del punto de disparo, de la posición del trazo en 0V (que se presenta en el medio de la pantalla con un símbolo de masa) y los coeficientes de deflexión. A continuación se puede conmutar a modo de „disparo único" (SINGLE) y posicionar el símbolo de nivel de disparo mediante el ajuste de LEVEL. Si su posición está 2 divisiones por encima de la posición anteriormente determinada con 0 voltios, se realiza el disparo con una tensión de entrada, que sobrepasa este valor (2 divisiones) en alguna de las dos direcciones. La amplitud de la tensión de entrada es entonces: 2 (cm) x coeficiente de deflexión Y x factor de atenuación de la sonda.

Ejemplo:

2 (cm) x 1 voltio (/división) x 10 (sonda atenuadora) = +20 voltios.

Resolución de memoria

Resolución vertical

Los convertidores analógicos/digitales de 8 bit utilizados en la zona digital del osciloscopio, permiten 256 posiciones diferenciadas de la traza (resolución vertical). La presentación sobre la pantalla se realiza de tal manera, que la resolución es de 25puntos/div. Así se obtienen ventajas en la presentación, documentación y edición posterior.

Pequeñas diferencias en la presentación correspondiente a la posición Y y a la amplitud en modo analógico en pantalla y a su documentación en modo digital (p.ej. la impresora) son inevitables. Resultan de diferentes tolerancias correspondientes a los circuitos analógicos necesarios para la presentación analógica. Las posiciones de la traza quedan definidas de la siguiente manera:

retícula media horizontal	= 10000000b	= 80h	= 128d
retícula superior horizontal	= 11100100b	= E4h	= 228d
retícula inferior horizontal	= 00011100b	= 1Ch	= 028d

En comparación con el funcionamiento de osciloscopio analógico, con una resolución Y prácticamente ilimitada, el funcionamiento digital queda limitado a 25 puntos/div. Un ruido sobrepuesto a la señal que se pretende medir lleva consigo que cuando se tiene ajustada la posición Y en estado especialmente crítico, varíe continuamente el bit más bajo (LSB) en el proceso de conversión A/D.

Resolución horizontal

Se pueden presentar simultáneamente 4 presentaciones de señal sobre la pantalla. Cada presentación se compone de 2048 Byte (puntos). Así se presentan 2000 puntos distribuidos por las 10 divisiones de retícula. Con ello se obtiene resolución de 200 puntos por división.

En comparación con osciloscopios digitales con presentaciones en VGA (50 puntos/div.) o LCD (25 puntos/div.), se obtiene no sólo una resolución en X de 4 a 8 veces superior, si no también la frecuencia máxima de la señal que se puede capturar es 4 a 8 veces superior. Así se pueden capturar las porciones de

una señal con frecuencias superiores, que están sobrepuestas a señales de frecuencia relativamente bajas.

Profundidad de memoria

Cada señal se captura con 1 millón de muestras y se memoriza. En modo de disparo NORM y en bases de tiempo superiores a 20 ms/div, se captura la señal con 500.000 muestras. En modo de disparo único (SINGLE), con 1 millón de puntos

La presentación en pantalla de la señal capturada, es un reflejo del contenido de la memoria. Con tiempos inferiores a 200µs, sólo se presenta una parte del contenido de memoria. Se pueden utilizar diferentes algoritmos en el menú Settings → Display para realizar la presentación. Por un lado se puede seleccionar el modo de presentación por puntos, en el que sólo son presentados los puntos realmente capturados por el muestreo, y se puede elegir el modo de presentación por vectores, modo en el que se realizan interpolaciones (sinx/x) de puntos, si fuera necesario y en la que se utiliza también la función Dot-Join. también se dispone del modo de presentación "Optimal", modo en el que se calcula de todas las muestras una presentación y se presenta. Este último modo evita especialmente las presentaciones erróneas que puedan darse por la aparición/incorporación de señales Alias (inglés aliasing) en la presentación.

Así como es posible, se prueba de capturar señales con una frecuencia de muestreo muy superior a lo que correspondería a la relación entre la resolución de la pantalla y la base de tiempos, se suprime por un lado la aparición de las señales alias y por el otro lado se tiene como herramienta de ayuda la tecnología del MEMORY ZOOM para observar en detalle la señal, que no puede visualizarse en osciloscopios con una pequeña profundidad de memoria.

Ejemplo:

Este osciloscopio registra en modo monocal y con la base de tiempos en posición de 100µs/div una frecuencia de muestreo de 1GS. Esto significa capturar 100.000 puntos por cm. Así, con la tecnología de MEMORY ZOOM, se pueden visualizar señales que alcanzan el límite del ancho de banda del osciloscopio. Las señales Alias prácticamente no aparecen, ya que estas se generan con frecuencias de señales a partir de los 500 MHz, y eso queda fuera del rango del propio osciloscopio.

Osciloscopios que tienen una profundidad de memoria baja, como por ejemplo 10k, ofrecen en la posición de la base de tiempos arriba reseñada sólo 1000 puntos capturados, lo que corresponde a una frecuencia de muestreo de 10 MHz. Las señales alias aparecen aquí ya a partir de los 5 MHz, quedando así muy al principio del ancho de banda del osciloscopio. Las ventajas de tener a disposición una profundidad de memoria elevada, salta entonces a la vista.

Resolución horizontal con expansión X

Como descrito anteriormente, es ventajoso en la mayoría de los casos tener una resolución vertical relativamente elevada de hasta 200 muestras de señal /div. Con la expansión x10 permanece la resolución de 200 puntos de muestra por centímetro (div.), aunque entonces en teoría sólo se indicarían 20 puntos por div. Los restantes 180 puntos se recogen de la memoria profunda o si ya no es posible se interpolan los puntos. La sección deseada puede ser ajustada y visualizada ajustando el mando X-POS. En combinación con la expansión X, el coeficiente mínimo de deflexión de tiempo es 5ns/cm. Una señal de 100 MHz puede tener entonces una resolución de un periodo en 2cm.

Frecuencia de señal máxima en modo memoria

No se puede definir con precisión la frecuencia máxima evaluable, ya que varía mucho en dependencia de la forma de la señal y de la altura de la representación de la señal.

Una señal rectangular presenta pocas dificultades en lo que corresponde a su reconocimiento como tal pero diferenciar una señal senoidal de una triangular representa mayores dificultades ya que se precisan por lo menos 10 muestras/periodo de señal. Bajo estas condiciones se debe dividir la frecuencia de muestreo máx. por 10. El resultado es entonces la frecuencia de señal máx. (p.ej. 1GSa/s : 10 = 100 MHz).

Presentación de señales Alias

La siguiente descripción es sólo útil, si la presentación de la señal se realiza en "puntos" o "vectores" (ver tecla Settings > indicación). En modo de presentación "optimal" prácticamente no se da la situación del llamado aliasing, en base a la frecuencia de muestreo elevada usada en la memoria profunda del equipo. Pero en el modo "optimal" se presenta un ruido con una amplitud elevada.

Presentación en modo de "puntos" o "vectores"

En caso de que la frecuencia de muestreo sea demasiado pequeña, dado el ajuste de la base de tiempos, pueden aparecer en pantalla efectos o señales alias.

El ejemplo siguiente describe este efecto:

Una señal senoidal se muestrea con una muestra por periodo. Si esta señal es por casualidad idéntica en fase y frecuencia a la frecuencia de muestreo y el muestreo se realiza cada vez, cuando se establece el valor de cambio positivo, se presenta una línea horizontal en la posición Y del cambio de signo positivo. Esta línea parece ser una tensión continua medida, pero que es inexistente. Otros efectos de alias son presentaciones de señales aparentemente sin sincronismo con variaciones de la frecuencia indicada (p.ej. 2 kHz) de la señal real (p. ej. 1 MHz)

Para reconocer este tipo de presentaciones sólo se precisa cambiar a modo "optimal" o a modo analógico y visualizar la forma de onda real.

Modos de funcionamiento del amplificador vertical

El osciloscopio trabaja en modo digital con los mismos modos de funcionamiento que en modo analógico. Se pueden presentar:

- canal I independiente,
- canal II independiente,
- canales I y II simultáneamente (Yt o XY),
- suma de ambos canales,
- resta de ambos canales.

Las diferencias del modo digital (con el del modo analógico) son:

- En modo DUAL se realiza la toma de datos de ambas señales de entrada simultáneamente, ya que cada canal lleva su propio convertidor A/D. Por esta razón, se prescinde de la conmutación precisa en modo analógico de 2 canales en modo de choppeado y alternado.
- La alta frecuencia de repetición en la presentación de imagen, imposibilita el parpadeo de la presentación..
- La luminosidad del trazo no depende de la velocidad de escritura del haz electrónico y de la frecuencia de repetición de los procesos de escritura.

Transmisión de datos

El osciloscopio dispone de tres conexiones.

1. Por debajo de la pantalla del tubo de rayos catódicos, se encuentra en la carátula frontal, una conexión USB (Host), a la que se puede conectar un memory stick. Información adicional se encuentra en el apartado de "mandos de control y readout".
2. La siguiente información se refiere al interfaz HO720, que se encuentra en la parte posterior del equipo (arriba a la derecha). Contiene los siguientes interfaces bidireccionales RS-232 y USB (Device), para el tráfico de datos entre el osciloscopio y el PC.

El firmware del osciloscopio reconoce el interfaz y lo muestra en los menús correspondientes. Si fuera preciso, se puede cambiar el interfaz HO720 por otro interface.

Indicaciones de seguridad



Atención: Todas las conexiones del interfaz quedan conexas galvánicamente con el osciloscopio.

No quedan permitidas las mediciones en potenciales de referencia de medida elevados, ya que pueden dañar el osciloscopio, el interfaz y los aparatos conectados a ellos.



Atención!

La incorporación de un interfaz sólo se debe realizar, si el equipo está apagado y desconectado de red.



Atención!

La abertura para el interfaz debe estar siempre cerrada, si se utiliza el osciloscopio.

La garantía HAMEG no cubre daños ocasionados por no seguir las indicaciones de seguridad. HAMEG no se responsabiliza de daños ocasionados a personas y a otros fabricados.

Descripción

USB (Device)

El CD que acompaña el suministro del osciloscopio contiene un índice con el nombre de este osciloscopio. Allí se encuentra un fichero HO720_D2xx_DriverVxxx. Contiene "Driver", "Tools" y una descripción para la instalación del driver USB.

Para posibilitar la comunicación entre el PC y el osciloscopio, se deberá instalar en el PC un driver para USB, que es llamado por Windows, cuando se ejecuta una comunicación por primera vez entre el osciloscopio y el PC, mediante USB.

Se puede establecer una conexión directa entre el PC (conector USB) y el interfaz USB mediante un cable blindado USB. La longitud máxima del cable USB no debe sobrepasar los 3 metros. Información adicional se encuentra en el CD bajo "HO720 Descripción e instalación del driver para USB".

Bajo "Tools" se encuentran los índices "FT Clean" con un programa para desinstalar el driver USB y "USB_Install_Test", con el que se puede comprobar el funcionamiento de la conexión de USB.

RS-232

La conexión RS-232 es del tipo D-SUB de 9 polos. A través de esta conexión bidireccional, se pueden enviar parámetros de ajuste y en modo digital datos de señales de un equipo externo (p.ej. un PC) al osciloscopio o pueden ser llamados por el equipo externo. Se puede establecer una conexión directa desde el PC (puerto serie) al interfaz mediante un cable blindado de 9 polos (conexión 1:1). La longitud máxima del cable no deberá sobrepasar los 3 metros. Los pins para el interfaz RS-232 quedan definidos de la siguiente manera:

Pin

- 2 Tx Data (transmisión de datos del osciloscopio a un aparato externo)
- 3 Rx Data (recepción de datos de un aparato externo al osciloscopio)
- 7 CTS (estado de preparación de emisión)
- 8 RTS (estado de preparación de recepción)
- 5 Ground (potencial de referencia, al osciloscopio (clase de protección I) y cable de red conectado con el conducto de protección)
- 9 +5V (tensión de alimentación para aparatos externos) (max. 400mA).

La variación máxima de tensión en las conexiones Tx, RX, RTS y CTS (pins 2, 3, 7 y 8) es de $\pm 12V$.

Los parámetros para la conexión son:

N-8-2 (ningún bit de paridad, 8 bits de datos, 2 bits de paro, protocolo hardware RTS/CTS). Estos parámetros pueden ser ajustados en el osciloscopio.

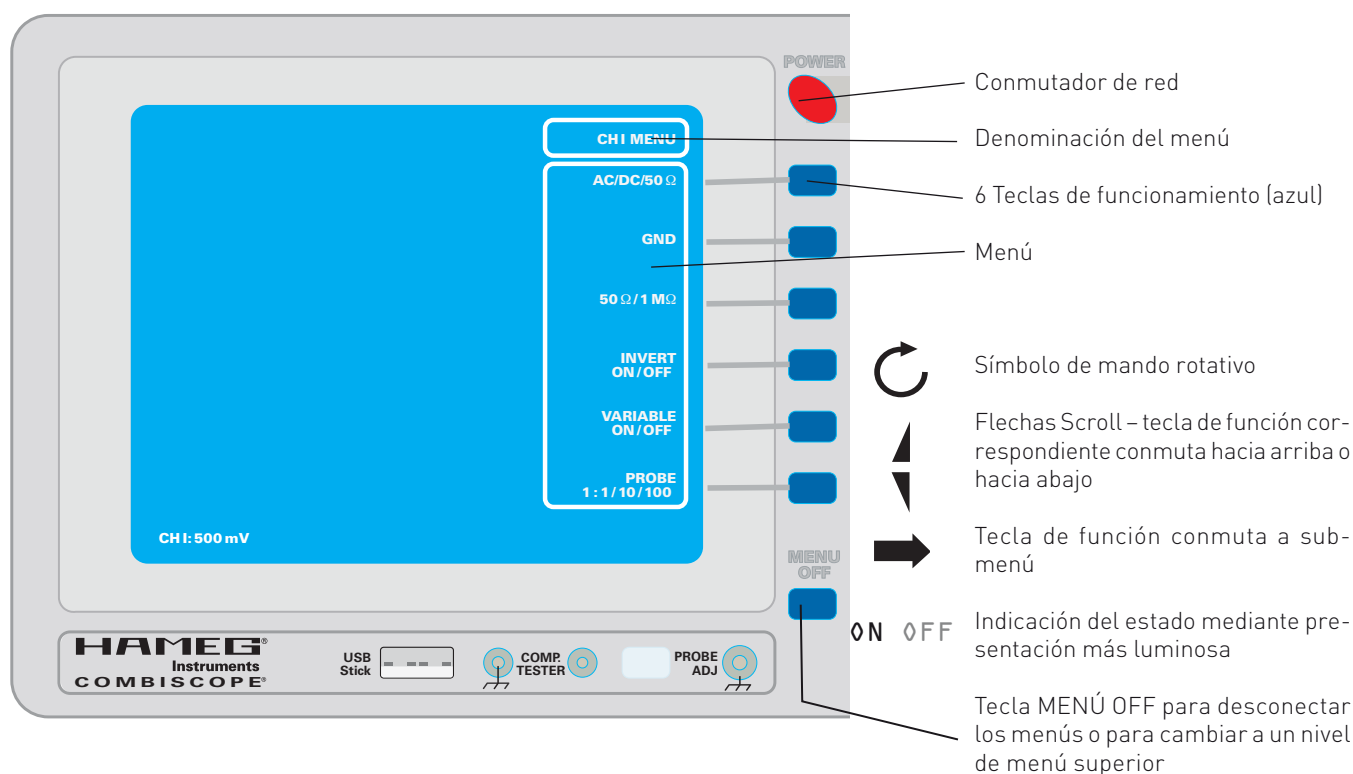
Actualización del firmware

El firmware de este osciloscopio puede ser actualizado por internet. Bajo www.hameg.es puede entrar en la zona de descarga de programas y ficheros, para acceder a la última versión del firmware del equipo.



Advertencia!

Debido al desarrollo técnico cambios en el manejo y funciones nuevas pueden resultar. En este caso un manual actualizado está presente en la página web de HAMEG (www.hameg.com).



Indicaciones generales sobre el menú

Aparición del menú en pantalla

En la mayoría de los casos, se presenta un menú, después de pulsar una tecla, y este contiene varios puntos de menú, que quedan relacionados con las teclas de función de color azul, situadas al lado. Al pulsar una de las teclas de función, se puede activar, desactivar o conmutar la función (On/Off).

Se pueden abandonar los menús de la siguiente manera:

1. De forma automática, después de terminar un tiempo (ajustable por el usuario con la tecla SETTINGS [10] > Generalidades > Menú off).
2. Con la tecla de MENU OFF [43].
3. Volviendo a pulsar la tecla de menú, con la que se había llamado el menú seleccionado.
5. Conmutando directamente a otro menú.

Algunos menús presentan adicionalmente un signo de mando rotativo, que se refiere al mando rotativo de INTENS [2]. Mediante este mando se pueden variar entonces los ajustes que indica el menú. Otros puntos de menú muestran una flecha indicando hacia una tecla de menú, señalizando así que la pulsación de esa tecla de menú lleva a un submenú.

En algunos modos de funcionamiento, quedan sin funcionamiento algunas funciones, mandos o teclas, por ser sin utilidad en esa función. Su accionamiento no activa entonces ninguna indicación de menú.



Atención!

En base a la presentación de un menú, no se presentan todas las informaciones de readout con el menú, ya que pueden ser cubiertas por la propia presentación del menú. Al abandonar un menú y

desaparecer este de pantalla, se vuelven a visualizar todas las informaciones anteriores.

Ayuda (HELP)

Cada punto del menú tiene adicionalmente textos explicativos (ayudas), que pueden ser llamados con la tecla HELP [12], después de acceder al punto de menú y que se presentan también por readout. Si se ha activado la ayuda y se acciona un mando giratorio, se presenta la descripción de la función actual. Para desconectar la función de ayuda, es suficiente con volver a pulsar la tecla de ayuda.



Atención!

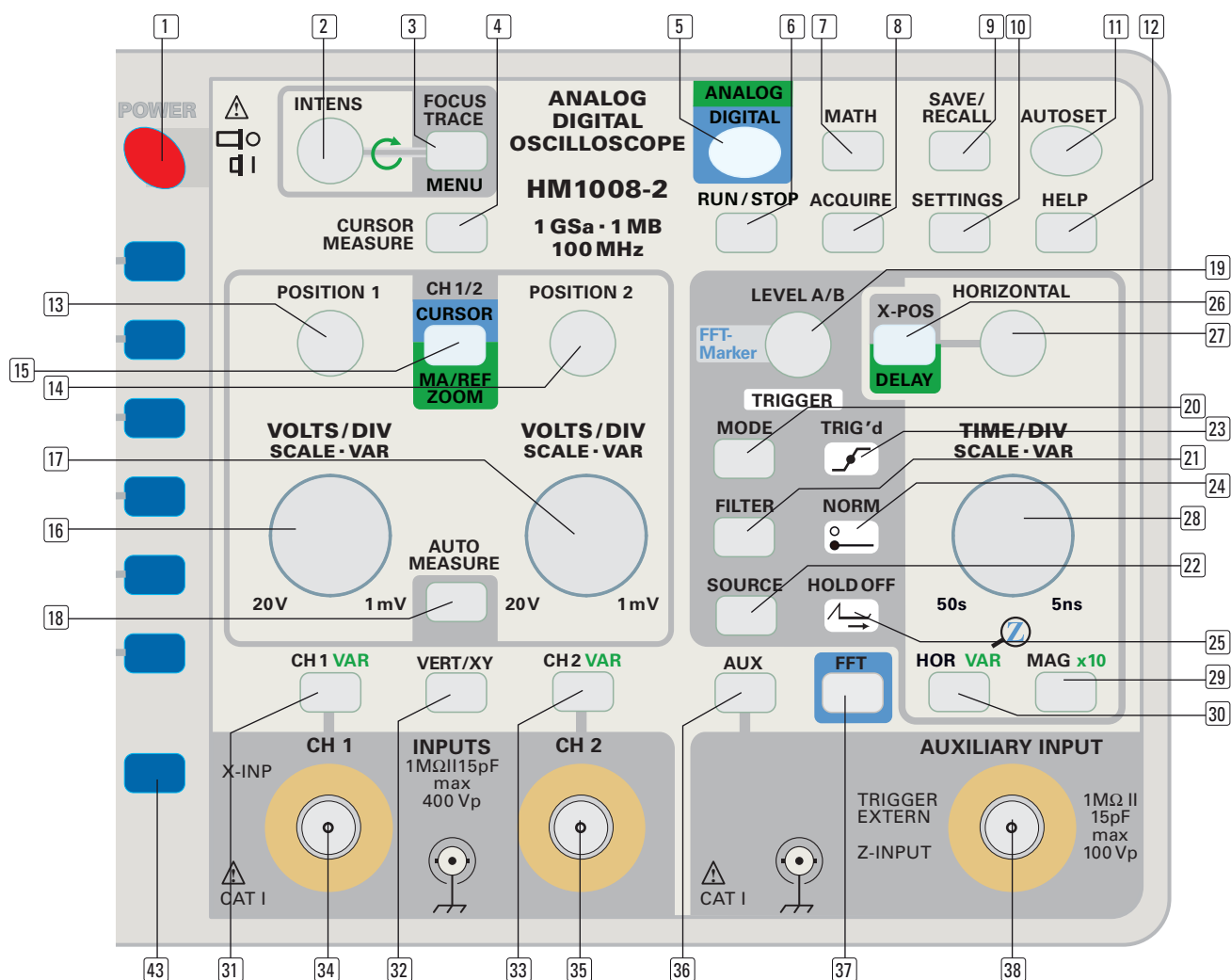
Al presentar algunos menús, se visualiza adicionalmente una casilla de selección, a la izquierda del propio menú. Al utilizar la función "HELP" se presentan en este lugar los textos de ayuda. Al presentarse una casilla de selección o los textos de ayuda, no se visualiza la señal activa.

Indicaciones preeliminares

Con el osciloscopio conectado, se presentan en pantalla todos los parámetros de medida importantes (Readout), si lo permite la intensidad de readout (RO-Int.) ajustada y la función de presentación de readout esta activa.

Los diodos del panel frontal son de función auxiliar dando información adicional y las posiciones de tope final se indican mediante un tono acústico.

Con excepción de la tecla de puesta en marcha POWER [1], todos los mandos se regulan electrónicamente. Por esta razón se pueden memorizar o controlar las posiciones de los mandos. Algunos mandos y puntos de menú sólo son utilizables en modo digital o tienen entonces otra función. Las anotaciones en ese sentido quedan detalladas por el comentario „sólo en modo digital“.



Mandos de Control y Readout

La siguiente descripción precisa que la función de comprobador de componentes esté desactivada.

1 POWER

Tecla de conmutador de red con los símbolos I para ON (encendido) y para OFF (apagado).

Al poner en marcha el osciloscopio y después de un breve tiempo de calentamiento del TRC, se presentan en pantalla el logotipo de Hameg, el modelo de osciloscopio y su número de versión. Estas informaciones no se presentan si durante la última puesta en marcha del equipo, se seleccionó la función de "Quick Start" (inicio rápido) (tecla SETTINGS [10] > GENERALIDADES. A continuación el osciloscopio acepta los últimos ajustes recibidos, antes de haber sido desconectado la última vez.

2 Mando rotativo – INTENS

2.1 Mediante el botón giratorio INTENS se ajusta el brillo de la traza, cuando no se ilumina la tecla de FOCUS/TRACE/MENU [3]. La rotación hacia la izquierda reduce, hacia la derecha aumenta el brillo.

2.2 Cuando se ilumina la tecla FOCUS/TRACE/MENU [3] de forma constante, se pueden variar las funciones indicadas e

identificadas con el símbolo de mando rotatorio en el menú, con el mando INTENS [2], si están activados.

3 Tecla - FOCUS / TRACE / MENU

Con esta tecla se llama el menú del mando Int., la tecla se ilumina de forma constante y señala con ello, que el mando INTENS alberga una función, que corresponde al punto de menú seleccionado. Dependiendo del modo de funcionamiento, se dispone de los siguientes puntos de menú:

Intensidad A: Ajuste de la intensidad del trazo correspondiente a la señal presentada por la base de tiempos A

Intensidad B: Ajuste de la intensidad del trazo correspondiente a la señal presentada por la base de tiempos B

Zoom-Int.: Ajuste de la intensidad del trazo correspondiente a la señal presentada con zoom

Intens. RO: Ajuste de la intensidad del trazo del readout.

Focus: Ajuste de la nitidez del trazo de la señal y del readout.

Rotación: Rotación del trazo (ver "Rotación del trazo" bajo el párrafo Puesta en marcha y ajustes previos).

Readout ON/OFF:

En posición Off, se pueden evitar interferencias del readout que afectan a la señal presentada (sólo en modo analógico). El símbolo del mando rotatorio (FOCUS/TRACE/MENU) parpadea, cuando el readout queda desactivado. Al abandonar el menú, con la tecla MENU OFF [43],

ya sólo se presentan las señales. La tecla de FOCUS/TRACE/MENU [3] parpadea entonces continuamente. Pulsando nuevamente la tecla se presenta nuevamente el menú de la tecla "Int." Y el readout puede conmutarse en "On". Al encender el osciloscopio, siempre se inicia con el readout en "On"!

Rotación del trazo:

Rotación del trazo (ver "Rotación del trazo TR" bajo el apartado de "Puesta en marcha y ajustes previos").

[4] CURSOR MEASURE - (tecla)

Si los cursores estaban desactivados, estos se podrán activar con la tecla CURSOR MEASURE y se visualizará en el readout los resultados de medida efectuados por los cursores. Si en cambio los cursores estaban activos y se pulsa la tecla CURSOR MEASURE nuevamente, aparece en pantalla el menú "Cursors". Además se enciende la tecla FOCUS TRACE MENU [3] de forma constante señalizando, que el mando INTENS [2] alberga ahora una función, referida al punto de menú seleccionado "Cursors".



Trabajando en modo de funcionamiento FFT, no se podrá llamar CURSOR MEASURE.

Dependiendo del modo de funcionamiento (analógico o digital) se pueden elegir diferentes funciones de medida en este menú, que afectan a las líneas de cursores y/o a su orientación.

Los cursores y el resultado de medida de los cursores se presentan, cuando se abandona el menú "Cursors" con la tecla MENU OFF [43], después de seleccionar el modo de medida. El resultado de la medición por cursores se presenta como una tercera línea superior en el readout (p.ej. $\Delta V(\text{CH2}): 16.6\text{mV}$). En modo variable (fino) y con el canal de medida en posición de descalibrado, no se presenta el valor con ":", si no con el signo ">".

Posicionamiento de los cursores

El posicionamiento de los cursores se realiza con los mandos giratorios de POSITION 1 y POSITION 2, cuando se ha seleccionado la función a "Cursors". La selección de la función a mando giratorio, se realiza en el menú "Pos./escala", que se llama con la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15]. Con las teclas de función "Cursors" (líneas de cursores largas), "cursor secundario" (líneas de cursores cortos u otros símbolos) y "parejas de cursors" (movimiento parejo de 2 cursores = tracking) se determina cual de las líneas de cursores se deben mover al accionar los mandos giratorios de POSITION 1 y POSITION 2.

Puntos de menú

Activado el punto de menú "Cursors", se dispone, dependiendo del modo de funcionamiento (analógico, digital, Yt, XY), de los siguientes puntos de menú. Con "OFF" se desconectan los cursores, se abandona el menú de cursores y se desconecta la lectura de resultados de medida en el readout.

4.1 Modo de medida

Activada esta función, se puede seleccionar un modo de medida de los que se presentan en la ventana, con el mando giratorio INTENS [2]. En la mayoría de los casos, se presenta de forma automática la unidad correspondiente al modo de medida. Las funciones de los modos de medida son obvios.

4.2 Unidad

4.2.1 En combinación con los modos de medida "relación X", "relación Y" y „contar“, se presenta adicionalmente a la unidad

el símbolo del mando giratorio INTENS. Entonces puede el usuario seleccionar una unidad correspondiente.

4.2.1.1 Presentación de relación "rat" (ratio)

En este modo de medida se determinan, mediante la ayuda de los cursores, relaciones de frecuencia y amplitud. La distancia entre las líneas de cursores largas corresponde al factor 1.

4.2.1.2 Indicación de porcentaje "%"

La distancia entre los cursores largos se toma como el 100%. El resultado de medida se obtiene de la distancia de la línea corta secundaria de cursores hacia la línea larga de referencia (inferior o izquierda) o se presenta, si fuera necesario, con un signo negativo.

4.2.1.3 Medida de ángulo "°"

La distancia de las líneas largas de los cursores se corresponde con 360° y debe corresponder a un periodo de una señal. El resultado de la medida se obtiene de la distancia de la línea de referencia a la línea secundaria corta de cursores y se presenta, si fuera necesario, con un signo negativo antepuesto. Información adicional se encuentra bajo el apartado correspondiente a "mediciones de fase en modo de funcionamiento de dos canales (Yt) en la sección de "Puesta en marcha y ajustes previos".

4.2.1.4 " π "

Medición del valor de " π " referenciado a la distancia entre las líneas de los cursores. Un periodo senoidal (oscilación completa), es igual a 2π ; por esta razón la distancia entre las dos líneas largas de cursores, deberá ser de 1 periodo. Si la distancia entre la línea de referencia y la línea corta de cursores es de 1,5 periodos, se presentará 3π . Si la línea corta de cursores se encuentra a la izquierda de la línea de referencia, se presentará π con un signo negativo.

4.2.2 En combinación con el modo de medición "contar", se presentan al mismo tiempo los símbolos de la unidad y el del mando giratorio INTENS. El usuario podrá entonces seleccionar la unidad.

4.2.2.1 "Pulso positivo"

Se cuenta la cantidad de pulsos positivos, que se encuentran entre las líneas de los cursores verticales y que cruzan la línea horizontal del cursor secundario.

4.2.2.2 "Pulso negativo"

Se cuenta la cantidad de pulsos negativos, que se encuentran entre las líneas de los cursores verticales y que cruzan la línea horizontal del cursor secundario.

4.2.2.3 "Flanco descendente"

Se cuenta la cantidad de flancos descendentes, que se encuentran entre las líneas de los cursores verticales y que cruzan la línea horizontal del cursor secundario.

4.4 Referencia

Cuando la medición por cursores puede ser referenciada a más de una señal, se muestra adicionalmente a la denominación de canales, el símbolo correspondiente al mando giratorio de INTENS. Así se puede determinar, el canal o el coeficiente de desvío, al que debe relacionarse la medida por cursores. Las líneas de los cursores deberán posicionarse entonces sobre la señal o porciones de la señal, que se desean presentar con este canal.

4.5 OFF (Cursors OFF)

Al pulsar esta tecla de función, se desconectan los cursores, los resultados de las medidas de los cursores y el menú de cursores. Para desconectar el menú de cursores y presentación

posterior de los resultados de medida por cursores, se deberá abandonar el menú mediante la tecla "MENU OFF" [43].

5 Tecla - ANALOG/DIGITAL

Mediante esta tecla se conmuta entre modo de funcionamiento analógico y modo de funcionamiento en digital y viceversa.

El modo de funcionamiento se señaliza con el color, con el que se ilumina la tecla (analógico = verde, digital = azul). La conmutación no genera un cambio en el modo de funcionamiento, mientras se trabaje en uno de los modos de Yt o XY. Como el modo de funcionamiento FFT es un submodo de modo Yt y sólo está disponible en modo digital, se desconecta automáticamente al conmutar a modo analógico y se obtiene el último modo de funcionamiento utilizado. En modo de funcionamiento de tester de componentes (solo modo analógico), el osciloscopio conmuta automáticamente, al conmutar a modo digital, al modo de funcionamiento último utilizado (Yt o XY).

Al conmutar entre modo analógico y digital, se mantienen los parámetros seleccionados correspondientes a la desviación de Y y los modos de funcionamiento de los canales. A causa de los diferentes modos de funcionamiento de la base de tiempos, el equipo trabaja después de la conmutación siempre en modo de funcionamiento de la base de tiempos A. Los coeficientes de deflexión de tiempo se mantienen sin variación, mientras queden disponibles en ambos modos de funcionamiento; en caso contrario se selecciona automáticamente el valor final de la gama.

6 Tecla - RUN / STOP

Esta tecla alberga varias funciones

6.1 Modo de funcionamiento en analógico, captura de eventos únicos

La tecla RUN/STOP se corresponde con la indicación de eventos que aparecen sólo una vez (presentación de eventos únicos). Este tipo de señales, se pueden presentar con el disparo único, si se activa la función "Simple", que aparece en el menú al que se accede con la tecla MODE [20]. Si a continuación se pulsa la tecla RUN/STOP [6], se activa con ello el disparo. Entonces parpadea la tecla RUN/STOP, hasta que una señal inicia el disparo de la base de tiempos y se genera una deflexión de tiempo correspondiente. El final de esta deflexión única de tiempo, se señaliza con una iluminación continua de la tecla STOP. Para preparar el osciloscopio nuevamente a una presentación de evento único, es suficiente con pulsar nuevamente la tecla RUN/STOP, de forma que esta vuelva a parpadear.

6.2 Modo de funcionamiento en digital

6.2.1 Captura de eventos únicos

La tecla RUN/STOP se corresponde con la captura y presentación de eventos, que aparecen sólo de forma eventual (captura de eventos únicos). Este tipo de señales se pueden capturar y presentar con el modo de disparo único, si se ha seleccionado la función "Simple", que aparece en el menú al que se accede con la tecla MODE [20]. Al pulsar la tecla RUN/STOP se activa/arma el disparo y sigue inmediatamente una representación continuada de la señal medida, que permite poder visualizar también el trayecto de la señal antes del inicio del evento que ha iniciado el disparo (pre-trigger). Mientras, la tecla RUN/STOP parpadea y señaliza así, que el proceso de registro no ha finalizado todavía. Cuando una señal ha iniciado el disparo, y se ha consumido el tiempo de captura de la señal después del evento de inicio del

disparo (post-trigger), finaliza la captura de datos de la señal. A continuación queda encendida la tecla de RUN/STOP, y la presentación de la señal ya no varía. Entonces ya solo podrá ser evaluada y/o memorizada.

Una nueva pulsación sobre la tecla de RUN/STOP, inicia la siguiente captura de señal, de forma que parpadea se sobrescribe la toma de datos anterior.

Para finalizar el modo de captura de eventos únicos, se deberá pulsar la tecla MODE y se deberá conmutar en el menú Trigger, de "SIMPLE" a disparo automático "AUTO" o manual "NORMAL".

6.2.2 Finalizar o interrumpir una captura de una señal.

La tecla RUN/STOP se puede utilizar también sin estar en el modo de funcionamiento de eventos únicos. Al pulsar la tecla se para (RUN/STOP iluminada) o inicia (RUN/STOP apagada) el registro de una señal que es presentada en ese momento en pantalla.

7 Tecla MATH

Sólo activa en modo digital

Mediante la tecla MATH, se presentan el menú matemático y el editor de ecuaciones. El menú matemático permite la elaboración matemática de las señales actuales visualizadas de canal 1 y canal 2. Los resultados pueden presentarse en pantalla en forma de una presentación gráfica y pueden determinarse con las funciones de medida de los cursores y las automáticas. Todas las anotaciones y ajustes o cambios se memorizan automáticamente al salir del menú o apagar el osciloscopio. Los resultados de las medidas se pierden al apagar el osciloscopio.

El menú matemático ofrece las siguientes funciones:

7.1 Ecuaciones predeterminadas

Mediante el botón giratorio de INTENS, se puede elegir una ecuación de entre 5, y esta se puede entonces editar. Así sería posible, elegir posteriormente entre 5 ecuaciones elaboradas por el usuario.

Un conjunto de ecuación se compone de 5 líneas y que quedan numeradas de MA1 hasta MA5. Es posible utilizar sólo una línea, en una ecuación. Pero la ecuación puede configurarse de varias líneas. En ese caso, se deberá respetar la secuencia matemática; de MA1 (primera línea de la ecuación) a MA5 (quinta línea de la ecuación).



Atención! Siempre será válido el conjunto de ecuaciones, que se presentaba antes de abandonar el menú matemático.

7.2 Edición

Abre el submenú EDICIÓN MATEMÁTICA

7.2.1 Ecuación

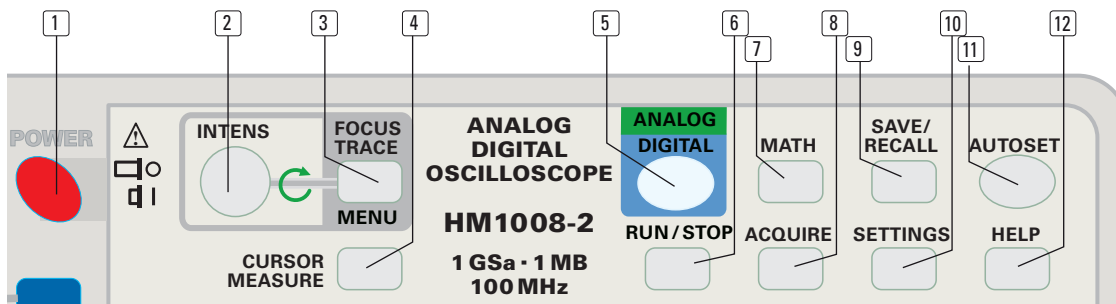
El mando INTENS posibilita seleccionar una de las cinco ecuaciones. Cada ecuación se compone del nombre del resultado (p.ej. MA3), el signo "=", la función (p.ej. ADD para la suma) y "primer operando", "segundo operando".

Nota: El segundo operando no se presenta en todas las funciones (Ejemplo: SQ).

7.2.2 Función

– **ADD** (Suma)

Suma el operando 1 (sumando) al operando 2 (sumando)



- **SUB** (Resta)
Resta el operando 1 (minuyente) del operando 2 (subtrayente)
- **MUL** (Multiplicación)
Multiplica el operando 1 (multiplicante) con el operando 2 (multiplicador)
- **DIV** (División)
Divide el operando 1 (dividendo) con el operando 2 (divisor)
- **SQ** (Cuadrado)
Eleva el operando 1 al cuadrado
- **INV** (Negación) – Cambia el signo al operando 1
- **1/** (Valor recíproco) – divide 1 por el operando 1
- **ABS** (Valor absoluto)
Convierte el operando 1 (si fuera negativo) en un número positivo
- **POS** (Valores positivos)
El resultado de operando 1 sólo son números >0. Números <0 (negativos) y 0 se muestran como resultado = 0
- **NEG** (Valores negativos)
El resultado de operando 1 sólo son números <0. Números >0 (negativos) y 0 se muestran como resultado = 0

7.2.3 Operando 1

Como operando se pueden seleccionar con el mando giratorio de INTENS [2] las siguientes señales:

- CH1** = la señal actual de canal 1
- CH2** = la señal actual de canal 2
- MA1** = el resultado de la ecuación con el mismo nombre
- MA2** = el resultado de la ecuación con el mismo nombre
- MA3** = el resultado de la ecuación con el mismo nombre
- MA4** = el resultado de la ecuación con el mismo nombre
- MA5** = el resultado de la ecuación con el mismo nombre

En el paso siguiente a "MA" aparece "editar" en el menú "Edición matemática" conjuntamente con el símbolo de flecha, con el que se indica la existencia de otro submenú. Su contenido se explica bajo el punto 7.2.5

7.2.4 Operando 2

Este operando sólo se puede seleccionar, si se tiene seleccionada la función de ADD (suma), SUB (resta), MUL (multiplicación), o DIV (división). Entonces se pueden seleccionar las mismas señales, como descritas bajo el punto 7.2.3.

En el paso siguiente a "MA" aparece "editar" en el menú "Edición matemática" conjuntamente con el símbolo de flecha, con el que se indica la existencia de otro submenú. Su contenido se explica bajo el punto 7.2.5

7.2.5 Selección del operando con editor de constantes

En la posición de final de carrera del mando giratorio INTENS [2] (derecha), se presenta en el menú adicionalmente una indicación con referencia al submenú "Edición". Al llamarlo, se presenta el menú "editar constante" y se muestra el editor de constantes, el cual permite determinar un "número", cuyo punto decimal y unidad (p.ej. V para voltios y μ) se puede seleccionar con el mando INTENS [2]. El número, el punto decimal y su

signo anterior, entregan la constante, que se utilizará durante el cálculo. No es necesario seleccionar una unidad, ya que sólo sirve como recordatorio.

7.3 Indicaciones



Atención!

No se pueden mostrar al mismo tiempo, las señales "matemáticas" (MA1 hasta MA5) y "señales de referencia" (RE1 hasta RE9). Al activar la indicación de señales de matemática, se desconecta y se invierte la indicación de "señales de referencia".

La función "indicaciones" se encuentra dos veces en el menú, y puede ser conectada o desconectada en cualquier combinación deseada. Esta posibilidad presenta ningún, un o los resultados de dos ecuaciones en forma de onda. Después de abandonar el menú matemático, se realiza la presentación según los ajustes efectuados. Conjuntamente con "la(s) señal(es) matemática(s)", se muestra la denominación de la ecuación (p.ej. MA2). Con el mando giratorio INTENS [2], se elige la ecuación que se desea presentar.

La señal matemática (calculada) se presenta automáticamente con una escala. La escala es independiente de la reticulación, así como de los parámetros de desvío de Y y de tiempo y no se presenta. Por esta razón, se deberá determinar la altura de señal de la "señal matemática" con ayuda de la automedición o de un CURSOR (V to GND), después de relacionar "Referencia" (p.ej. MA2) del CURSOR con la "señal matemática" y su escala (tecla CURSOR MEASURE [4] > Cursor > Referencia > p.ej. MA2). La presentación en el readout es entonces: V [MA2] : 900mV.

En combinación con la división y la constante 0, no se muestra ningún resultado. La función matemática sólo se calcula y presenta, si es posible. No se calcula si los canales no están activados o si no hay datos válidos disponibles (p.ej. Norm sin disparo). No se proporciona un aviso de error.

7.4 Unidad

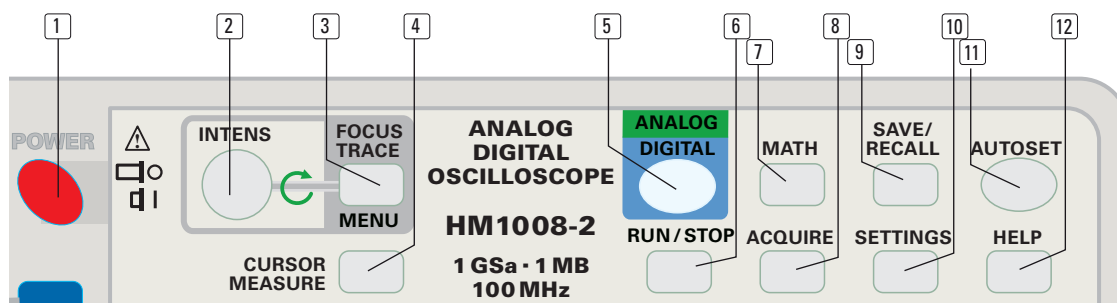
A cada función indicaciones, se relaciona también la función unidad, determinable con el mando giratorio INTENS y que queda relacionado con el resultado.

8 Tecla ACQUIRE (sin función en FFT)

Sólo en modo digital. Con esta tecla se abre el menú "Captura", y en él se pueden seleccionar diferentes modos de presentación de la señal:

8.1 Normal (Refresh) – Captura/Presentación

En este modo de funcionamiento, se pueden capturar y presentar señales repetitivas, como en el modo analógico; el readout presenta entonces las siglas rfr. La captura de la señal actual se puede detener (tecla se ilumina) o iniciar (tecla se apaga) con la tecla RUN/STOP [6].



El disparo inicia una nueva captura de señal y su presentación. Entonces se sobrescriben los datos anteriormente capturados y presentados. Los datos nuevos (señal) se mantienen presentados, hasta que el disparo genere una nueva captura de señal. Este modo de captura de señal queda disponible para el margen completo de coeficientes de tiempo (50s/cm – 5ns/cm).



Atención!

Después de conmutar a un coeficiente de tiempo, la captura y la presentación comienzan en el punto de disparo, que se encuentra en modo sin retardo en el centro de la pantalla (readout: "Tt:0s). Con 20ms e inferior, se inicia la presentación en el margen izquierdo de la pantalla. Con la segunda captura, la presentación comienza en el margen izquierdo de la pantalla. Esto no tiene importancia con coeficientes de tiempo pequeños, pero cuando se trabaja con coeficientes de tiempo altos en combinación con tiempos de post-trigger grandes, da la sensación que el osciloscopio aparentemente no reacciona (con el estado activo, se presenta el modo de captura. Al final de la captura se vuelve a escribir la señal nuevamente. Si el punto de disparo se ha desplazado mediante el botón HORIZONTAL [27] a su izquierda máxima, el readout presentará entonces "Tt: 1.85ks", si el coeficiente de tiempo es 50s/cm. Esto quiere decir, que deberán pasar 1600 segundos hasta que el trazo aparezca en el margen izquierdo de la pantalla y que llegue al centro de la pantalla 250segundos más tarde (1600s + 250s = 1,85ks).

8.2 Curva envolvente (Envelope) – Captura/Presentación

La presentación de la curva envolvente es un sub-modo de presentación del modo Normal (Refresh) y se identifica en pantalla con la presentación en readout "env". También en este modo de presentación se deberán cumplir las condiciones de disparo. Al contrario que en modo Normal (Refresh), se presenta la señal como unos puntos de máximo y mínimo de varias capturas de señales, creando así una curva envolvente, cuando la señal de medida contiene variaciones en amplitud y/o en frecuencia (jitter). Así se pueden reconocer y determinar fácilmente este tipo de variaciones.

La presentación de la curva envolvente se inicia/finaliza pulsando la tecla RUN/STOP [6], de forma que STOP queda iluminada. Pulsando nuevamente la tecla RUN/STOP, se resetea la presentación anteriormente obtenida, apagándose la iluminación de RUN/STOP [6] y reiniciándose la toma de datos y presentación de ENVELOPE. Para evitar que se inicie una presentación nueva de la envolvente, cualquier pulsación sobre un elemento de mando del osciloscopio que tenga influencia sobre la presentación de la señal, genera que se pare el modo de captura de curva envolvente.

Como este modo de presentación precisa señales repetitivas y muchas capturas de señal, no queda disponible en el modo de

disparo único. Se deberá estar trabajando en modo de disparo "AUTO" o "Normal".

8.3 Valor mediado (Average) – Captura/Presentación

Average es un sub-modo de funcionamiento del modo Normal (Refresh), en el que se precisan las condiciones necesarias establecidas de disparo.

Bajo "valor mediado" se presenta en el menú un número entre 2 y 512, que deberá seleccionarse con el mando de INTENS [2], después de seleccionar esta función. El readout presenta entonces por ejemplo "avg#512".

El número describe la ponderación de una captura de señal, al efectuar la mediación. Como más elevado sea el número de la ponderación, como más bajo es la ponderación de una sola captura y la elaboración del valor mediado dura más tiempo, ya que se precisan comparativamente más capturas; al mismo tiempo aumenta también la precisión.

Mediante la presentación de los valores mediados se pueden eliminar o reducir las variaciones en amplitud (p. ej. los ruidos) y las variaciones en frecuencia (jitter).

La presentación de la señal mediante valores mediados se finaliza con la tecla de RUN/STOP [6], de forma que la tecla RUN/STOP [6] queda iluminada. Al pulsar nuevamente la tecla RUN/STOP [6], se reinicia la presentación anteriormente obtenida, apagándose la tecla RUN/STOP [6], y la presentación/captura de valores mediados vuelve a iniciarse. Para evitar que el manejo del osciloscopio genere presentaciones erróneas de valores mediados, cualquier pulsación sobre un elemento de mando del osciloscopio que tenga influencia sobre la presentación de la señal, genera que se reinicie automáticamente el modo de captura de valores mediados.

Como este modo de presentación precisa señales repetitivas y muchas capturas de señal, este no queda disponible en el modo de disparo único. Se deberá estar trabajando en modo de disparo "AUTO" o "Normal".

8.4 Roll – Captura/Presentación

El modo Roll posibilita una captura de señal independiente del disparo de forma continua. Todos los elementos de mando relacionados con el disparo, las indicaciones y las informaciones en el readout, así como la función de "ZOOM", quedan desactivados en el modo "rol". El readout indica "rol".

Durante el funcionamiento en modo "rol", se presenta el resultado de la última captura en el margen derecho de la presentación en pantalla de la señal. Todos los datos capturados con anterioridad se desplazan (por una dirección) hacia la izquierda. El valor presentado en el extremo izquierdo se pierde. En comparación con el modo Refresh y sus sub-modos de funcionamiento, durante el modo "rol" se obtiene una captura continuada de valores de señal, sin los tiempos de espera (hold-off) dados por el disparo. La captura de la señal se puede finalizar o iniciar en cualquier momento, pulsando la tecla de RUN/STOP [6].

El margen de tiempos utilizable en modo "rol" queda limitado desde los 50 s/cm hasta los 50 ms/cm. Los coeficientes de tiempo más pequeños no son de utilidad, como por ejemplo 1 μ s, ya que no se podría realizar la observación de la señal. Cuando se conmuta a modo "rol", y la base de tiempos quedó ajustada a un valor entre 20 ms/cm y 5 ns/cm, el propio equipo reajusta automáticamente la base de tiempos a 50 ms/cm.

8.5 Valor sobre picos Auto OFF

Trabajando en modo de captura de valores pico (peak detect) "Auto", se conmuta automáticamente este modo de captura de señal, cuando se trabaja en modo de base de tiempos Yt con coeficientes de desvío comprendidos entre 50 s/cm y 500 ns/cm. Este modo de captura queda disponible sólo en combinación con Normal (Refresh), rol (Roll), curva envolvente (Envelope), valor mediado (Average) y captura de evento único (Single). El readout muestra entonces PD: antes de la abreviación del modo de captura.

Si se ha elegido un coeficiente de tiempo superior, se muestrea la señal a registrar, con una frecuencia de muestreo relativamente baja, si no se está en modo de valores pico a pico; es decir, entre cada una de las muestras tomadas, se crea un espacio de tiempo relativamente amplio. Bajo estas condiciones, no se mostrarían las señales cortas (glitches), que pudieran aparecer durante estos tiempos espaciados.

Si en cambio se trabaja en modo de captura de valores pico a pico, se trabaja con la frecuencia de muestreo disponible más elevada (es decir, con el intervalo más corto entre los procesos de muestreo), de forma que esas señales breves (con un ancho de pulso > 10 ns) sí que son capturadas. A continuación se valora esa toma de datos y sólo se registran las muestras con la mayor diferencia y se presentan en pantalla. Si no aparecen glitches, se trata entonces de ruido.

8.6 Random Auto OFF

Mientras que no se trabaje en modo SINGLE, se conmuta a partir de un determinado coeficiente de desvío de tiempo de forma automática, a Random-Sampling (muestreo de equivalencia). El coeficiente de tiempo se presenta entonces en el readout con p.ej. "RS:10GSa" (Random-Sampling: 10 Gigasamples por segundo), estando el coeficiente de tiempo en 5 ns/cm. Sin la indicación de "RS" no se está funcionando en Random-Sampling si no en modo Realtime (tiempo real) y la frecuencia máxima de muestreo es de 1 GSa en modo monocal o 500 MSa/s en modo dual (de la base de tiempos).

El modo de Random-Sampling precisa trabajar con señales repetitivas. De los periodos de señal repetitivos se toman valores de muestreo individuales, que son reestructurados para obtener una presentación completa. Si en modo Random se efectúa el muestreo con 10 GSa/s, la distancia en tiempo hacia el siguiente punto muestreado es de 0,1 ns. El Random-Sampling posibilita por esta razón coeficientes de tiempo muy pequeños (como p. ej. 5 ns/cm) con la completa cantidad de valores de muestra precisados (hasta 200/cm) para la presentación.



Anotación:

El coeficiente de tiempo más pequeño puede ser también sin el modo Random/Sampling 5 ns/cm. La frecuencia de muestreo en tiempo real es entonces 1 GSa/s en modo de monocal o 500 MSa/s en dual. Con una frecuencia de muestreo de 1 GSa/s (intervalo de muestreo: 1 ns), se capturan 5 valores de muestra por cm con un tiempo ajustado de 5 ns/cm. Las 195 muestras restantes que se necesitan al tener una resolución de 200 muestras por cm, se calculan (interpolación) con $\sin x/x$.

9 Tecla - SAVE/RECALL

Al pulsar esta tecla se entra en un menú. La cantidad de puntos de menú y de funciones depende si el funcionamiento actual es en modo analógico o digital.

9.1 Funcionamiento analógico y digital

Bajo el título "SAVE/RECALL" se pueden memorizar los ajustes actuales de los mandos, o se pueden llamar ajustes memorizados en ocasiones anteriores. Para ello se dispone de 9 memorias, cuyo contenido queda en las memorias incluso después de apagar el equipo.

9.1.1 Guardar (ajuste actual)

La tecla de función "Guardar" abre el submenú "Guardar ajuste actual". Con la tecla de función "página 1 2" se elige el número de página; la página seleccionada se presenta con mayor intensidad. La página 1 tiene adjudicados los puestos de memoria 1 hasta 5 y la página 2 las memorias 6 hasta 9. Los ajustes realizados a los mandos del osciloscopio, quedan memorizados en la memoria correspondiente a la tecla de función pulsada.

9.1.2 Cargar (ajuste actual)

La tecla de función "Cargar" abre el submenú "Cargar ajuste actual". Con la tecla de función "página 1 2" se elige el número de página; la página seleccionada se presenta con mayor intensidad. La página 1 tiene adjudicados los puestos de memoria 1 hasta 5 y la página 2 las memorias 6 hasta 9. El osciloscopio carga entonces los ajustes memorizados en la memoria, correspondiendo a la tecla que se ha pulsado.

9.2 Modo en funcionamiento digital



No se dispone de los siguientes modos de funcionamiento si se trabaja en modo FFT

Los puntos de menú descritos bajo 9.1.1 y 9.1.2 quedan disponibles también en modo digital. Adicionalmente se dispone de los puntos de menú referencia "Guardar" y "Cargar". Con el término "referencia" se entiende una memoria, en la que se puede archivar una señal. Para ello se dispone de 9 memorias, que permanecen guardadas, aunque se desconecte el equipo de la red.

9.2.1 Referencia: Guardar

Lleva a los siguientes submenús:

9.2.1.1 Fuente (referencia)

Con el mando INTENS [2] se selecciona en el submenú la "fuente", de la que se entenderá la señal que se desea guardar en la memoria de referencia.

9.2.1.2 Destino (referencia)

Se dispone de un total de 9 memorias de referencia, en las que se puede memorizar una señal obtenida de la fuente anteriormente seleccionada. La selección se realiza con el mando INTENS [2].

9.2.1.3 Guardar (referencia)

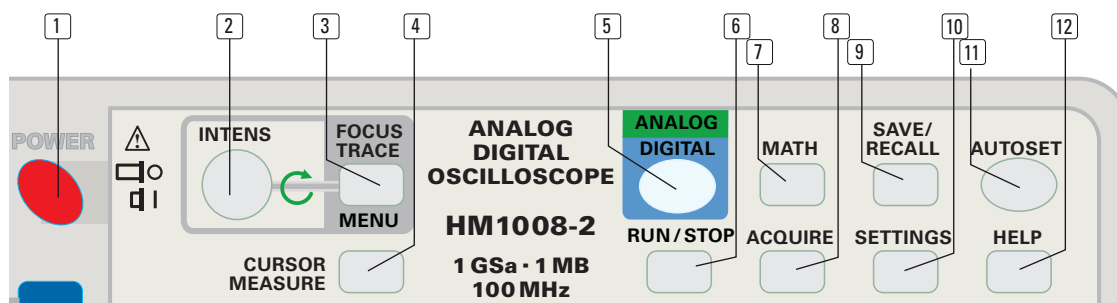
Pulsando "Guardar" se memoriza la señal de la fuente seleccionada a la memoria elegida.

9.2.2 Referencia: Indicaciones



Atención!

Al activar la presentación de la señal matemática, se desconecta/conecta de forma automática su presentación en pantalla, cuando se activa la señal de referencia.



9.2.2.1 Rex, ON OFF, parámetros

Con INTENS [2] se pueden seleccionar en este submenú 2 señales de referencia, que podrán ser presentadas individualmente o conjuntamente con las 2 señales activas.

9.2.2.2 REx

Al llamar esta función se puede seleccionar con el mando INTENS [2] la memoria de referencia que se desea seleccionar (RE1 hasta RE9).

9.2.2.3 ON OFF

Con la tecla se puede conmutar de ON a OFF y viceversa. En posición ON se presenta el contenido de la memoria de referencia, indicado al mismo tiempo en el margen derecho de la pantalla con REx (x para el número 1 a 9). Al conmutar a ON, se presenta un punto de menú adicional (parámetros).

Atención! Si ambas indicaciones de referencia están posicionadas en ON y los ajustes de las memorias de referencia son iguales (RE1, RE1), se presenta la señal dos veces en el mismo sitio, sin desplazamiento de posición de referencia.

9.2.2.4 Parámetros

Al pulsar la tecla con esta designación, el readout acepta los ajustes del osciloscopio, que, cuando se memorizó la señal, se guardaron en la memoria de referencia. Los parámetros de la señal pueden ser así nuevamente reconocidos. Las señales de referencia pueden ser también evaluadas, si no se cargaron los parámetros de ajustes correspondientes.

10 Tecla SETTINGS

Con Settings se abre el menú de ajuste de parámetros. Dependiendo del mod de funcionamiento, (osciloscopio en analógico o digital) contendrá diferentes submenús, a los que se podrá acceder, con las teclas de función correspondientes.

10.1 Language (Lenguaje)

En el submenú se puede seleccionar el idioma. Los textos de los menús y de ayuda están disponibles en idioma alemán, inglés, francés y español.

10.2 General

10.2.1 Tono de control ON OFF

En posición Off quedan desconectadas las señales acústicas (pitido), con las que se señalizan p. ej. los finales de una carrera de un mando.

10.2.2 Tono de error ON OFF

En posición OFF quedan desconectadas las señales acústicas (pitido), con las que se señalizan los errores de utilización de un mando.

10.2.3 Arranque rápido ON OFF

En posición OFF no se presentan el logotipo de Hameg, el tipo de

instrumento y el número de versión, disponiendo así del equipo para medir, en un espacio más breve de tiempo.

10.2.4 Menú OFF

Con el mando INTENS [2] se selecciona el tiempo durante el que queda presentado el menú en pantalla antes de auto desconectarse. Para abandonar el menú antes del tiempo preelegido, es suficiente pulsar la tecla MENU OFF [43].

En modo "MAN." (manual), se puede abandonar o finalizar el menú de la siguiente manera:

- Con la tecla de MENU OFF [43]
- Pulsando otra tecla
- Pulsar la tecla nuevamente, con la que se entró en el menú, conmuta un paso atrás en la herarquía de menú.

10.3 Conexión – interfaz

En este submenú se presentan los parámetros del interfaz conectado actualmente al osciloscopio, que pueden ser variados de forma habitual. Más información al respecto se encuentra en el apartado correspondiente a transferencia de datos, en este manual si el osciloscopio dispone del interfaz de origen. Si el interfaz ha sido sustituido por otro interfaz de sustitución opcional, se encontrará la información adicional en el CD adjunto al suministro de la opción correspondiente.

10.4 Indicación

Este submenú ofrece la posibilidad de elegir entre varios modos de presentación digital.

10.4.1 Puntos

Dependiendo de otros ajustes de equipo y de los parámetros de la señal de medida, se puede reconocer en este modo, que el muestreo en los osciloscopios digitales es en forma de puntos.

10.4.2 Vectores

Al contrario que en la presentación por puntos, se establecen aquí conexiones lineales entre los diferentes puntos. también concierne a las condiciones, en las que sólo se puede presentar un número pequeño de puntos. Entonces se interpolan puntos adicionales y se presentan todos los puntos interlineados.

10.4.3 Óptimo

En este modo de presentación, se evitan las presentaciones Alias. Inicialmente se muestrean las señales a capturar con una frecuencia de muestreo superior al que normalmente quedaría preestablecido por el coeficiente de desvío de tiempo y la profundidad de la memoria de presentación. Esto se posibilita gracias a la memoria de 1Mbyte por señal, en los que se encuentran más muestras de las necesitadas. Las muestras se evalúan antes de pasar a ser presentadas en pantalla, presentándose el mayor valor mínimo y máximo (1Mbyte (memoria) dividido por 2kByte (presentación), resultando 500 muestras de las cuales se presenta la muestra con mayor variación). Después de obtener las muestras que se van a presentar, se presentan con vectores, como descrito bajo el punto 10.4.2

En el modo de presentación "Óptimo", se obtiene una presentación con mayor ruido, ya que se presentan los mayores valores mínimos y máximos.



Atención!

Al trabajar en modo Óptimo, se obtiene una presentación en pantalla con mayor ruido, ya que se presentan los valores mayores de mínima y máxima.

10.4.4 Estado Captura AUTO OFF

En posición AUTO, en modo de disparo Normal o disparo Único y con un tiempo de espera mayor a 1 segundo, se presenta primero el tiempo de disparo en % hasta alcanzar el 100% y posteriormente el intervalo de tiempo en el que el osciloscopio espera a un evento de disparo. Con coeficientes de tiempo pequeños (TIME/DIV.), sólo se verá el tiempo de espera, a causa del intervalo de tiempo corto necesario hasta alcanzar el valor de predisparo del 100%.

10.5 Autocalibrado

Esta tecla de función lleva al submenú "Ajustes por autocalibrado". Si no hay conectada ninguna señal al osciloscopio, se puede iniciar un ajuste automático con la tecla de función "Start". Puede interrumpirse el proceso de forma prematura, mediante la tecla MENU OFF [43].

El ajuste automático, optimiza el comportamiento del osciloscopio, bajo la temperatura de trabajo actual. El proceso de autocalibración, no deberá ser ejecutado antes de pasar 30 min. de funcionamiento.

[11] Tecla AUTOSET

AUTOSET genera un ajuste automático de los mandos del osciloscopio, referenciado a la señal acoplada (ver AUTOSET), en especial a la posición del trazo, amplitud de la señal y ajuste de la base de tiempos (en modo FFT se obtienen parámetros optimizados). No genera una conmutación del modo analógico a digital o viceversa. Trabajando en modo de tester de componentes, (modo de funcionamiento en analógico), XY analógico o modo de suma de señales, el AUTOSET conmuta a modo DUAL. Funcionando en modo DUAL, CH1 o CH2 no se efectúa un cambio de modo de funcionamiento. Los modos de captura posibles en modo digital Roll, Envolvente y Valor mediado son desconectados por AUTOSET y el funcionamiento queda en modo Normal. Al pulsar la tecla AUTOSET, se ajusta la luminosidad del trazo a un valor medio, si anteriormente quedaba ajustada por debajo de ese valor. Si se visualizaba un menú, AUTOSET cerrará el menú. AUTOSET queda sin efecto, si se está presentando un texto de ayuda.



AUTOSET se puede y se debería utilizar durante el modo de funcionamiento de FFT, para evitar ajustes erróneos.

[12] Tecla HELP

Al pulsar la tecla HELP se presenta un menú y al mismo tiempo queda desconectada la presentación de la señal.

Con el menú visible, el texto de ayuda se refiere al punto de menú o de submenú actualmente visible. Si se actúa sobre un mando giratorio, se presenta también para este un texto de ayuda. Para salir del texto de ayuda presentado, se deberá pulsar nuevamente la tecla de HELP.

[13] POSITION 1 (Mando giratorio)

Este mando es responsable para ajustar varias funciones. Estas funciones son independientes del modo de funcionamiento, del ajuste de la tecla de función para CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] y el punto de menú activado.

13.1 Y-Position

13.1.1 Y-Position – canal 1 (modo analógico y digital)

Con POSITION 1 se puede ajustar la posición Y de CH1, cuando se trabaja en modo de funcionamiento Yt (base de tiempos) y no se ilumina la tecla de CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15].

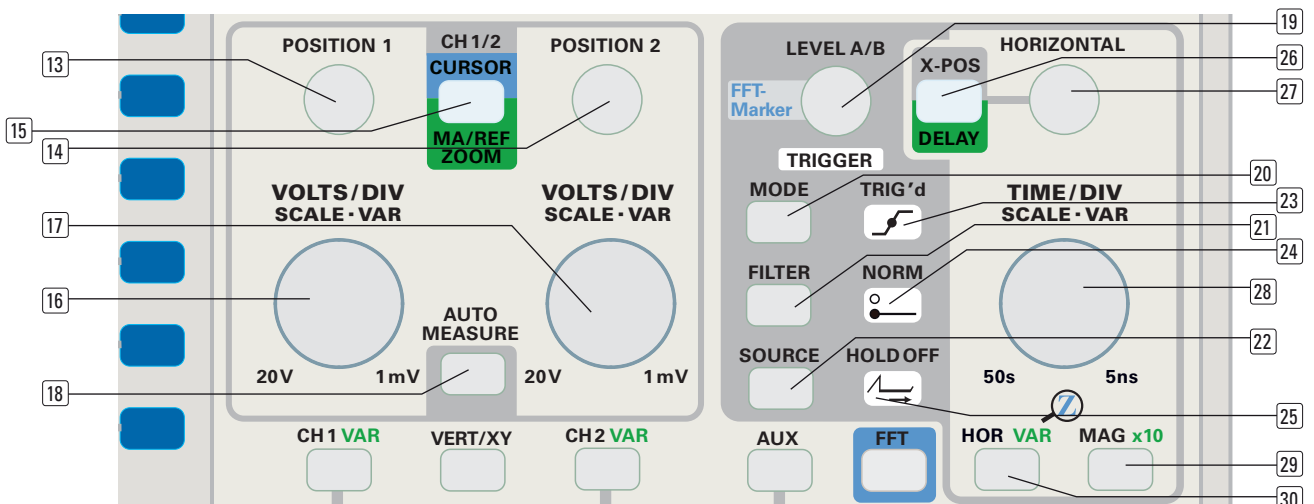
13.1.1.1 Posición Y de la indicación FFT (sólo en modo digital) medido en canal 1

Con la posición 1 se puede ajustar la posición vertical de la presentación de la señal FFT (espectro), el indicador de referencia de la FFT (símbolo flecha en el margen izquierdo) y la marca FFT (símbolo X).

13.1.2 Posición de la señal de referencia (modo digital)

El mando de POSITION 1 sirve para ajustar la posición vertical de las señales contenidas en la memoria de referencia. Las condiciones son:

- Se deberá estar presentando una señal de referencia (tecla SAVE/RECALL [9] >INDICACIONES DE REFERENCIA > [campo superior] REx [x= número de memoria]; seleccionar con el mando INTENS) ON (con o sin "parámetros").
- Después de pulsar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] se deberá haber seleccionado Math./Ref. (tecla se ilumina de color verde).



El mando POSITION 2 sirve también como posicinador vertical de señales contenidas en la memoria de referencia, si se han cumplido las condiciones anteriormente especificadas y si en el campo inferior de referencia queda activada indicaciones (ON).

13.1.3 Posición de la señal matemática (modo digital)

El mando POSITION 1 sirve para posicionar el trazo correspondiente a la señal matemática, en dirección vertical Y, si después de pulsar la tecla MATH [7] (matemática >Indicaciones [campo superior]) se elige con el mando INTENS [2] una de las ecuaciones (MA1 ... MA5), se accionó la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] y se eligió Math./Ref. (la tecla se ilumina de color verde).

El mando POSITION 2 sirve también como posicinador vertical de señales contenidas en la memoria de referencia, si se han cumplido las condiciones anteriormente especificadas y si en el campo inferior de matemática queda activada indicaciones (ON).

13.1.4 Y-Position – Segunda base de tiempos (modo analógico)

Con el mando POSITION 1 se puede separar, la posición Y de la base de tiempos B, de la señal presentada, durante la presentación en modo alternado de la base de tiempos, para poder diferenciarla/separarla de la señal presentada por la base de tiempos A (trace separation = Separación de trazos). Para ello se deberá estar en funcionamiento de "Buscar" (tecla HORVAR [30] Buscar) y después de pulsar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15], se deberá haber elegido Zoom (iluminándose entonces la tecla en verde).

13.1.5 Y-Position – ZOOM (modo digital)

El mando de POSITION 1 permite las variaciones de posicionamiento Y de la señal expandida con la función ZOOM, para separarla de la presentación de la base de tiempos de A (separación de trazas). Para ello se deberá estar en la función de "Buscar" (modo alternado de la base de tiempos A/B) (tecla HORVAR [30] >Buscar) y después de pulsar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15], se deberá haber elegido la función ZOOM. (iluminándose la tecla en verde).

13.2 X-Position en modo XY (canal 1)

(modo analógico y digital)

Con POSITION 1 se puede ajustar la posición horizontal de CH1, funcionando en modo XY y si no se ilumina la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15].



Anotación:

En modo XY se puede realizar el ajuste del posicionamiento X también con el mando HORIZONTAL [27]

13.3 CURSOR – Position (modo analógico y digital)

El mando de POSITION 1 [13] puede ser utilizado como mando para ajustar el posicionamiento de los cursores, si la función de cursores está activada (pulsar tecla CURSOR-MEASURE [4]) y se selecciona, después de pulsar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15], cursor o cur.track (iluminándose la tecla en azul).



Atención!

La función de "Cur.Track" sólo es utilizable, si se presentan 2 cursores. Entonces se pueden desplazar los cursores al mismo tiempo (tracking = seguimiento), sin que varíe la distancia entre ellos.

[14] POSITION 2 (mando giratorio)

Este mando giratorio sirve como ajuste para muchas funciones. Estas dependen del modo de funcionamiento, del ajuste

de la función de la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15], y del punto de menú activado.

14.1 Posición Y

14.1.1 Posición Y – canal 2 (Modo analógico y digital)

Con POSITION 2 se puede ajustar la posición Y del CH2, cuando se está en modo de funcionamiento de Yt (base de tiempos) y no se ilumina la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15].

14.1.1.1 Posición Y de la indicación FFT (sólo en modo digital) medidi en canal 2

Con la posición 2 se puede ajustar la posición vertical de la presentación de la señal FFT (espectro), el indicador de referencia de la FFT (símbolo flecha en el margen izquierdo) y la marca FFT (símbolo X).

14.1.2 Posición de la señal de referencia (modo digital)

El mando de ajuste POSITION 2 se utiliza aquí para el desplazamiento vertical de la señal guardada en la memoria de referencia. Las condiciones son:

- Deberá presentarse una señal de referencia (tecla de SAVE/RECALL [9] > Referencia Presentaciones > [campo superior] REx [x = puesto de la memoria; seleccionar con el mando de INTENS [2] > ON (con o sin "ajustes correspondientes").
- Después de accionar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] se deberá seleccionar la tecla >MATH./REF. (la tecla se ilumina en verde).

14.1.3 Posición de la señal matemática. (modo digital)

El mando de POSITION 2 sirve para posicionar verticalmente las señales matemáticas con el mando de INTENS, cuando se eligió una ecuación (MA1...MA5) y después de pulsar la tecla MATH [7] (situada en el campo superior), se pulso la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] y se seleccionó Math/Ref. (la tecla se ilumina en verde).

14.2 Posición Y en modo de funcionamiento de XY (canal 2) (modo analógico y digital)

Con POSITION 2 se puede ajustar la posición X (horizontal) de CH2, cuando se trabaja en modo XY y no se ilumina la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15].

14.3 Posición de los cursores

(modo analógico y digital)

El mando de POSITION 2 [14] puede utilizarse para ajustar la posición de los cursores, si se ha activado la presentación de los cursores (pulsar tecla CURSOR-MEASURE [16]) y después de pulsar la tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15] se seleccionó Cursors o Cur. Track (la tecla se ilumina en azul).



Atención! La función de "Cur.Track" sólo es utilizable, si se presentan 2 cursores. Entonces se pueden desplazar los cursores al mismo tiempo (tracking = seguimiento), sin que varíe la distancia entre ellos.

[15] Tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM

Después de acceder al menú con esta tecla, se puede seleccionar, dependiendo del funcionamiento actual, la función que deben tener los mandos de POSITION 1 [13], POSITION 2 [14] y VOLTS/DIV. [16] [17]. Con funciones matemáticas y de referencia también es válido en la función de Y-Position, que se regula con los mandos giratorios de VOLTS/DIV. [16] [17].

La tecla señaliza la función actual correspondiendo al serigrafado de la carátula frontal:

- Oscuro = Mando de ajuste de la posición Y y de los coeficientes de desvío para el canal 1 y/o el canal 2.
- Azul = Mando para el posicionamiento de los cursores
- Verde = Mando de ajuste de la posición Y y de los coeficientes de desvío para:
 Señal(es) matemática(s)
 Señal(es) de la memoria(s) de referencia
 Señal(es) de ZOOM o de la base de tiempos B

16 Mando VOLTS/DIV – SCALE-VAR

El mando actúa con el canal 1 y alberga varias funciones.

16.1 Ajuste de los coeficientes de desvío

Esta función queda activada cuando no se ilumina la tecla CH1 VAR 31.

Al girar el mando hacia la izquierda aumenta el coeficiente de desvío; girándolo a la derecha disminuye el coeficiente. Así se pueden ajustar coeficientes de desvío desde 1 mV/div. hasta 20V/div, siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. El coeficiente de desvío queda presentado en el readout (p.ej. "CH1:5mV...") y está calibrado. Dependiendo de la selección de los coeficientes de desvío, la señal se presentará con más o menos amplitud.



Atención!

El ajuste de los coeficientes de desvío también queda activo, si no se presenta el canal 1, porque se trabaja en modo de monocanal a través de canal 2. El canal 1 puede ser utilizado como entrada de señal para el disparo interno.

16.2 Ajuste variable (fino)

La activación de esta función se realiza por la tecla CH1 VAR 31, y posicionar en "On" la tecla de función "Variable" en el menú de CH1. Entonces se ilumina la tecla CH1 VAR 31 y señaliza así, que el mando giratorio de VOLTS/DIV-SCALE-VAR 16 actúa como mando de Variable. A continuación se puede variar de forma continua el coeficiente de deflexión entre los valores de 1 mV/cm y >20V/Div y con ello varía la altura de presentación de la señal presentada. El readout presenta entonces el coeficiente de desvío con un el signo ">" como descalibrado, en vez del ":" para calibrado (p.ej. "CH1 > 5mV...") y muestra de esta manera que el coeficiente de desvío no está en su posición calibrada. Los resultados de las mediciones mediante cursores se identifican de la misma manera.

Si en el menú CH1 se selecciona Variable en Off, el coeficiente de desvío está en su posición calibrada, la tecla CH1 VAR 31 no se ilumina y el mando giratorio VOLTS/DIV-SCALE-VAR 16 conmuta el coeficiente de desvío en secuencias de 1-2-5.

16.3 Escala de la presentación FFT (sólo en modo digital)

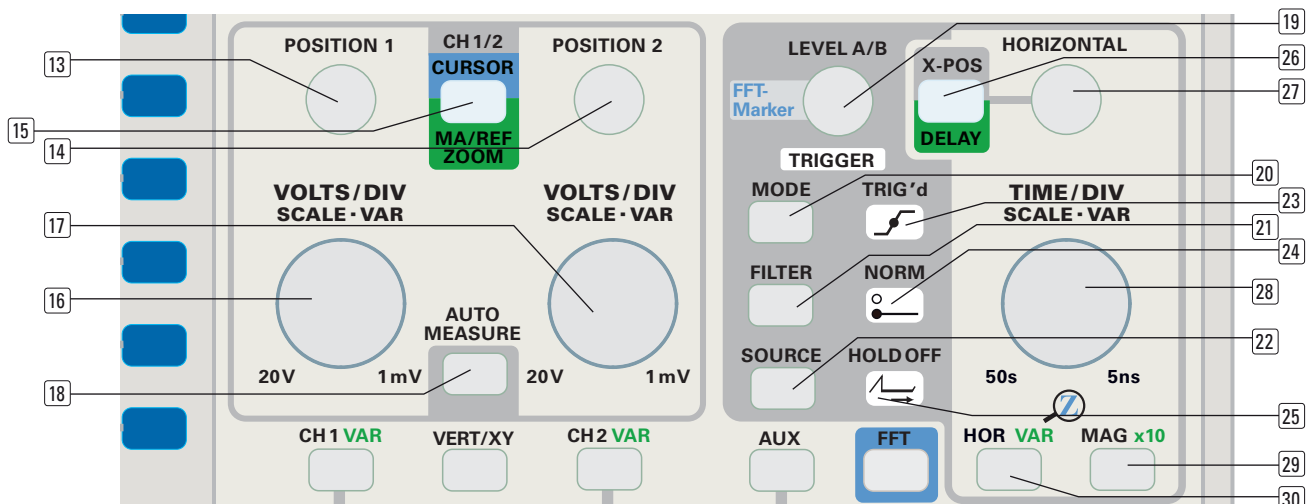
16.3.1 Comentarios previos

Para evitar una presentación errónea de espectro de frecuencia en FFT, se deberá comprobar antes de conmutar a modo FFT, si la presentación en Yt es idónea para el cálculo a FFT. Es decir, el posicionamiento del mando de la base de tiempos (frecuencia de muestreo) debe permitir la presentación de por lo menos un periodo completo de señal, y por otra parte tampoco debe de ser demasiado baja, para que no pueda aparecer Aliasing – la presentación de señales Alias. Las condiciones para señales complejas se centran en "por lo menos un periodo de señal" de la frecuencia de señal más baja que pueda aparecer en la señal completa. La amplitud de la señal debería encontrarse entre 5mm (0,5div.) y 8cm (8div.). Con presentaciones de señal >8cm (8div.) y que sobrepasan los límites del reticulado, se corre el riesgo de alcanzar los límites del convertidor A/D, de forma que se digitalizan señales limitadas en un sentido o deformadas en forma de rectángulo, por lo que se muestran entonces espectros adicionales, que en realidad no aparecen en la señal de origen. El readout avisa cuando se detecta una frecuencia de muestreo posiblemente demasiado baja, en la parte derecha inferior con la indicación "ALS?"; con sobreexcitación del convertidor A/D se presentaría "overrange ±".

Estos problemas se pueden evitar, si antes de conmutar a modo FFT o durante el modo FFT, se pulsa la tecla AUTOSET 11.

16.3.2 Escala (sólo en modo digital)

En modo FFT, el mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR 16 varía sólo la escala de la presentación del espectro; es decir, los espectros (también el ruido) se presenta después de conmutar de 20dB/cm a 10dB/cm con doble amplitud. El coeficiente de desvío Y seleccionado anteriormente en modo Yt, no varía. Si se ha seleccionado en el menú FFT dBV, se conmuta con el mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR 16 de 10dB/cm a 500dB/cm en secuencia de 1-2-5; con $V_{(rms)}$ en secuencia 1-2-5 desde 5mV/cm hasta 20V/cm. Los límites de la escala dependen del posicionamiento actual de la base de tiempos. Se deberá tener en cuenta, que a diferencia de la presentación de señal habitual en los modos Yt y XY, no se visualizan valores pico a pico, si no valores eficaces.



17 Mando VOLTS/DIV – SCALE-VAR

Este mando actúa sobre el canal 2 y contiene varias funciones.

17.1 Ajuste de los coeficientes de deflexión

Se dispone de esta función, cuando no se ilumina VAR en la tecla CH2 VAR **33**.

Al girar el mando hacia la izquierda aumenta el coeficiente de desvío; girándolo a la derecha disminuye el coeficiente. Así se pueden ajustar coeficientes de desvío desde 1mV/div. hasta 20V/div, siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. El coeficiente de desvío queda presentado en el readout (p.ej. "CH2:5mV...") y está calibrado. Dependiendo de la selección de los coeficientes de desvío, la señal se presentará con más o menos amplitud.



Atención! El ajuste de los coeficientes de desvío también queda activo, si no se presenta el canal 2, porque se trabaja en modo de monocanal a través de canal 1. El canal 2 puede ser utilizado como entrada de señal para el disparo interno.

17.2 Ajuste variable (fino)

La activación de esta función se realiza por la tecla CH2 VAR **33** y seleccionando en el menú CH2 "variable" con la tecla de función a ON. Entonces se ilumina la tecla CH2 VAR **33** y señala de esta forma que el mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR **17** actúa como ajuste de Variable. A continuación se puede variar de forma continua el coeficiente de deflexión mediante el mando de VOLTS/DIV-SCALE-VAR, entre los valores de 1 mV/cm y >20V/Div y con ello varía la altura de presentación de la señal presentada. A continuación se puede variar de forma continua el coeficiente de deflexión entre los valores de 1 mV/cm y >20V/Div y con ello varía la altura de presentación de la señal presentada.

El readout presenta entonces el coeficiente de desvío con un el signo ">" como descalibrado, en vez del ":" para calibrado (p.ej. "CH1 > 5mV...") y muestra de esta manera que el coeficiente de desvío no está en su posición calibrada. Los resultados de las mediciones mediante cursores se identifican de la misma manera.

Si en el menú CH2 se selecciona Variable en Off, el coeficiente de desvío está en su posición calibrada, la tecla CH2 VAR **33** no se ilumina y el mando giratorio VOLTS/DIV-SCALE-VAR **16** conmuta el coeficiente de desvío en secuencias de 1-2-5.

17.3 Escala de la presentación FFT (Sólo en modo digital)**17.3.1 Comentarios previos**

Para evitar una presentación errónea de espectro de frecuencia en FFT, se deberá comprobar antes de conmutar a modo FFT, si la presentación en Yt es idónea para el cálculo a FFT. Es decir, el posicionamiento del mando de la base de tiempos ((frecuencia de muestreo) debe permitir la presentación de por lo menos un periodo completo de señal, y por otra parte tampoco debe de ser demasiado baja, para que no pueda aparecer Aliasing – la presentación de señales Alias. Las condiciones para señales complejas se centran en "por lo menos un periodo de señal" de la frecuencia de señal más baja que pueda aparecer en la señal completa. La amplitud de la señal debería encontrarse entre 5mm (0,5div.) y 8cm (8div). Con presentaciones de señal > 8cm y que sobrepasan los límites del reticulado, se corre el riesgo de alcanzar los límites del convertidor A/D, de forma que se digitalizan señales limitadas en un sentido o deformadas en forma de rectángulo, por lo que se muestran entonces espectros adicionales, que en realidad no aparecen en la señal de origen. El readout avisa cuando se detecta una frecuencia de muestreo

posiblemente demasiado baja, en la parte derecha inferior con la indicación "ALS?"; con sobreexcitación del convertidor A/D se presentaría "overrange ±".

Estos problemas se pueden evitar, si antes de conmutar a modo FFT o durante el modo FFT, se pulsara la tecla AUTOSET **11**.

17.3.2 Escala (sólo en modo digital)

En modo FFT, el mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR **17** varía sólo la escala de la presentación del espectro; es decir, los espectros (también el ruido) se presenta después de conmutar de 20dB/cm a 10dB/cm con doble amplitud. El coeficiente de desvío Y seleccionado anteriormente en modo Yt, no varía.

Si se ha seleccionado en el menú FFT dBV, se conmuta con el mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR **17** de 5dB/cm a 500dB/cm en secuencia de 1-2-5; con V(rms) en secuencia 1-2-5 desde 5mV/cm hasta 20V/cm. Los límites de la escala dependen del posicionamiento actual de la base de tiempos. Se deberá tener en cuenta, que a diferencia de la presentación de señal habitual en los modos Yt y XY, no se visualizan valores pico a pico, si no valores eficaces (V_{rms}).

18 Tecla AUTO MEASURE

En modo XY, FFT o comprobador de componentes no queda disponible la función AUTO MEASURE

Si AUTO MEASURE estaba desactivado, se vuelve a activar con la tecla AUTO MEASURE y se presentan los resultados de medida de AUTO MEASURE en el readout, arriba a la derecha, por debajo de las informaciones de disparo.

Una nueva pulsación sobre la tecla AUTO MEASURE, llama el menú "Medición" y un menú de selección. Además se ilumina la tecla FOCUS TRACE MENÚ **3** de forma constante señalizando, que el mando de INTENS **2** alberga una función, que queda relacionada con el punto de menú seleccionado "Medición".

Los resultados de medida de la función AUTO MEASURE se presentan por readout en pantalla, arriba a la derecha, una línea por debajo de la información de la fuente de disparo, flanco de disparo y acoplamiento de disparo.

Dependiendo del modo de funcionamiento, se pueden seleccionar en este menú varios modos de medidas automáticas, que se refieren a la señal de disparo.

Como norma general, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- Al realizar mediciones de frecuencia y duración de periodos, se deberán cumplir las condiciones de disparo. Para las señales por debajo de 20Hz, se deberá trabajar en modo de disparo Normal. Atención! Las señales de muy baja frecuencia precisan un tiempo de medida de varios segundos.
- Para poder capturar tensiones continuas o las porciones de señales continuas de mezclas de señales, se deberá estar trabajando en acoplamiento de entrada en DC, del canal, en el que se tiene conectada la señal a medir y por la misma razón se deberá estar trabajando en modo de acoplamiento de disparo en DC.

También se deberá tener en cuenta:

- En base al margen de frecuencia del amplificador de disparo, se reduce la precisión de medida en frecuencias más elevadas.

- En referencia a la presentación de la señal hay variaciones, ya que los márgenes de frecuencia de los amplificadores de medida Y y de disparo varían.
- Al medir tensiones alternas de muy baja frecuencia (<20Hz), la presentación sigue la tensión.
- Al medir tensiones en forma de pulsos aparecen variaciones en el valor de medida presentado. La magnitud de la variación depende de la relación de la frecuencia de la señal a medir y del flanco de disparo seleccionado.
- Para evitar errores de medida, la señal presentada en pantalla, deberá encontrarse dentro de los márgenes limitados por la reticulación de pantalla, es decir, no podrá sobreexcitarse el amplificador de medida.
- Cuando la función Variable está activada, el coeficiente de desvío y/o la base de tiempos quedan en posiciones descalibradas. La presentación por readout muestra esta situación con el signo ">".

**Atención!**

Para evitar errores de medición, se aconseja realizar las mediciones de señales complejas con cursores.

18.1 Modo de medida

Al estar activada esta función, se puede seleccionar un modo de medida de los que aparecen en la ventana con el mando giratorio INTENS [2]. En la mayoría de los casos, se muestra la unidad correspondiente al seleccionar el modo de medida deseado. La función de cada uno de los modos de medida es autoexplicativo.

En modo digital se evalúan las señales digitalizadas en "frecuencia de la señal" y "periodo de la señal" y no la señal de disparo. Por esta razón, se deberá seleccionar el coeficiente de tiempo de manera, que se presente por lo menos un periodo completo de la señal.

18.2 Referencia

18.2.1 Con "Tr" se señala, que la señal de disparo sirve como referencia. Si por ejemplo la señal conectada al canal 1 sirve como señal de disparo (disparo interno) el valor de medida presentado se referirá a esta señal.

18.2.2 Con CH1 o CH2 se señala la fuente de la señal de disparo, cuya señal se está evaluando. Si se visualiza el símbolo

del mando giratorio, se puede elegir la fuente de disparo con el mando INTENS. [2].

18.3 Off

Al pulsar la tecla de función "Off", se desconecta AUTO MEASURE y la presentación de su menú.

Para salir del menú, sin pulsar AUTO MEASURE, se deberá pulsar la tecla de MENU OFF [43]

[19] Mando LEVEL A/B – FFT-Marker

Este mando alberga varias funciones en modo Yt y Yf (FFT).

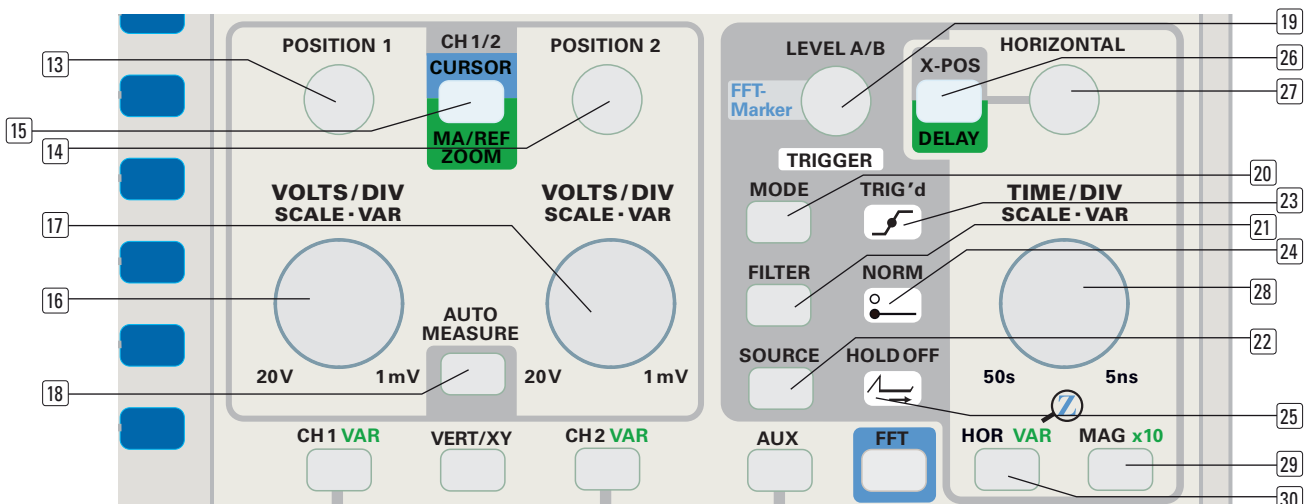
19.1 Modo Yt

Con el mando LEVEL se puede seleccionar el punto de disparo, es decir la tensión, la que debe sobrepasar una señal de disparo, para iniciar un proceso de desvío de tiempo (barrido) o para finalizar en modo digital una captura. En la mayoría de los modos de funcionamiento en Yt se presenta en el readout un símbolo, cuya posición vertical muestra el punto de disparo referido a la presentación de la señal. El símbolo del punto de disparo se "aparca" en los modos de funcionamiento sobre la segunda línea inferior reticulada, en la que no existe una relación directa entre señal de disparo y punto de disparo (sólo en modo digital).

Si se varía el ajuste de LEVEL, varía también la posición del símbolo del punto de disparo en el readout, si se está trabajando en modo de disparo normal (manual). En combinación con el disparo automático sobre picos, (activa en modo de acoplamiento de disparo en AC) se deberá tener acoplada una señal, ya que el símbolo del punto de disparo y con ello el punto de disparo, sólo se puede posicionar dentro de los límites de los valores de vértices de la señal.

La variación se realiza en dirección vertical. Para evitar, que el símbolo del punto de disparo tape otras informaciones de readout, se limita el margen de presentación en pantalla para este símbolo. Al cambiarse la forma del símbolo se señala la dirección en la cual el punto de disparo ha dejado la reticulación de medida de la pantalla.

Sólo en modo analógico: Según el modo de funcionamiento de la base de tiempos seleccionado, el mando para el ajuste del punto de disparo, se refiere a la base de tiempos A o a la base de tiempos B. El modo de funcionamiento de la base de tiempos se puede seleccionar después de pulsar la tecla HOR VAR [30] en el menú base de tiempos. Trabajando en modo de "buscar" (modo alternado de la base de tiempos A y B) y sólo



en modo de base de tiempos B, se mantiene el último ajuste de LEVEL seleccionado en la base de tiempos A (margen izquierdo), si se conmuta la base de tiempos B a modo sincronizado (menú de base de tiempos: disparo B en pendiente ascendente o descendente). Entonces el mando de LEVEL A/B se utiliza para el ajuste del punto de disparo de la base de tiempos B y se presenta un segundo símbolo de punto de disparo, al cual se le referencia la letra B.

19.2 Modo FFT

Con el botón de FFT-Marker se puede deslizar la marca (símbolo "X") a lo largo del margen de frecuencia presentado en pantalla. La marca sigue el espectro presentado. Al mismo tiempo, el readout presenta la frecuencia sobre la que se encuentra la marca, con "MX:xxxMHz" y el nivel con "MY:xxdB" o "MY:xxxV".

20 Tecla MODE

Al pulsar esta tecla se accede al menú de "disparo", en el que se puede elegir entre los modos de disparo de AUTO, NORMAL y SINGLE (único). Con "Pendiente" se puede disparar sobre todo tipo de señales. En modo "Vídeo" y si se pulsa la tecla de FILTER [21], se dispone de varias posibilidades de disparo, utilizables para señales video compuestas de contenido de imagen e impulsos de sincronismos.

Sólo en modo digital se presenta "Lógico". Con ayuda de esta opción, se pueden sincronizar las señales lógicas de forma comfortable. Los ajustes necesarios para acceder, se describen bajo los apartados de FILTER [21] y SOURCE [22].

En modo de funcionamiento XY quedan sin efecto las teclas de MODE [20], FILTER [21] y SOURCE [22], ya que las presentaciones en modo XY no son sincronizadas.

20.1 AUTO

Se trabaja en disparo automático (Auto), cuando no se ilumina la indicación NORM [24]. En modo AUTO, se inicia el desvío de tiempo (modo analógico) o la captura de la señal (modo digital) mediante la circuitería automática de disparo de forma periódica, incluso sin tener una señal de disparo o cuando se tienen unos ajustes inadecuados para el disparo. Las señales con una frecuencia inferior a la frecuencia de repetición del automatismo de disparo, no pueden ser representadas de forma sincronizada. La base de tiempos o la captura de señal ya se ha iniciado entonces gracias al automatismo de disparo, antes que la señal lenta haya cumplido las condiciones de disparo. El disparo automático puede ejecutarse con o sin captura de valores de pico. En ambos caso se ajusta con el mando LEVEL A/B [19].

En modo de disparo sobre valores de pico, se limita el margen de ajuste del mando LEVEL A/B [19], con el valor de vértice positivo o negativo de la señal de disparo. Si se dispara sobre valores de pico, el margen de ajuste de LEVEL ya no es dependiente de la señal de disparo y puede ser ajustada demasiado elevada o baja. En este caso el automatismo de disparo se ocupa de que se siga presentando una señal; pero esta, se presenta de forma desincronizada (sin disparo).

Que el disparo sobre valores de pico sea o no eficaz, depende del modo de funcionamiento y del filtro FILTER (acoplamiento de disparo) seleccionado. Sólo en modo de acoplamiento de disparo en AC actúa el modo de disparo sobre valores pico. La situación correspondiente se reconoce por la reacción del símbolo del punto de disparo, al modificar el ajuste del mando LEVEL.

20.2 Normal

En combinación con el disparo NORMAL, se ilumina el NORM-LED [24].

Trabajando en modo de disparo Normal, quedan desconectados el automatismo de disparo y el de disparo sobre valores de pico. Si no se dispone de una señal de disparo o si el ajuste de LEVEL es inadecuado, no se visualiza ningún desvío de tiempo en modo analógico (no se presenta ni el trazo). En modo digital, no se efectúa ninguna captura de señal, a no ser que se esté trabajando en modo "rol".

Al contrario que en el modo de disparo AUTO, se puede, como queda desconectado el automatismo de disparo, presentar señales de muy baja frecuencia de forma sincronizada. En modo digital se mantiene la última captura, mientras no se varíe el último ajuste realizado en el osciloscopio, para p.ej. realizar la lectura de la señal capturada por el interfaz.

20.3 SINGLE

En posición SINGLE se pueden iniciar por el disparo eventos únicos de desvío de tiempo (modo analógico) o procesos de captura únicos (modo digital). El disparo AUTO queda desconectado, parpadea la tecla RUN/STOP y se ilumina el NORM-LED [24] mientras no se haya realizado una captura completa. Se puede obtener información adicional a este punto, en las descripciones correspondientes a la tecla de RUN/STOP [6].

21 Tecla FILTER

El menú que se presenta después de pulsar esta tecla, depende del ajuste seleccionado con MODE [20] (pendiente, video o lógico). En modo XY quedan sin funcionamiento las teclas de MODE [20], FILTER [21] y SOURCE [22], ya que las presentaciones XY se efectúan sin disparo.

21.1 Menú: Pendiente (de disparo)

Estando seleccionado el ajuste de PENDIENTE en el menú de disparo, que deberá seleccionarse mediante (MODE [20] y si se acciona la tecla FILTER, se obtiene en pantalla la presentación del menú PENDIENTE. Se obtiene más información en el párrafo de "Acoplamiento de disparo (Menú: FILTER) bajo "Disparo y deflexión de tiempo" y de la hoja de datos técnicos del osciloscopio. Se pueden seleccionar los siguientes ajustes:

21.1.1 Trig.Filter

AC La señal de disparo llega con un acoplamiento de tensión alterna y a través de un condensador relativamente grande al automatismo de disparo, para alcanzar una frecuencia límite inferior, lo más baja posible. El disparo sobre valores pico está activado.

Readout: "Tr: fuente, pendiente, AC"

DC Acoplamiento en DC de la señal de disparo. El disparo sobre valores de pico queda desactivado.

Readout: "Tr: Fuente, pendiente, DC".

HF Acoplamiento en alta frecuencia con un condensador relativamente pequeño, por lo que se suprimen porciones de señal de baja frecuencia. A causa del acoplamiento de disparo en AF, ya no son idénticos la presentación de la señal y la señal de disparo. Por esta razón se aparca el símbolo del punto de disparo en un sitio fijo Y (modo digital) y este no puede desplazarse en Y con el mando de LEVEL A/B [19], aunque se desplace el punto de disparo. En modo analógico no se presenta el símbolo del punto de disparo. El disparo sobre valores pico está desactivado.

Readout: "Tr: Fuente, pendiente, HF".

LF Acoplamiento de la señal de disparo a través de un filtro de paso bajo, para la supresión de porciones de señal de alta frecuencia. Como el acoplamiento de LF reduce en si misma ya las partes de las señales que contienen alta frecuencia, se posiciona de forma automática la supresión de ruidos en "OFF". El disparo sobre valores pico está desactivado.

Readout: Tr: Fuente, pendiente, AC o DC, LF"

Supr. de ruido

La supresión de ruido proporciona una frecuencia límite superior más baja del amplificador de disparo y con ello un ruido inferior de la señal de disparo.

Readout: "Tr: Fuente, pendiente, AC o DC, Nr".

21.1.2 Pendiente

La elección de la pendiente (SLOPE) determina, si la pendiente de la señal debe ser de subida o de bajada, para que la señal de disparo (tensión de disparo) inicie el disparo de la base de tiempos o de captura de señal, cuando esta alcance el valor de tensión de referencia, que ha sido ajustado previamente con el mando de LEVEL A/B [19].

En posición de AMBOS, cualquiera de las pendientes inicia el disparo y posibilita así p.ej. la indicación de diagramas oculares. Cuando se trabaja en modo de captura de eventos únicos "SINGLE", el ajuste ambos permite que el disparo se realice con un evento independiente de la pendiente de disparo.

21.2 Menú: video

Con el ajuste seleccionado en VIDEO, en el menú de TRIGGER, que se llama mediante MODE [20] y si se ha pulsado la tecla FILTER, se presenta el menú VIDEO. Más información se obtiene bajo el párrafo de "Video (disparo sobre TV) en el apartado de "Disparo y deflexión de tiempo" y también en la hoja de características técnicas del propio osciloscopio. Se pueden seleccionar los siguientes ajustes:

21.2.1 Imagen Cuadro

Dependiendo del ajuste seleccionado en el momento, se obtiene un disparo sobre los impulsos de sincronismo de cuadro o de imagen. Al seleccionar a un tipo de sincronismo, varían también otros puntos de menú.

Readout: "Tr: Fuente, TV"

21.2.1.1 Imagen

- **Todos:** Los impulsos de sincronismo de imagen de cada media imagen, pueden iniciar la base de tiempos.
- **Pares:** Sólo los impulsos de sincronismo de imagen de imágenes pares, pueden iniciar la base de tiempos.

- **Impares:** Sólo los impulsos de sincronismo de imagen de imágenes impares, pueden iniciar la base de tiempos.

21.2.1.2 Línea

- **Todos:** Los impulsos de sincronismo de línea de cualquier línea, pueden iniciar la base de tiempos.
- **Número de línea:** Mediante el mando de INTENS se puede determinar el número de la línea cuyo impulso sincrónico deberá iniciar la base de tiempos.
- **Línea mín:** Mediante la pulsación sobre una tecla se conmuta al número más bajo de línea.

21.2.2 Norm

La tecla de función permite la selección entre señales de video con 525 líneas y una frecuencia de (semi-) imagen de 60 Hz (p.ej. NTSC) o 625 líneas y frecuencia de (semi-)imagen de 50 Hz (p.ej. PAL). Al efectuar la conmutación, varía automáticamente el "número de línea".

21.2.3 Polaridad

Las señales de video pueden tener polaridad positiva o negativa. El término de polaridad describe la posición del contenido de la imagen y del contenido de las líneas, referente a los impulsos sincrónicos. Esto es de importancia para el disparo, ya que la base de tiempos no debe ser iniciada por el contenido de imagen, si no por los impulsos de sincronismo, los cuales no varían como el contenido de la imagen.

Con polaridad positiva, los valores de tensión del contenido de imagen son más positivos que los valores de tensión de los impulsos de sincronismo con la polaridad negativa es justamente al revés.

Al trabajar con un ajuste de polaridad erróneo, se obtiene una presentación de la señal sin sincronismo o simplemente no se obtiene ninguna señal.

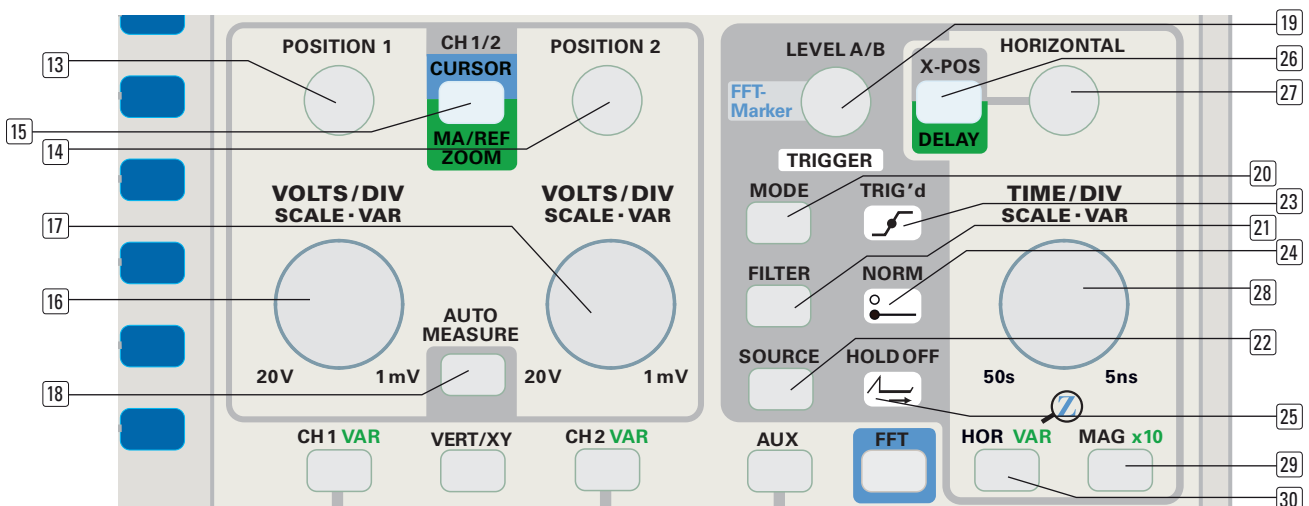
[22] Tecla SOURCE

Cual de los menús es presentado, después de pulsar la tecla, depende del ajuste seleccionado con MODE [20] (pendiente, video o lógico).

En modo de funcionamiento en XY quedan sin función las teclas de MODE [20], FILTER [21] y SOURCE [22], ya que las presentaciones en modo XY se realizan sin disparo.

22.1 Disparo sobre pendiente / video

En el menú Trig. Source se puede determinar el canal de entrada para el disparo. Las posibilidades de selección dependen del modo de funcionamiento actual del osciloscopio.



22.1.1 CH1

Condiciones: modo analógico o digital, disparo sobre pendiente o video.

El canal 1 sirve, independientemente si se presenta o no, como fuente de disparo. La señal acoplada en el canal llega, después de pasar el acoplamiento de entrada y el atenuador de entrada, al automatismo de disparo.

Readout: "Tr: CH1, pendiente, filtro".

22.1.2 CH2

Condiciones: modo analógico o digital, disparo sobre pendiente o video.

El canal 2 sirve, independientemente si se presenta o no, como fuente de disparo. La señal acoplada en el canal llega, después de pasar el acoplamiento de entrada y el atenuador de entrada, al automatismo de disparo.

Readout: "Tr: CH2, pendiente, filtro".

22.1.3 Alt. 1/2

Condiciones: modo analógico; disparo sobre pendiente

Disparo alternados (cambiante) con las señales de canal 1 y canal 2. El modo de funcionamiento queda descrito bajo el párrafo de "Disparo alternado" en "Disparo y deflexión de tiempo".

En modo de funcionamiento DUAL (ambos canales) el disparo alternado parte de la base que se está funcionando con la conmutación alternada de los canales. Si en cambio se trabaja en modo "chopped", (tecla VERT/XY [32] > DUAL chop), se realiza de forma automática la conmutación de DUAL chop a DUAL alt. Se conmuta automáticamente a DUAL chop o se permite conmutar a DUAL chop, cuando queda desactivado "Alt. 1/2".

Readout: Tr: alt, pendiente, filtro".

22.1.4 Externo

La señal de disparo proviene de la entrada de disparo externa AUXILIARY INPUT [38]. **Readout:** "Tr: ext, pendiente, filtro".

22.1.5 Red

En disparo de red, la señal de disparo proviene de la tensión de red a la que el osciloscopio queda conectado. Ver también "disparo de red" bajo "Disparo y deflexión de tiempo".

Readout: "Tr: Line, pendiente"

[23] Indicación TRIG'd (no disponible en modo XY)

Esta indicación se ilumina, cuando la base de tiempos recibe señales de disparo. Que la indicación parpadee o se ilumine de forma constante, depende de la frecuencia de la señal de disparo.

[24] Indicación NORM

Al seleccionar el disparo NORMAL o SINGLE en el menú de TRIGGER (tecla MODE [20]), se ilumina ésta. Entonces queda desconectado el automatismo de disparo y el inicio de la base de tiempos o la captura de una señal sólo se realiza en base a una señal de disparo, que cumple con las condiciones de disparo.

[25] Indicación de HOLD-OFF (sólo en modo analógico)

Esta indicación se ilumina, cuando se ha ajustado el tiempo de Hold-Off a $> 0\%$. Para poder modificar el tiempo de Hold-Off con el mando de INTENS, se deberá llamar primero el menú "Base de tiempos" con la tecla HOR VAR [30]. El tiempo de Hold-Off sólo actúa sobre la base de tiempos A.

Más información sobre este tema se encuentra bajo "Ajustes de tiempo de Hold-Off" en el párrafo de "Disparo y deflexión de tiempo".

[26] Tecla X-POS DELAY (no disponible en modo FFT)

Con esta tecla se puede variar la función del mando HORIZONTAL [27].

26.1 Modo analógico

La tecla señaliza la función actual, correspondiendo a la serigrafía impresa en el frontal del equipo:

Oscuro = Mando para ajustar la posición X del trazo (presencia de la señal).

Verde = Mando para ajustar el tiempo de retardo.

26.1.1 X-POS.

Si no se ilumina esta tecla, el mando HORIZONTAL [27] sirve para posicionar el trazo en dirección horizontal X sobre la pantalla. Esta función es significativa, especialmente cuando se trabaja con la expansión x10 de X (Mag. x10 [29]). En comparación con la presentación sin expansión en X, cuando se trabaja con la función MAG. x10 se visualiza en pantalla sólo un sector de 10 cm de ancho (una décima parte). Con el mando HORIZONTAL [27], se puede determinar, el sector que se desea visualizar en pantalla.

26.1.2 DELAY

Si se accedió al menú de la base de tiempos pulsando la tecla HOR VAR [30] y se seleccionó "Buscar" (modo de funcionamiento alternado de la base de tiempos A y B) o si sólo se seleccionó "Sólo B", se puede conmutar la función del mando HORIZONTAL [27], con una pulsación. Si se ilumina la tecla, el mando actúa como ajuste para el tiempo de retardo. En modo de base de tiempos alternada A y B (Buscar), se presenta el tiempo de retardo de inicio de la base de tiempos B en relación a la base de tiempos A, dos veces:

- En el readout con Dt:... (Delay time = tiempo de retardo). La indicación de tiempo se refiere al coeficiente de desvío de tiempo de la base de tiempos de A)
- El intervalo de tiempo entre el inicio de la base de tiempos de A y el inicio del sector intensificado sobre la presentación de la señal por la base de tiempos de A.

En "Sólo B" sólo se presenta la señal a través de la base de tiempos de B y con ello sólo el tiempo de retardo descrito arriba bajo a).

26.2 Modo digital

La tecla señaliza la función actual, correspondiendo a la serigrafía en la carátula frontal:

Oscuro = Mando para ajustar la posición X del punto de disparo para el ajuste del tiempo de post y predisparo.

Verde = Mando para ajustar el tiempo de retardo para la posición horizontal de Zoom.

26.2.1 X-POS

Si no se ilumina la tecla, el mando de HORIZONTAL [27] se utiliza para ajustar la posición X del punto de disparo y desplaza el símbolo del punto de disparo en horizontalmente. Así se pueden visualizar partes de la señal situadas antes o después del punto de disparo; pre- y post- disparo. Si el símbolo del punto de disparo se encuentra en el centro de la pantalla, el readout presenta "Tt:0s"; esta indicación se refiere siempre al la retícula vertical del centro de pantalla. Los valores antecedentes por un signo negativo señalizan un pre-disparo y los calores sin ante-signo representan un post-disparo.

Al pulsar la tecla de X-POS DELAY, se abre el menú de "Mando HOR.". Este contiene las siguientes funciones:

- Centro: Una pulsación sobre la tecla de función CENTRO, posiciona el tiempo de retardo o sitúa el punto de disparo en "Tt:0s", de forma que se obtiene la presentación estándar.
- Coarse On Off: Facilita el ajuste del tiempo de retardo con el mando HORIZONTAL [27].

26.2.2 DELAY "Zoom Pos."

Si se accedió al menú de la base de tiempos con la tecla HOR VAR [30] y se seleccionó "Buscar", se ilumina la tecla. Con el mando de HORIZONTAL [27], se puede seleccionar un sector de la presentación completa de la señal (sin expandir), que se presenta ampliado.

En modo "Buscar", se presenta simultáneamente la señal ampliada y sin ampliar, si no se tienen activadas las señales de referencia o matemáticas. El sector de la señal que se presenta de forma ampliado, queda representado sobre la presentación de la señal sin ampliar (señal original) con un sector intensificado en luminosidad. La longitud de la zona intensificada varía conjuntamente con el coeficiente de tiempo seleccionado (TIME/DIV [28]), que se presenta en el readout con "Z:..." y la posición X de la zona intensificada varía con el mando HORIZONTAL [27].

[27] HORIZONTAL (Mando giratorio)

El mando abarca, dependiendo de los modos de funcionamiento, varias funciones, que quedan descritas bajo el punto [26] Tecla X-POS DELAY.

[28] TIME/DIV-SCALE-VAR (Mando giratorio)

Este mando sirve para ajustar los coeficientes de desvío de tiempo (base de tiempos) y contiene varias funciones dependiendo del modo de funcionamiento utilizado. En modo analógico XY, este mando queda sin función.

28.1 Funcionamiento en modo analógico

28.1.1 Ajuste de los coeficientes de tiempo de la base de tiempos A

Se dispone de este mando, cuando en el menú "Base de tiempos" se ha seleccionado con la tecla HOR VAR [30] la función "Sólo A" y en "A Variable ON/OFF" se tiene seleccionado el "Off".

Al girar el mando a la izquierda aumenta el coeficiente (de desvío de tiempos) de la base de tiempos A; el giro a la derecha lo reduce. Así se pueden elegir coeficientes desde 500ms/div.

hasta 50ns/div., siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. El coeficiente seleccionado se presenta en el readout (p.ej. "A:50ns") y queda calibrado. Dependiendo del coeficiente seleccionado, se realiza el desvío de tiempo con una velocidad de desvío superior o inferior.

28.1.2 Ajuste de los coeficientes de tiempo de la base de tiempos B
Se dispone de esta función, cuando en el menú "Base de tiempos" se ha seleccionado con la tecla HOR VAR [30] la función "Sólo A" y en "Variable ON/OFF" se tiene seleccionado el "Off".

Al girar el mando a la izquierda aumenta el coeficiente (de desvío de tiempos) de la base de tiempos B; el giro a la derecha lo reduce. Así se pueden elegir coeficientes desde 20ms/div. hasta 50ns/div., siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. El coeficiente seleccionado se presenta en el readout (Bs. "B:50ns") y queda calibrado. Dependiendo del coeficiente seleccionado, se realiza el desvío de tiempo con una velocidad de desvío superior o inferior. La finalidad de la base de tiempos B es presentar sectores de tiempo ampliados, de la presentación de A. Es decir, que la velocidad de desvío de la base de tiempos B siempre deberá ser superior al de la base de tiempos A. Con excepción de la posición de 50ns/div., no se podrá posicionar la base de tiempos B en el mismo coeficiente de tiempos que la base de tiempos A, por lo que siempre estará por lo menos en una posición más rápida (p.ej.: A:500ns/div., B:200ns/div.).

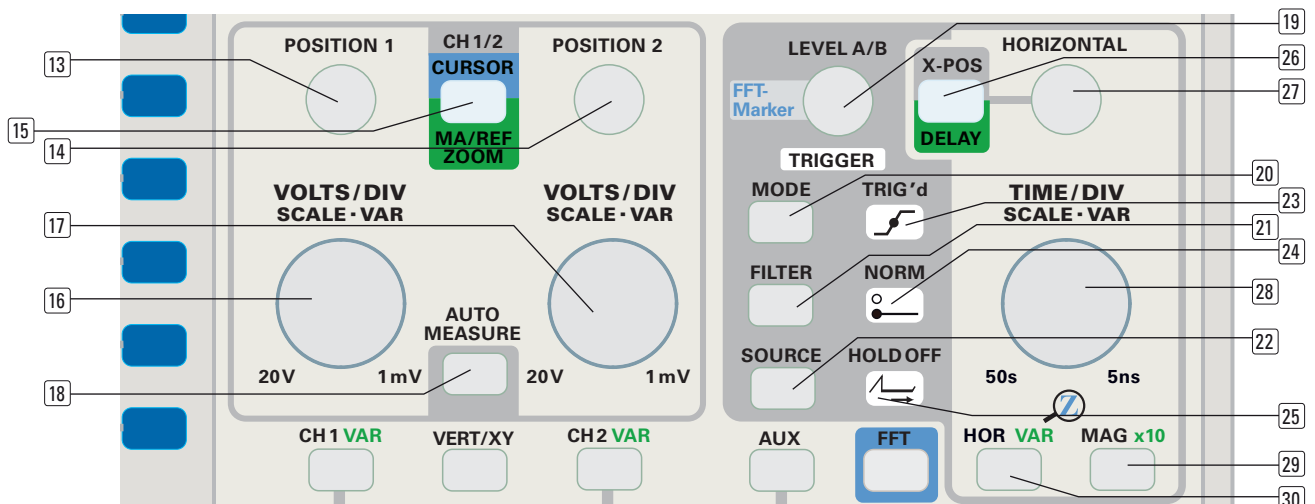
Más información se encuentra en "Base de tiempos B (2. base de tiempos)/Disparo Retardado (modo de funcionamiento analógico) en el apartado "Disparo y deflexión de tiempo".

28.1.3 Ajuste fino "Variable"

Con el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] se puede variar el coeficiente de tiempos, en vez de en pasos secuenciales de 1-2-5, con un ajuste fino variable. Estando en la función de ajuste fino, se ilumina VAR en la propia tecla HOR VAR [30] señalizando la función VAR del mando.

La función de ajuste fino se selecciona en el menú de la base de tiempos, al cual se accede al pulsar la tecla HOR. . Dependiendo de cual de las bases de tiempos se tiene seleccionada (A o B), se obtiene la indicación de "A variable ON/OFF" o "B variable ON/OFF" y puede ser conmutada a "On" o "Off".

Estando en funcionamiento "Var", la base de tiempos queda sin calibrar y el readout presenta el coeficiente de tiempo con el signo ">" en vez del signo ":" (p.ej. "A>500ns" y "B>200ns"). Los resultados que se obtienen de las medidas realizadas por cursores en tiempo o en periodos, quedan igualmente identificadas con estos signos.



28.2 Funcionamiento Yt en modo digital

28.2.1 ZOOM Off (Ajuste de los coeficientes de tiempo de la base de tiempos A)

Si se tiene activada la función "Off" en el menú Zoom (tecla HOR VAR [30]), el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] actúa como el ajuste de la base de tiempos de A en modo analógico. La presentación muestra durante el modo de "Zoom Off" siempre el contenido de toda la memoria. La memoria completa sólo se puede presentar cuando se trabaja con bases de tiempos lentas. Con bases de tiempos rápidas, sólo se presentan secciones. Los límites dependen del número de canales, de disparo Norm o Single. Al girar el mando a la izquierda aumenta el coeficiente (de desvío de tiempos) de la base de tiempos A; el giro a la derecha lo reduce. Así se pueden elegir, dependiendo del modo de captura/presentación de señal, coeficientes de tiempo desde 50 s/div. hasta 5 ns/div., siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. El coeficiente de tiempo seleccionado se presenta en el readout (p.ej., "A:50ns") y queda calibrado siempre, ya que en este modo digital no se dispone de la función de ajuste fino.

28.2.2 Buscar / Sólo Zoom (Ajuste de coeficientes de tiempo de la base de tiempos con Zoom)

Estas funciones se seleccionan con "Buscar" o con "Sólo Zoom" en el menú de "Base de tiempos" (tecla HOR VAR [30]). Entonces se presenta un sector de la señal, que proviene de la presentación de Zoom Off (comparable con la base de tiempos A), a lo largo de toda la pantalla del osciloscopio (señal expandida). Esto es posible, gracias a que se utiliza una memoria de gran capacidad, para la captura/presentación de la señal, cuyo contenido se muestra como presentación total, cuando se trabaja con Zoom Off. Al utilizar la función de "Buscar" se muestran la presentación total y la presentación expandida simultáneamente, mientras en sólo Zoom, sólo se muestra en pantalla la presentación expandida.

De la expansión de la señal se obtiene un coeficiente de tiempo para la presentación expandida. Este coeficiente expandido se presenta en el readout con "Z:..." y es calibrado. Al girar el mando a la izquierda aumenta el coeficiente (de desvío de tiempos) de la base de tiempos de Zoom; el giro a la derecha lo reduce. Así se pueden elegir en un principio y dependiendo del ajuste actualmente utilizado en la base de tiempos A ("Zoom Off"), coeficientes de tiempo desde 20 s/div. hasta 5 ns/div., siguiendo una secuencia de conmutación de 1-2-5. Los factores máximos de expansión utilizables son diferenciados y dependen del ajuste de coeficientes de tiempo de la "base de tiempos A".

28.3 Modo digital XY

Como el modo de funcionamiento XY se obtiene sin sincronismo, quedan desconectados todos los mandos correspondientes al disparo (LEVEL A/B [19], MODE [20], FILTER [21] y SOURCE [22]). Lo mismo es válido para la función ZOOM (HOR VAR [30] y X-POS DELAY [26], la expansión X (MAG x10) y todas las otras funciones, que no tienen utilidad en el modo XY.



Atención!

El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] actúa, ya que en modo digital se precisa el muestreo y se debe elegir la frecuencia de muestreo.. Pero por esa razón, en el readout solo aparece la frecuencia de muestreo pero no un coeficiente de tiempo.

Es aconsejable ajustar la frecuencia de muestreo en modo Yt y conmutar después a modo XY. Se obtiene una frecuencia de muestreo idónea, si la presentación de la señal en modo Yt es de al menos un periodo completo para cada señal. Al aumentar

el número de los periodos presentados, se obtiene un deterioro de la presentación de señal en XY.

28.4 FFT (Modo digital)

28.4.1 Comentarios previos

Para evitar una presentación errónea de espectro de frecuencia en FFT, se deberá comprobar antes de conmutar a modo FFT, si la presentación en Yt es idónea para el cálculo a FFT. Es decir, el posicionamiento del mando de la base de tiempos [(frecuencia de muestreo) debe permitir la presentación de por lo menos un periodo completo de señal, y por otra parte tampoco debe de ser demasiado baja, para que no pueda aparecer Aliasing – la presentación de señales Alias. Las condiciones para señales complejas se centran en "por lo menos un periodo de señal" de la frecuencia de señal más baja que pueda aparecer en la señal completa. El readout avisa cuando se detecta una frecuencia de muestreo posiblemente demasiado baja, en la parte derecha inferior con la indicación "ALS?".

Estos problemas se pueden evitar, si antes de conmutar a modo FFT o durante el modo FFT, se pulsa la tecla AUTOSSET [11].

28.4.2 Escala

En modo FFT se ajusta, con el mando TIME/DIV-SCALE-VAR [28], la velocidad del muestreo (la frecuencia de muestreo). Del ajuste del muestreo se obtiene la frecuencia central y el ajuste del Span. Los tres parámetros (velocidad de muestreo Yt o frecuencia de muestreo Yf, frecuencia central y ajuste Span) se muestran en pantalla por readout.

Del ajuste de la frecuencia de muestreo Yt o frecuencia de muestreo Yf, se obtiene la frecuencia más elevada teóricamente presentable ($f_{\max}$). Según el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon, la frecuencia $f_{\max}$ deberá ser obtenida con una frecuencia superior a $2 \times f_{\max}$. Con una velocidad de muestreo de 1 GSa/s, que corresponde a una frecuencia de muestreo de 1 GHz, la frecuencia más alta presentable es inferior a $1 \text{ GHz} : 2 = 500 \text{ MHz}$, es decir inferior a 500 MHz. La aplicación práctica debe tener en cuenta el margen de frecuencias del osciloscopio (p.ej. 100 MHz a -3 dB); es decir, que la tensión medida a 100 MHz sólo tiene 0,707 de su valor real original. Esta atenuación aumenta con frecuencias superiores.

La frecuencia central es la frecuencia que corresponde a la reticulación vertical del centro de pantalla. Está relacionada directamente con el Span, que administra el margen de frecuencia desde el margen izquierdo de pantalla hasta el derecho. La presentación "Center:10.000MHz" y "Span: 20.0MHz" indica, que el margen de frecuencias presentado en pantalla tiene un perímetro de 20MHz, siendo la frecuencia en el centro de la pantalla 10MHz; quiere decir que el extremo izquierdo de la pantalla presenta los 0Hz y el final del lado derecho presenta los 20MHz. Para ello, la frecuencia de muestreo es de 40MHz (Readout: 40MSa). Los parámetros indicados se basan en que la función de Zoom en modo FFT no haya sido activada. [*1].

[29] Tecla MAG x10

Sólo cuando se trabaja en modo analógico, se activa/desactiva con esta tecla, la función de expansión X x10. No se accede a ningún menú.

Si se ilumina x10 en la propia tecla MAG, se obtiene una expansión de la señal por el factor 10, en dirección X. Los coeficientes de tiempo entonces válidos se presentan entonces correctamente en el readout arriba a la izquierda. Dependiendo del modo de funcionamiento de la base de tiempos, la expansión X x10 actúa de la siguiente manera:

29.1 Sólo (base de tiempos) A

El coeficiente de tiempo se reduce por el factor 10 y al mismo tiempo se obtiene una presentación ampliada en dirección X de la señal acoplada al osciloscopio.

29.2 Buscar (Base de tiempos A y B en alternado)

La presentación de la señal que se obtiene en base a la base de tiempos de A y el coeficiente de tiempo de la base de tiempos de AA no varían. El coeficiente de tiempo de la base de tiempos de B se reduce por el factor 10 y la presentación de la señal que se realiza mediante la base de tiempos Búsqueda expandida en dirección X por el factor 10.

29.3 Sólo (base de tiempos) B

El coeficiente de tiempo se reduce por el factor 10 y al mismo tiempo se obtiene una presentación de la señal expandida por el factor 10 en dirección X.

30 Tecla HOR VAR

Al pulsar esta tecla se accede al menú "Base de tiempos", cuyo contenido depende del actual modo de funcionamiento del equipo.

30.1 Modo de funcionamiento en analógico

Se puede acceder a las siguientes funciones:

30.1.1 "Solo (base de tiempos) A"

Trabajando en este modo, sólo funciona la base de tiempos A. Por esta razón el readout presenta en la parte izquierda superior sólo "A....". El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] sólo actúa entonces sobre la base de tiempos A. La tecla de MAG x10 [29] permite expandir la presentación de la señal en dirección X; es decir, reducir el coeficiente de deflexión de tiempo. Cuando se conmuta de modo de base de tiempos A a "Buscar" o a base de tiempos de "Sólo B", se mantienen todos los ajustes restantes correspondientes a la base de tiempos A, incluso el disparo.

30.1.2 "Buscar"

En este modo de funcionamiento se trabaja con las bases de tiempo en modo alternado. El readout presenta entonces los coeficientes de tiempo de ambas bases de tiempo ("A...." y "B...."). El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] sólo influye en la base de tiempos de B.

En modo alternado de las bases de tiempo, se presenta una zona de la base de tiempos de A con luminosidad intensificada. La posición horizontal de la zona intensificada puede ser variada

con el mando HORIZONTAL [27], cuando se ilumina la tecla X-POS DELAY [26] y muestra con ello que hay un retardo (DELAY). El coeficiente de tiempo de la base de tiempos B, determina el ancho (en tiempo) de la zona de luminosidad intensificada. Las partes de la señal que quedan dentro de la zona intensificada, se presentan por medio de la base de tiempos de B, a lo largo de toda la pantalla disponible del osciloscopio; es decir, en dirección horizontal.

La posición Y de la señal presentada no varía al presentar la señal con la base de tiempos de A o de B. La consecuencia es, que las presentaciones de señales que se efectúan en modo alternado con la base de tiempos A y B, son de difícil evaluación, ya que ambas presentaciones se muestran en la misma posición Y (verticalmente superpuestas).

Esto se puede corregir, variando la posición vertical del trazo correspondiente a la presentación de la base de tiempos B. Para ello se deberá llamar el menú "Pos./Escala" mediante la tecla tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15]. Después de accionar la tecla de funciones TB B se puede cambiar la función del mando POSITION1 [13] a mando de separación de trazos (ver punto 13.1.5 Y-POSITION - 2ª-base de tiempos. Ya que sólo al trabajar con la función "Buscar" se precisa separar los trazos, sólo se ofrece esta posibilidad en este modo de funcionamiento.

También en modo de "Buscar", se puede activar la función de expansión Xx10 mediante Mag. x10. Pero lógicamente sólo actúa sobre la base de tiempos B.

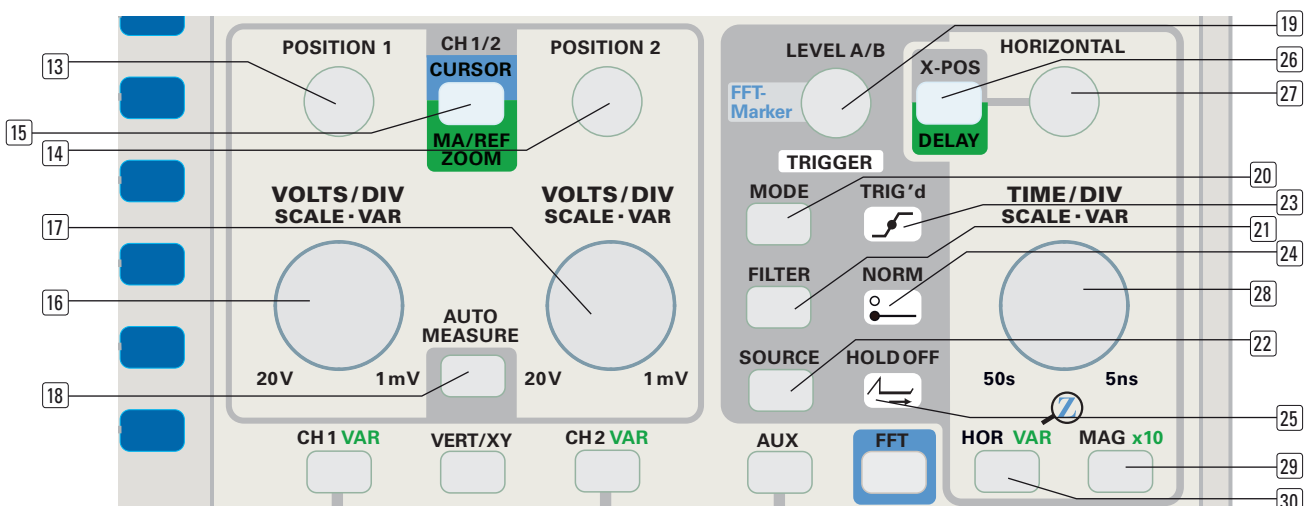
30.1.3 "Sólo B"

En este modo, sólo se presenta en pantalla la señal a través de la base de tiempos B. Por eso, el readout arriba a la izquierda presenta sólo "B....". El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] actúa entonces sólo sobre la base de tiempos B. Con la tecla MAG x10 [29] se puede expandir la presentación en dirección X; es decir, reducir el coeficiente de tiempo.

30.1.4 Pendiente $\nearrow$ de disparo B

Si se ha elegido esta función, la base de tiempos B no se inicia de forma automática al finalizar el tiempo de retardo ajustado, si no posteriormente cuando se dispone de una señal de disparo adecuada. En este caso una señal con pendiente ascendente (positiva).

El mando de disparo LEVEL A/B [19], actúa entonces para el automatismo de disparo de la base de tiempos B. Se debe trabajar entonces por predeterminación en el modo de disparo "Normal" y acoplamiento de disparo en DC. Los parámetros de disparo



seleccionados para la base de tiempos A (ajuste LEVEL, disparo automático o normal, pendiente y acoplamiento) se memorizan de forma permanente.

Adicionalmente al tiempo de retardo ("Dt:..."), el readout presenta también el disparo actual de B (BTr: pendiente, DC). Trabajando en modo de "Buscar", se le antepone al símbolo del punto de disparo la letra "B". Entonces ya no se obtiene una variación continua del tiempo de retardo al variarlo, ya que el sector iluminado salta entonces de pendiente a pendiente, cuando hay varias pendiente disponibles.

Si el símbolo del nivel de disparo B, se encuentra fuera del margen de presentación de la señal de la base de tiempos A, en modo alternado de las bases de tiempo, no se realiza el disparo sobre la base de tiempos B. Por esa razón no se obtiene una imagen de la base de tiempos B. Correspondientemente ocurre en funcionamiento de la base de tiempos (sólo) B.

30.1.5 B-Trigger \ Pendiente

Con excepción de la dirección de la pendiente (caída o bajada en vez de subida), el osciloscopio se comporta como descrito bajo el punto 30.1.4

30.1.6 B-Trigger – Off

Al finalizar el tiempo de retardo ajustado, se inicia la base de tiempos B (Base de tiempos B en free-run (libre)). Las variaciones en el tiempo de retardo se presentan como variaciones continuas del sector intensificado ("Buscar") o como el inicio de la presentación de la señal.

Como el automatismo de disparo de la base de tiempos B no actúa ahora, los mandos de control del disparo actúan ahora sobre el automatismo de disparo de la base de tiempos A.

30.1.7 Variable de la base de tiempos A – ON/OFF

En la posición "On" el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] sirve como ajuste fino de la base de tiempos A. El punto de menú sólo se presenta, si se está en modo de funcionamiento de base de tiempos A. Una descripción detallada se encuentra bajo el punto "28.1.3" Variable (ajuste fino).

30.1.8 Variable de la base de tiempos B – ON/OFF

En la posición "On" el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] sirve como ajuste fino de la base de tiempos B. Una descripción detallada se encuentra bajo el punto "28.1.3" Variable (ajuste fino).

30.1.9 Tiempo de Hold-Off ...%

Con el mando de INTENS se puede ajustar el tiempo de Hold-

Off entre 0% y 100%. Los valores superiores a 0 alargan el tiempo de espera del hold-off, en el que no se inicia ningún nuevo desvío de tiempo por la base de tiempos, después del retorno del trazo. Al mismo tiempo se ilumina entonces la indicación de Hold-Off [25]. El tiempo de Hold-Off sólo afecta a la base de tiempos A.

Información adicional se encuentra en "Ajustes de Hold-Off" en el apartado correspondiente a "Disparo y deflexión de tiempo".

30.2 Funcionamiento en modo digital

En el menú "Zoom" se pueden elegir las siguientes funciones que afectan a la base de tiempos:

30.2.1 Off

Sólo la base de tiempos A está activada. Por esta razón el readout presenta solo en su parte superior izquierda "A....". El coeficiente de tiempo se puede seleccionar con el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28].

30.2.2 "Buscar"

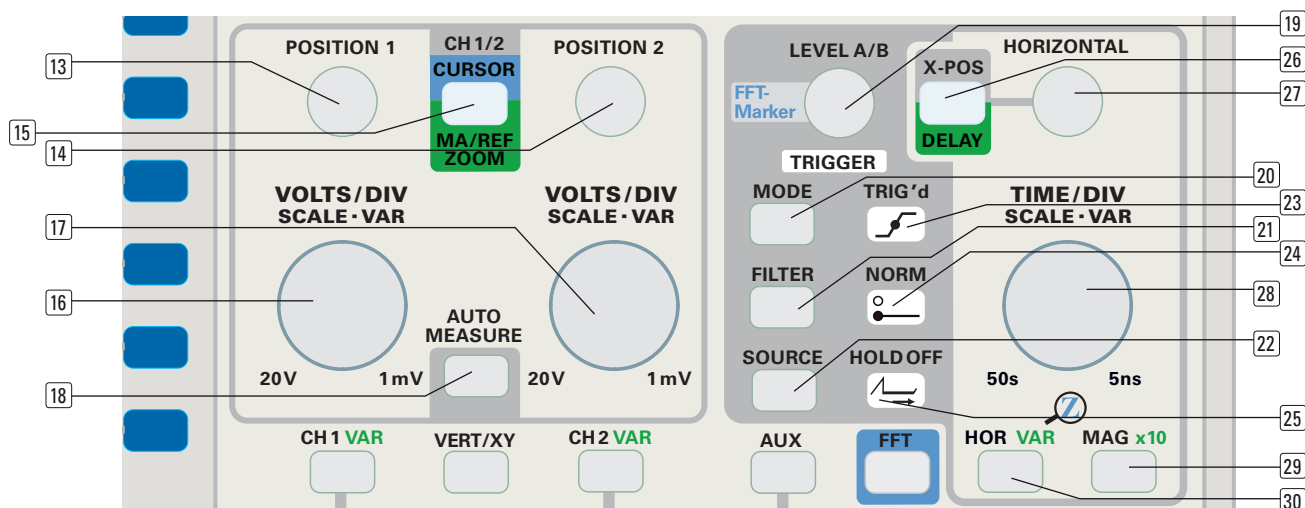
En la presentación de la señal realizada con la base de tiempos A, se presenta un sector con una intensidad superior (zona intensificada). La zona intensificada, se presenta a lo largo de toda la pantalla disponible del osciloscopio, es decir ampliada en dirección horizontal X, si no se tiene activada la señal de referencia o matemática.

La posición Y de la señal presentada es independiente de la presentación de la señal por medio de la base de tiempos de A o de B. La consecuencia es, que las presentaciones de señales que se efectúan en modo alternado con la base de tiempos A y Z, son de difícil evaluación, ya que ambas presentaciones se muestran en la misma posición Y (verticalmente sobrepuestas).

Esto se puede corregir, variando la posición vertical del trazo correspondiente a la presentación de la base de tiempos Z. Para ello se deberá llamar el menú "Pos./Escala" mediante la tecla tecla CH1/2-CURSOR-MA/REF-ZOOM [15]. Después de accionar la tecla de funciones ZOOM se puede cambiar la función del mando POSITION1 a mando de separación de trazos (ver punto 13.1.5 Y-POSITION – 2ª base de tiempos). Ya que sólo al trabajar con la función "Buscar" se precisa separar los trazos, sólo se ofrece esta posibilidad en este modo de funcionamiento.

30.2.3 Sólo Zoom

En este modo, sólo se presenta en pantalla la señal a través de la base de tiempos Z. Por eso, el readout arriba a la izquierda presenta sólo "Z....". El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] actúa entonces sólo sobre la base de tiempos B.



31 Tecla CH1 VAR

Mediante la pulsación sobre esta tecla se accede al menú de CH1. Este contiene los siguientes puntos de menú, que se refieren a la entrada de canal 1 (CH1 [34]) o a la presentación de la señal conectada a este:

31.1 AC DC

Mediante pulsación sobre la tecla, se conmuta el acoplamiento de señal de entrada correspondiente al canal 1 de AC a DC o de DC a AC. La selección activa queda presentada en el readout a continuación del coeficiente de desvío con los símbolos – (tensión alterna) o = (tensión continua).

31.1.1 Acoplamiento de entrada DC

Todas las tensiones de las que se compone una señal (tensión continua y alterna) llegan con un acoplamiento galvánico, desde el conector vivo central del borne BNC [34] a través del conmutador-atenuador (mando de coeficientes de desvío verticales) al amplificador de medida y no se establece una frecuencia límite inferior. El conmutador-atenuador está diseñado de forma, que la resistencia de entrada de la corriente continua del osciloscopio es en cualquier posición de atenuación 1 MΩ. Queda situado entre la conexión interna del conector BNC [34] y la conexión de potencial de referencia del borne BNC (conexión externa).

31.1.2 Acoplamiento de entrada AC

La tensión de entrada pasa desde la conexión interna del borne BNC [34] por un condensador al conmutador-atenuador (mando de coeficientes de desvío verticales) al amplificador de medida. El condensador y la resistencia interna de entrada del osciloscopio operan como un filtro de paso alto (elemento de diferenciación), cuya frecuencia límite es 2 Hz. En el margen de la frecuencia límite, el elemento de diferenciación influye en la apariencia o amplitud de la presentación de la señal a medir.

Las tensiones continuas o partes de tensión continua individuales contenidas en las señales de medida, no pasan por el condensador de acoplamiento. Al trabajar con variaciones en las tensiones continuas se obtienen entonces, al cambiar de carga el condensador, variaciones de posición. Después que el condensador se haya cargado con el nuevo valor de tensión continua, se dispone nuevamente de la posición de señal original.

31.2 Masa (GND) ON/OFF

Cada pulsación sobre la tecla, conmuta entre canal 1 conectado/desconectado. Con la entrada desconectada (GND = Ground), se presenta en el readout un símbolo de masa, después del coeficiente de deflexión, en el lugar, en donde antes se presentaba el signo del acoplamiento de entrada. Entonces, la señal de entrada que estaba conectada a la entrada de señal, queda desconectada electrónicamente y se presenta un trazo

sin ningún tipo de desvío en dirección Y (en modo de disparo automático), y que puede ser utilizado como línea de referencia para el potencial de masa (0 Volts).

Pero en el readout se presenta también un símbolo, con el que se presenta la posición de referencia (0 Volts). Se encuentra aproximadamente a 4 mm a la izquierda del la línea vertical del centro de la pantalla. En referencia a la posición de 0 Volts anteriormente determinada, se puede obtener el valor de una tensión continua. Para ello, sólo será necesario volver a activar la entrada y medir la señal con acoplamiento de entrada en corriente continua (DC).

31.3 Inversión ON/OFF (no disponible en modo XY analógico)

Cada pulsación sobre la tecla de funciones, conmuta entre la presentación invertida o no, de la señal acoplada en canal 1. Al quedar activa la inversión, se presenta en el readout sobre la indicación de canal (CH1) una raya y se obtiene una presentación de la señal, girada en 180°. La señal que se precisa para el disparo interno y que proviene de la señal acoplada a la entrada, no se invierte.

31.4 Sonda

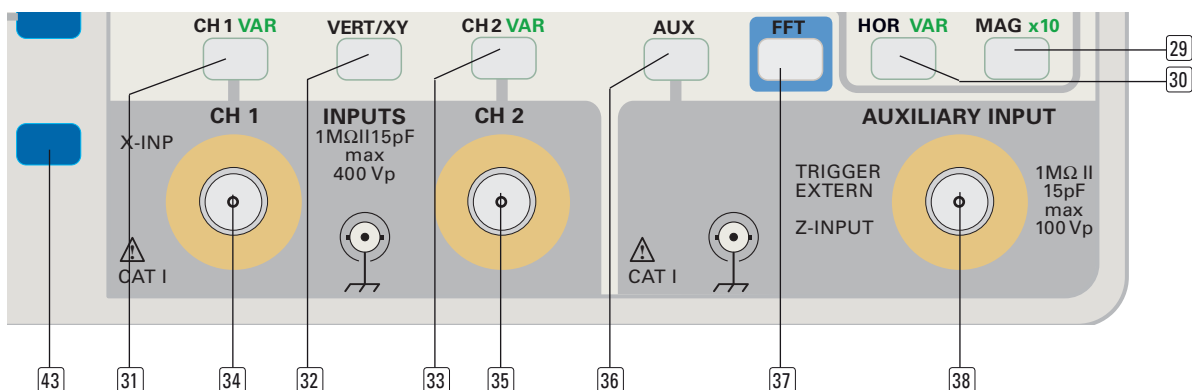
La presentación de menú depende de la conexión de una sonda, con o sin reconocimiento automático de atenuación. Los parámetros actuales son tenidos en cuenta, en la presentación de las mediciones de tensión.

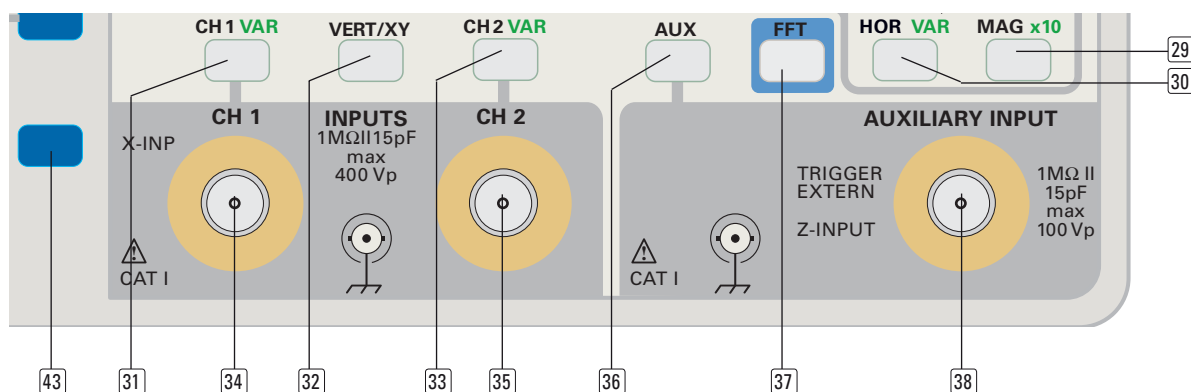
31.4.1 Al tener conectada una sonda HAMEG con reconocimiento automático de atenuación, se visualiza en pantalla con intensidad normal la palabra "sonda" y por debajo su relación de atenuación (p.ej. "*10").

31.4.2 Si no se tiene conectada ninguna sonda o una sonda sin reconocimiento automático de atenuación y se accede al menú "CH1", se presenta en pantalla "sonda", el factor seleccionado anteriormente y el símbolo del mando giratorio. Al pulsar la tecla de función correspondiente, se presenta "sonda" con mayor intensidad luminosa y se ilumina de forma constante la tecla FOCUS TRACE MENU [3]. Entonces se puede ajustar con el mando INTENS [2] un factor de atenuación, que deberá corresponderse con el factor de atenuación de la sonda acoplada.

31.5 Variable ON/OFF

En la posición de "On", se ilumina la tecla CH1 VAR [31]. El mando de VOLTS/DIV-SCALE-VAR [16] de CH1 sirve como ajuste fino, con el que se podrá variar de forma continua a lo largo de todo el margen y con ello la altura de presentación de la señal acoplada. El readout muestra el coeficiente de desvío con el signo ">" en vez del signo "=" e indica con ello, que el coeficiente de desvío no está en su posición calibrada. Los resultados de las mediciones efectuadas por cursores para medir tensiones, se presentan correlativamente del mismo modo.





Si al pulsar la tecla de función se conmuta de "Variable On" a "Variable Off", vuelven a quedar calibradas las posiciones del mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR [16] de CH1 y su secuencia de conmutación es seleccionable en pasos de 1-2-5.

[32] Tecla VERT/XY

Al pulsar esta tecla se accede al o se abandona el menú "Vertical". Aquí se pueden seleccionar los modos de funcionamiento y el ancho de banda del amplificador de medida.

32.1 CH1

Con CH1 activado, se trabaja en modo de funcionamiento Yt (base de tiempos) y sólo se presenta el canal1. Esto es válido también para los parámetros presentados por el readout (coeficiente de desvío, inversión, calibración y acoplamiento de entrada).

Aunque no se presente el canal 2, este puede utilizarse como entrada para una señal, con la que se podrá efectuar el disparo interno. Los elementos de mando a tal efecto quedan utilizables, aunque no sean presentados en el readout.

32.2 CH2

Con CH2 activado, se trabaja en modo de funcionamiento Yt (base de tiempos) y sólo se presenta el canal2. Esto es válido también para los parámetros presentados por el readout (coeficiente de desvío, inversión, calibración y acoplamiento de entrada).

Aunque no se presente el canal 1, este puede utilizarse como entrada para una señal, con la que se podrá efectuar el disparo interno. Los elementos de mando a tal efecto quedan utilizables, aunque no sean presentados en el readout.

32.3.1 DUAL alt chop (sólo en modo analógico)

En modo DUAL (funcionamiento de ambos canales simultáneamente) se presentan ambos canales en pantalla y con el readout también sus coeficientes de desvío.

Entre los coeficientes de desvío se indica también, de qué manera se presentan ambos canales con su trazo. "Alt" se presenta para el modo de conmutación de canales alternado y "chp" para conmutación choppeada. El modo de conmutación queda predeterminado automáticamente por el ajuste de coeficientes de tiempo (base de tiempos), pero puede ser conmutado también por la tecla de funciones. Modo chopper desde 500ms/div hasta 500μs/div. y conmutación alternada en la gama de 200μs/div. hasta 50ns/div; valores sin MAG x10).

En combinación con chp (Chopper) se conmuta continuamente entre canal 1 y 2 – independientemente de la deflexión de tiempo – y ambas señales se presentan aparentemente de forma simultánea en pantalla, en base a su alta frecuencia de conmutación.

En la conmutación "alt" (alternada), se presenta durante un proceso de deflexión de tiempo sólo una traza y con la siguiente deflexión de tiempo la traza del otro canal. En base a la alta velocidad de desvío de tiempo, se obtiene una frecuencia tan elevada de conmutación, que los dos trazos aparentemente se muestran de forma simultánea.

32.3.2 DUAL (Modo de funcionamiento en digital)

En modo digital y DUAL, cada canal dispone de un convertidor analógico/digital. Las señales de canal 1 y 2 se capturan y presentan simultáneamente – cada una con su convertidor A/D. Ya que en el modo digital y en comparación con el analógico, no existe la conmutación de canales (chop o alt), no se precisa información al respecto en el readout.

FFT: DUAL no es disponible en combinación con FFT.

32.4 ADD

En modo de funcionamiento de la suma de los canales (Add), se efectúa una suma (o resta) algebraica de los canales 1 y 2, y el resultado se presenta como una única señal. El trazo de la señal puede desplazarse con el mando de la posición 1 o 2. Pero sólo se presentará un símbolo de 0Volts.

 **Sólo en modo digital se presenta al final del trazo una indicación de "1+2"**

Este modo de funcionamiento queda identificado por el símbolo de suma "+" entre los coeficientes de desvío de canal1 y canal2. El resultado de las medidas de tensión por cursores o en modo automático sólo es correcto, si se utiliza el mismo coeficiente de deflexión (vertical) en ambos canales. De otro modo, se obtendría en vez del resultado el aviso de "Ch1<>CH2". No se pueden realizar medidas automáticas de tensión por cursores cuando se trabaja en modo de suma, a no ser que los conmutadores de atenuación estén situados en el mismo valor. Por esta razón aparece entonces en pantalla la indicación de "n/a" (not available = no obtenible). Como en el modo de suma no hay una referencia entre la amplitud de la presentación de la señal con el ajuste de nivel de disparo, no se presenta el símbolo de punto de disparo en modo analógico, aunque el mando de LEVEL A/B [19] sea utilizable.

En modo digital se presenta solo el punto de inicio de disparo con un símbolo, que se encuentra en la segunda línea de retícula empezando desde abajo y que solo puede ser variado en dirección X (pre- y post-disparo).

FFT: DUAL no es disponible en combinación con FFT.

32.5 XY

En modo de funcionamiento XY se presentan los coeficientes de desvío de los canales correspondiendo a la función de canal: "CHX..." en vez de CH1 y "CHY..." en vez de CH2. Es decir, que una señal acoplada al canal 1 origina un desvío en dirección X (horizontal), mientras que una señal acoplada al canal 2 origina un desvío en dirección Y (vertical). Como no se obtiene una presentación en modo Yt, no se presenta ningún coeficiente

de desvío de tiempo. Entonces resulta, que el automatismo de disparo no es operativo e informaciones correspondientes no quedan presentadas en el readout. La función MAG x10 [29] también es inactiva.

Los símbolos de "0 Volt" se presentan en forma triangular en el margen derecho de la retícula y por encima de los coeficientes de desvío. Las modificaciones del posicionamiento de la presentación de la señal pueden ser realizadas, en dirección horizontal, con el mando HORIZONTAL [27] o con el mando POSITION 1 [13]. El mando POSITION 2 [14] se utiliza para posicionar en dirección vertical la presentación XY.

32.5.1 Modo de funcionamiento XY en modo analógico

La señal acoplada a canal 1 no puede ser invertida. El punto de menú correspondiente, no aparece en el menú de CH1, cuando se llama el menú con la tecla CH1 [31]. El mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28] queda desconectado.

El ancho de banda y la diferencia en fase varían sensiblemente de los valores, disponibles en modo digital XY. Pueden aparecer variaciones de magnitud de la presentación de la señal, si se conmuta de modo analógico XY a modo digital XY.

32.5.2 Modo de funcionamiento XY en modo digital

El readout presenta la frecuencia de muestreo, con la que el convertidor analógico/digital (A/D) captura y digitaliza los valores momentáneos de ambas señales analógicas. La frecuencia de muestreo correcta depende de las señales que se desea capturar y se debe poder ajustar por esa razón con el mando de TIME/DIV-SCALE-VAR [28], aunque la base de tiempos esté desconectada. Si la frecuencia de muestreo es demasiado elevada, aparecen vacíos en la presentación de figuras Lissajous. Con una frecuencia de muestreo demasiado baja se obtienen presentaciones, en las que no se pueden determinar la relación de frecuencias de ambas señales.

El ajuste de la frecuencia de muestreo más adecuada se simplifica, si primero se presentan ambas señales en modo DUAL y se ajusta la frecuencia de muestreo entonces, de forma que cada canal muestre un periodo de señal como mínimo. A continuación se puede conmutar a modo de funcionamiento XY.

En contraste con el modo XY en funcionamiento analógico, en modo digital se pueden invertir ambos canales.

FFT: DUAL no es disponible en combinación con FFT.

32.6 Ancho de banda 20 MHz completo

Al pulsar esta tecla, se conmuta entre la selección de trabajar con un ancho de banda de los amplificadores de medida completo o trabajar con un ancho de banda limitado a 20 MHz.

– Completo:

En posición de COMPLETO se dispone de todo el ancho de banda correspondiendo a los datos técnicos descritos en la hoja técnica del equipo.

– 20MHz

Con condiciones de funcionamiento, en las que se dispone del ancho de banda completo, se reduce, al conmutar a 20MHz, el ancho de banda de medida a aprox. 20MHz (-3dB). Con ello se pueden reducir o suprimir, partes de señales de entrada de mayor frecuencia (p.ej. ruidos). El readout presenta entonces en pantalla las letras BWL (bandwidth limit = limitación del ancho de banda). La limitación se hace efectiva en modo Yt a ambos canales y es irrelevante el modo de funcionamiento digital o analógico. En modo XY digital sucede como en modo Xt. En modo XY analógico, la limitación de frecuencia actúa solo sobre el canal 2.

33 Tecla CH2 VAR

Mediante la pulsación sobre esta tecla, se accede al menú CH2, que contiene los siguientes puntos de menú que se refieren a

la entrada de canal 2 (CH2 [36]) o a la presentación de la señal de la señal aquí acoplada.

33.1 AC DC

Mediante pulsación sobre la tecla, se conmuta el acoplamiento de señal de entrada correspondiente al canal 2 de AC a DC o de DC a AC. La selección activa queda presentada en el readout a continuación del coeficiente de desvío con los símbolos – (tensión alterna) o = (tensión continua).

33.1.1 Acoplamiento de entrada DC

Todos las tensiones de las que se compone una señal (tensión continua y alterna) llegan con un acoplamiento galvánico, desde el conector vivo central del borne BNC [35] a través del conmutador-atenuador (mando de coeficientes de desvío verticales) al amplificador de medida y no se establece una frecuencia límite inferior. El conmutador-atenuador está diseñado de forma, que la resistencia de entrada de la corriente continua del osciloscopio es en cualquier posición de atenuación 1MΩ. Queda situado entre la conexión interna del conector BNC [35] y la conexión de potencial de referencia del borne BNC (conexión externa).

33.1.2 Acoplamiento de entrada AC

La tensión de entrada pasa desde la conexión interna del borne BNC [35] por un condensador al conmutador-atenuador (mando de coeficientes de desvío verticales) al amplificador de medida. El condensador y la resistencia interna de entrada del osciloscopio operan como un filtro de paso alto (elemento de diferenciación), cuya frecuencia límite es 2 Hz. En el margen de la frecuencia límite, el elemento de diferenciación influye en la apariencia o amplitud de la presentación de la señal a medir. Las tensiones continuas o partes de tensión continua individuales contenidas en las señales de medida, no pasan por el condensador de acoplamiento. Al trabajar con variaciones en las tensiones continuas se obtienen entonces, al cambiar de carga el condensador, variaciones de posición. Después que el condensador se haya cargado con el nuevo valor de tensión continua, se dispone nuevamente de la posición de señal original.

33.2 Masa (GND) ON/OFF

Cada pulsación sobre la tecla, conmuta entre canal 2 conectado/desconectado.

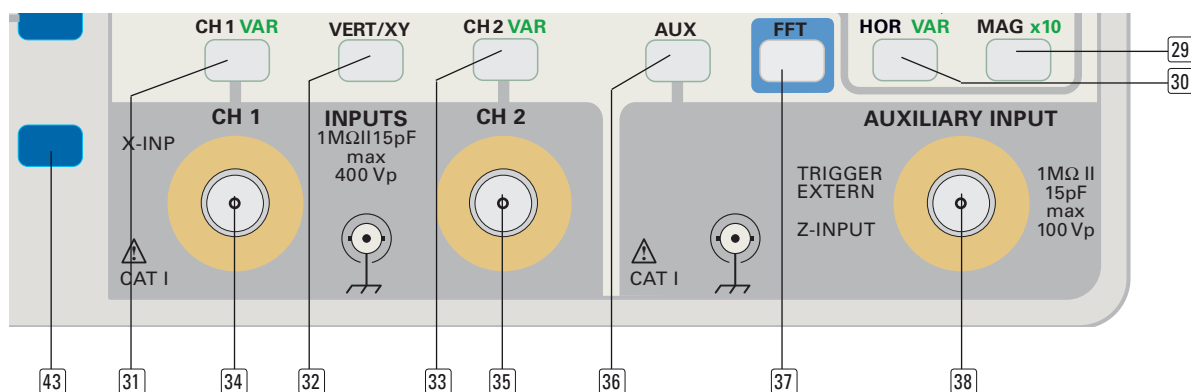
Con la entrada desconectada (GND = Ground), se presenta en el readout un símbolo de masa, después del coeficiente de deflexión, en el lugar, en donde antes se presentaba el signo del acoplamiento de entrada. Entonces, la señal de entrada que estaba conectada a la entrada de señal, queda desconectada electrónicamente y se presenta un trazo sin ningún tipo de desvío en dirección Y (en modo de disparo automático), y que puede ser utilizado como línea de referencia para el potencial de masa (0 Volts).

Pero en el readout se presenta también un símbolo, con el que se presenta la posición de referencia (0 Volts). Se encuentra aproximadamente 4mm a la izquierda de la línea vertical del centro de la pantalla. En referencia a la posición de 0 Volts anteriormente determinada, se puede obtener el valor de una tensión continua. Para ello, sólo será necesario volver a activar la entrada y medir la señal con acoplamiento de entrada en corriente continua (DC).

33.3 Inversión ON/OFF

Cada pulsación sobre la tecla de funciones, conmuta entre la presentación invertida o no, de la señal acoplada en canal 3. Al quedar activa la inversión, se presenta en el readout sobre la indicación de canal (CH2) una raya y se obtiene una presentación de la señal, girada en 180°. La señal que se precisa para el disparo interno y que proviene de la señal acoplada a la entrada, no se invierte.

La señal de disparo "interno", desviada de la señal de medida, no se invierte.



33.4 Sonda

La presentación de menú depende de la conexión de una sonda, con o sin reconocimiento automático de atenuación. Los parámetros actuales son tenidos en cuenta, en la presentación de las mediciones de tensión.

33.4.1 Al tener conectada una sonda HAMEG con reconocimiento automático de atenuación, se visualiza en pantalla con intensidad normal la palabra "sonda" y por debajo su relación de atenuación (p.ej. "*10").

33.4.2 Si no se tiene conectada ninguna sonda o una sonda sin reconocimiento automático de atenuación y se accede al menú "CH1", se presenta en pantalla "sonda", el factor seleccionado anteriormente y el símbolo del mando giratorio. Al pulsar la tecla de función correspondiente, se presenta "sonda" con mayor intensidad luminosa y se ilumina de forma constante la tecla FOCUS TRACE MENU [3]. Entonces se puede ajustar con el mando INTENS [2] un factor de atenuación, que deberá corresponderse con el factor de atenuación de la sonda acoplada.

33.5 Variable ON/OFF

En la posición de "On", se ilumina la tecla CH2 VAR [33]. El mando de VOLTS/DIV-SCALE-VAR [17] de CH2 sirve como ajuste fino, con el que se podrá variar de forma continua a lo largo de todo el margen y con ello la altura de presentación de la señal acoplada.

El readout muestra el coeficiente de desvío con el signo ">" en vez del signo "=" e indica con ello, que el coeficiente de desvío no está en su posición calibrada. Los resultados de las mediciones efectuadas por cursores para medir tensiones, se presentan correlativamente del mismo modo.

Si al pulsar la tecla de función se conmuta de "Variable On" a "Variable Off", vuelven a quedar calibradas las posiciones del mando VOLTS/DIV-SCALE-VAR [17] de CH2 y su secuencia de conmutación es seleccionable en pasos de 1-2-5.

[34] INPUT CH1 (Borne BNC)

Este borne BNC sirve como entrada de señal para el canal 1, que en modo de funcionamiento Yt (base de tiempos) tiene la función de entrada Y (vertical) y en modo XY tiene la función de entrada X (horizontal). La superficie exterior metálica del borne BNC, queda conectada galvánicamente con todas las piezas eléctricamente conductivas del osciloscopio y con la línea de masa (de red).

La superficie circular conductiva alrededor del borne BNC, no debe ser conectada a ninguna tensión. Se utiliza para reconocer el factor de atenuación de sondas, que vienen provistas de identificación de atenuación.

[35] INPUT CH2 (Borne BNC)

Este borne BNC sirve como entrada de señal para el canal 2, que tiene la función de entrada Y (vertical) en modo de base de tiempos Yt y modo XY. La superficie exterior metálica del borne BNC, queda conectada galvánicamente con todas las piezas eléctricamente conductivas del osciloscopio y con la línea de masa (de red).

La superficie circular conductiva alrededor del borne BNC, no debe ser conectada a ninguna tensión. Se utiliza para reconocer el factor de atenuación de sondas, que vienen provistas de identificación de atenuación.

[36] Tecla LC/AUX

Esta tecla sirve como entrada para canal 2 para el modo de funcionamiento de base de tiempos Yt y como entrada Y (vertical) para el modo de funcionamiento XY. El menú, al que se accede, después de pulsar esta tecla, depende del modo de funcionamiento actual del osciloscopio.

Atención! Esta tecla no alberga función alguna y no se accede a ningún menú, si se trabaja en modo analógico o digital y en combinación con la fuente de disparo "extern" (SOURCE [22]).

36.1 Funcionamiento en modo analógico

36.1.1 AUXILIARY INPUT (AUX) sirve como entrada para señales de disparo externas, si se pulsó previamente la tecla SOURCE [22] y al aparecer el menú "Trig. Source" (fuente de disparo) se seleccionó la función de "externo".

36.1.2 Si ya no se trabaja en "Disparo externo", se abre el menú "Entrada Z" al pulsar la tecla AUX. Si se tiene seleccionado el "Off", la entrada AUXILIARY INPUT [38] no alberga función.

En posición de "On" sirve como entrada de señal positiva en modulación Z (iluminación), utilizable para señales con niveles TTL. Con tensiones de > aprox. 1 Volt, el trazo ya no será visible (oscuro) en modo Yt (base de tiempos) y en modo XY.

36.2 Funcionamiento en modo digital

En modo digital no tiene utilidad la tecla AUX y la entrada del AUXILIARY INPUT [38] sólo puede ser utilizado como entrada para señales de disparo „externas“.

[37] FFT (Tecla) sólo en modo digital

Al pulsar la tecla FFT, se conmuta el osciloscopio a modo FFT, si los modos de funcionamiento son Yt y modo digital. Una nueva pulsación sobre la tecla llama el menú "FFT".

Anotación: se pueden utilizar como entradas, las de los canales CH1 y CH2. Después de pulsar la tecla VERT/XY [32], se puede activar el canal deseado. Si antes de conmutar a modo FFT se trabajaba en modo DUAL, el equipo seleccionará automáticamente como canal de entrada, el canal que previamente se utilizaba para el disparo interno.

37.1 Ventana

Se dispone de varias "ventanas", que realizan un tratamiento diferente de los datos de señal y su presentación en frecuencia. Después de pulsar la tecla de función, se puede seleccionar con el mando INTENS [2], la función de "ventana" deseada (función de evaluación de señal/tratamiento).

Se pueden elegir las ventanas Hamming, Hanning, Blackman y Rectangle. Ver cuadro.

Anotación:

La resolución en frecuencia de la FFT corresponde al cociente resultante de la frecuencia de muestreo y la cantidad de puntos FFT (4kPts.). Con una cantidad fija de puntos FFT es mayor la resolución, como menor sea la frecuencia de muestreo. La frecuencia Nyquist es la frecuencia mayor, que un osciloscopio digital trabajando en tiempo real puede capturar sin presentar signos de Aliasing. Esta frecuencia se sitúa a la mitad de la frecuencia de muestreo. Con frecuencias superiores a las de Nyquist, se obtienen insuficientes muestras, por lo que puede aparecer el Aliasing. Una frecuencia de muestreo demasiado baja, se presenta en el readout con la indicación ALS?

37.2 Modo

El modo de captura de señal deseado, se puede seleccionar después de pulsar la tecla de función, con el mando INTENS [2]. Se dispone de las siguientes modalidades:

37.2.1 Normal

En modo normal se realiza la captura de datos en tiempo real, como en el modo de funcionamiento Yt "Normal" (Refresh). El resultado se muestra como presentación en función de la frecuencia (Yf).

37.2.2 Envolvente

Muestra los máximos de la señal y las variaciones de frecuencia en función de la frecuencia como presentación Yf.

37.2.3 Valor mediado

Muestra la señal en función de la frecuencia, después de ser capturada con su valor mediado en el margen de frecuencia.

37.2.4 Cantidad

Así como sucede en el modo Yt en el "Valor mediado", se puede determinar con el mando INTENS [2], la ponderación con la que se debe realizar la captura de señal de muchos cálculos de FFT, antes de ser presentado el resultado en función de la frecuencia y después de realizar la mediación. Después de llamar esta función, se puede ajustar un valor comprendido entre 2 y

512, y este se presenta abajo a la derecha en el readout (p.ej. "avg 512"). Como mayor sea el valor de ponderación, menor será la ponderación de una captura de señal individual, y el cálculo de la media tardará más tiempo, ya que se precisarán comparativamente más capturas de señales; pero al mismo tiempo aumenta la precisión. Con el proceso de mediado, se pueden reducir o eliminar variaciones de amplitud (p.ej. ruido) y variaciones en frecuencia (jitter) en la presentación.

37.3 Escala

Mediante el mando giratorio TIME/DIV-Scale-VAR [28] se puede expandir la presentación completa de la pantalla en dirección X, por un factor x2 hasta x20. Es decir, un Span presentado de p. ej 500 MHz se reduce con la escala x2 a 250 MHz y al utilizar el factor x20 a 25 MHz. El ajuste de la frecuencia central, no varía al modificar el factor de escala. Pueden ser visualizados con el mando de ajuste HORIZONTAL [27], variando la frecuencia central.

37.4 dBV $V_{(rms)}$

La tecla de función permite conmutar la unidad en la pantalla. La unidad elegida se presenta con mayor intensidad.

V_{rms} se refiere a 0 Voltios (escala lineal). Por esta razón, se encuentra el símbolo de referencia, situado en el extremo izquierdo de la retícula, encima de la "línea cero".

0 dBV se corresponde con 1 Voltio (escala logarítmica). Si p.ej. el símbolo de referencia se encuentra 5,5 cm (div; tip.) por encima del ruido, y se presenta como escala 20 dB, el ruido de 110 dB estará por debajo de 1 Voltio.

37.5 Off

La tecla de función "Off" conmuta del modo FFT a modo Yt y desconecta el menú FFT.

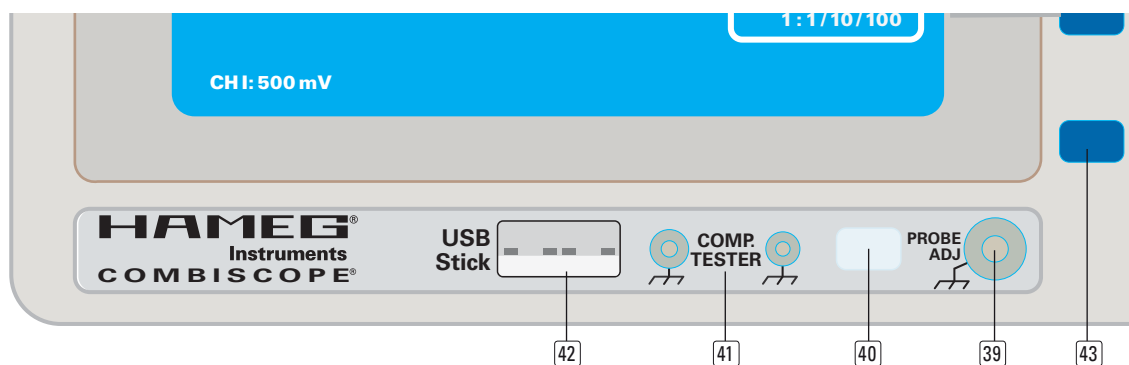
[38] AUXILIARY INPUT (Borne BNC)

Este borne BNC se puede utilizar durante el funcionamiento en modo analógico, como entrada para señales de disparo externo o como señal para la modulación Z. En modo digital, sólo se puede utilizar como entrada para señales de disparo externo. La conexión exterior del borne queda conectada galvánicamente con todos los elementos conductivos eléctricos del osciloscopio y con la línea de masa a red. No se deben conectar tensiones a la superficie conductiva que tiene forma de aro y situada al exterior alrededor del borne. Esta sirve para la identificación del factor de atenuación de sondas provistas de identificador.

[39] PROBE ADJ (Borne)

Esta salida suministra una señal cuadrada con una amplitud de 0,2 Vpp y con la que se puede compensar en frecuencia las

Ventana	Característica	Óptimo para medir
Hanning / Hamming	Buena / ideal resolución en frecuencia y peor resolución en amplitud en comparación con el modo Rectangle. Hamming ofrece una resolución en frecuencia algo mejor que Hanning.	Señales senoidales o periódicas, así como para ruido de banda estrecha y ruido estático; transientes o bursts.
Blackman	Resolución en amplitud buena, perfecta en frecuencia.	Señales monofrecuentes para reconocer los armónicos de superior grado.
Rectangle	Mejor resolución en frecuencia, precisión en amplitud inferior.	Transientes o bursts (cadenas de señales), análisis de oscilación; ondas senoidales de amplitud idéntica con un espectro variante de forma lenta.



sondas con atenuación 10:1. La frecuencia de la señal puede determinarse pulsando la tecla de PROBE ADJ [40] en el menú „Varios”. Información más detallada se obtiene en el párrafo de „Uso y ajuste de las sondas” bajo el capítulo „Puesta en marcha y ajustes previos”.

[40] Tecla PROBE ADJ

Al pulsar esta tecla se abre el menú “Varios”. Contiene dos puntos de menú.

40.1 Tester de componentes ON/OFF

En posición “On” se trabaja en funcionamiento analógico. Se presenta en pantalla un trazo y en el readout aparece Component Tester y parámetros de medida. Los bornes de entrada identificados con COMP. TESTER en la serigrafía del equipo, son para conectores con terminales banana de 4 mm y se usan como entrada de señal para el comprobador de componentes. Ver el apartado correspondiente a “Test de Componentes”. Con Off se vuelve a los ajustes anteriormente utilizados.

40.2 Calibrador

Correspondiendo a los ajustes, se dispone de una señal rectangular en el borne PROBE ADJ, que se utiliza para ajustar las sondas. La salida suministra señales cuadradas con frecuencias de 1 kHz o 1 MHz.

40.3 Info

Con esta tecla de función se llama el submenú “Informaciones varias”. Allí se encuentra información de soft y hardware del osciloscopio.

40.4 USB-Stick

Si se muestra NINGUNO, no hay USB Stick conectado al conector frontal USB [43]. Después de conectar un USB Stick, se presentan indicaciones para los submenús de “cargar” y “guardar”.

Si no se presenta el menú “Varios” y se conecta un USB Stick al conector frontal USB [43], se presenta la indicación del menú “Varios” de forma automática.

40.4.1 Guardar USB Stick

40.4.1.1 Ajustes actuales (Ajustes actuales = parámetros del osciloscopio)

Al pulsar la tecla de funciones “Guardar como SETxxxxx” se guardan los ajustes actuales de los mandos del osciloscopio en el USB Stick, por ejemplo bajo el nombre de archivo “Set00000”. A continuación, la presentación muestra el nombre del siguiente archivo de memoria (p. ej. SET00001).

A continuación se aumenta el número de puesto de memoria en la que se puede guardar, por 1.

40.4.1.2 Imagen

Las curvas de señal se pueden guardar en formato de archivo Bitmap, pulsando la tecla de función “Guardar como SCRxxxxx”. Después de la memorización, aumenta el número del puesto de la memoria.

40.4.1.3 Curva

Después de seleccionar el origen (canal) y el tipo REF (memoria de referencia) Format o del formato de datos CSV (comma separated value), ASC (ASCII) o BIN (formato binario), se muestra en el campo “Guardar como WAVxxxxx” de forma automática el nombre del fichero, con el que se memoriza la curva de la señal, si se pulsa la tecla de función “Guardar como WAVxxxxx”. A continuación se aumenta el puesto de la memoria en la que se puede guardar, por 1.

40.4.2 Cargar USB Stick

40.4.2.1 Ajustes actuales (Ajustes actuales = parámetros del osciloscopio)

Conjuntamente con “Ajuste actual” se abre la ventana, en la que se selecciona con el mando INTENS [2] el fichero, del cual se toman los datos de los ajustes de los mandos del osciloscopio, con la tecla “Cargar”.

40.4.2.2 Memoria de referencia x (símbolo del mando giratorio)

Con el mando INTENS [2] se puede elegir una de las 9 memorias de referencia, a la que deberá ser transferida la señal (“curva”) memorizada en el USB Stick. La selección de la “curva” se efectúa después de pulsar la tecla de función “fichero”, con el mando INTENS [2]. Después de realizar la selección, se transfieren los datos desde el USB Stick a la memoria de referencia del osciloscopio, al activar la tecla de función “Cargar”.

[41] COMPONENT TESTER (Bornes)

Ambos bornes de 4mm sirven para la entrada de señal de medida, para la comprobación bipolar de componentes electrónicos. Se encuentra más información bajo el apartado de “Tester de Componentes”.

[42] USB-Stick (Conexión)

Al conectar un USB Stick, se ilumina brevemente el LED del USB Stick y en el osciloscopio se abre el menú “Varios”. Más información se encuentra en PROBE ADJ [40], punto 41.4 USB Stick.

[43] MENU OFF (tecla)

Tecla para desconectar los menús que aparecen en pantalla o para cambiar a otro nivel de menú superior.

Osciloscopios



Analizadores des Espectros



Fuentes de alimentación de tensión



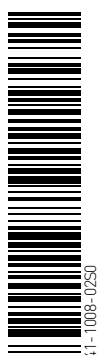
Sistema modular
Serie 8000



Instrumentos programables
Serie 8100



distribuidor autorizado



w w w . h a m e g . e s

Reservado el derecho de modificación

41-1008-02S0 (4) 16022009

© HAMEG Instruments GmbH

A Rohde & Schwarz Company

® Marca registrada

 DQS-Certificación: DIN EN ISO 9001:2000
Reg.-Nr.: 071040 QM

Hameg Instruments, S.L.

c. Dr. Trueta, 43

08005 Barcelona

Teléfono +34 93 430 15 97

Teléfono +34 93 321 22 01

email@hameg.es

PSIM

User's Guide

Powersim Inc.

PSIM User's Guide

Version 6.0

June 2003

Copyright © 2001-2003 Powersim Inc.

All rights reserved. No part of this manual may be photocopied or reproduced in any form or by any means without the written permission of Powersim Inc.

Disclaimer

Powersim Inc. ("Powersim") makes no representation or warranty with respect to the adequacy or accuracy of this documentation or the software which it describes. In no event will Powersim or its direct or indirect suppliers be liable for any damages whatsoever including, but not limited to, direct, indirect, incidental, or consequential damages of any character including, without limitation, loss of business profits, data, business information, or any and all other commercial damages or losses, or for any damages in excess of the list price for the licence to the software and documentation.

Powersim Inc.

email: info@powersimtech.com

<http://www.powersimtech.com>

Contents

1 General Information

- 1.1 Introduction 1
- 1.2 Circuit Structure 2
- 1.3 Software/Hardware Requirement 2
- 1.4 Installing the Program 2
- 1.5 Simulating a Circuit 3
- 1.6 Component Parameter Specification and Format 3

2 Power Circuit Components

- 2.1 Resistor-Inductor-Capacitor Branches 7
 - 2.1.1 Resistors, Inductors, and Capacitors 7
 - 2.1.2 Rheostat 8
 - 2.1.3 Saturable Inductor 8
 - 2.1.4 Nonlinear Elements 9
- 2.2 Switches 11
 - 2.2.1 Diode, DIAC, and Zener Diode 12
 - 2.2.2 Thyristor and TRIAC 14
 - 2.2.3 GTO, Transistors, and Bi-Directional Switch 15
 - 2.2.4 Linear Switches 18
 - 2.2.5 Switch Gating Block 19
 - 2.2.6 Single-Phase Switch Modules 21
 - 2.2.7 Three-Phase Switch Modules 22
- 2.3 Coupled Inductors 24
- 2.4 Transformers 26
 - 2.4.1 Ideal Transformer 26

2.4.2	Single-Phase Transformers	26
2.4.3	Three-Phase Transformers	29
2.5	Other Elements	31
2.5.1	Operational Amplifier	31
2.5.2	dv/dt Block	32
2.6	Motor Drive Module	33
2.6.1	Electric Machines	33
2.6.1.1	DC Machine	33
2.6.1.2	Induction Machine	37
2.6.1.3	Induction Machine with Saturation	41
2.6.1.4	Brushless DC Machine	42
2.6.1.5	Synchronous Machine with External Excitation	48
2.6.1.6	Permanent Magnet Synchronous Machine	50
2.6.1.7	Switched Reluctance Machine	54
2.6.2	Mechanical Loads	56
2.6.2.1	Constant-Torque Load	56
2.6.2.2	Constant-Power Load	57
2.6.2.3	Constant-Speed Load	58
2.6.2.4	General-Type Load	59
2.6.3	Gear Box	59
2.6.4	Mechanical-Electrical Interface Block	60
2.6.5	Speed/Torque Sensors	62

3 Control Circuit Components

3.1	Transfer Function Blocks	65
3.1.1	Proportional Controller	66
3.1.2	Integrator	67
3.1.3	Differentiator	68
3.1.4	Proportional-Integral Controller	69
3.1.5	Built-in Filter Blocks	69
3.2	Computational Function Blocks	70

3.2.1	Summer	70
3.2.2	Multiplier and Divider	71
3.2.3	Square-Root Block	72
3.2.4	Exponential/Power/Logarithmic Function Blocks	72
3.2.5	Root-Mean-Square Block	73
3.2.6	Absolute and Sign Function Blocks	73
3.2.7	Trigonometric Functions	73
3.2.8	Fast Fourier Transform Block	74
3.3	Other Function Blocks	75
3.3.1	Comparator	75
3.3.2	Limiter	76
3.3.3	Gradient (dv/dt) Limiter	76
3.3.4	Look-up Table	76
3.3.5	Trapezoidal and Square Blocks	78
3.3.6	Sampling/Hold Block	79
3.3.7	Round-Off Block	80
3.3.8	Time Delay Block	81
3.3.9	Multiplexer	82
3.3.10	THD Block	83
3.4	Logic Components	85
3.4.1	Logic Gates	85
3.4.2	Set-Reset Flip-Flop	85
3.4.3	J-K Flip-Flop	86
3.4.4	D Flip-Flop	87
3.4.5	Monostable Multivibrator	87
3.4.6	Pulse Width Counter	88
3.4.7	A/D and D/A Converters	88
3.5	Digital Control Module	89
3.5.1	Zero-Order Hold	89
3.5.2	z-Domain Transfer Function Block	90
3.5.2.1	Integrator	91
3.5.2.2	Differentiator	93
3.5.2.3	Digital Filters	93

- 3.5.3 Unit Delay 97
- 3.5.4 Quantization Block 97
- 3.5.5 Circular Buffer 98
- 3.5.6 Convolution Block 99
- 3.5.7 Memory Read Block 100
- 3.5.8 Data Array 100
- 3.5.9 Stack 101
- 3.5.10 Multi-Rate Sampling System 102
- 3.6 SimCoupler Module 103
 - 3.6.1 Set-up in PSIM and Simulink 103
 - 3.6.2 Solver Type and Time Step Selection in Simulink 106

4 Other Components

- 4.1 Parameter File 109
- 4.2 Sources 110
 - 4.2.1 Time 110
 - 4.2.2 DC Source 110
 - 4.2.3 Sinusoidal Source 111
 - 4.2.4 Square-Wave Source 112
 - 4.2.5 Triangular Source 1
 - 4.2.6 Step Sources 114
 - 4.2.7 Piecewise Linear Source 115
 - 4.2.8 Random Source 117
 - 4.2.9 Math Function Source 1
 - 4.2.10 Voltage/Current-Controlled Sources 118
 - 4.2.11 Nonlinear Voltage-Controlled Sources 120
- 4.3 Voltage/Current Sensors 121
- 4.4 Probes and Meters 122
- 4.5 Switch Controllers 124
 - 4.5.1 On-Off Switch Controller 124
 - 4.5.2 Alpha Controller 125

- 4.5.3 PWM Lookup Table Controller 126
- 4.6 Function Blocks 128
 - 4.6.1 Control-Power Interface Block 128
 - 4.6.2 ABC-DQO Transformation Block 130
 - 4.6.3 Math Function Blocks 131
 - 4.6.4 External DLL Blocks 132

5 Analysis Specification

- 5.1 Transient Analysis 135
- 5.2 AC Analysis 136
- 5.3 Parameter Sweep 140

6 Circuit Schematic Design

- 6.1 Creating a Circuit 144
- 6.2 Editing a Circuit 144
- 6.3 Subcircuit 145
 - 6.3.1 Creating Subcircuit - In the Main Circuit 146
 - 6.3.2 Creating Subcircuit - Inside the Subcircuit 147
 - 6.3.3 Connecting Subcircuit - In the Main Circuit 148
 - 6.3.4 Other Features of the Subcircuit 149
 - 6.3.4.1 Passing Variables from the Main Circuit to Subcircuit 149
 - 6.3.4.2 Customizing the Subcircuit Image 150
 - 6.3.4.3 Including Subcircuits in the PSIM Element List 151
- 6.4 Other Options 152
 - 6.4.1 Running the Simulation 152
 - 6.4.2 Generate and View the Netlist File 152
 - 6.4.3 Define Runtime Display 152
 - 6.4.4 Settings 152
 - 6.4.5 Printing the Circuit Schematic 153

6.5 Editing PSIM Library 153

7 Waveform Processing

7.1 File Menu 156

7.2 Edit Menu 156

7.3 Axis Menu 157

7.4 Screen Menu 158

7.5 View Menu 159

7.6 Option Menu 161

7.7 Label Menu 162

7.8 Exporting Data 162

8 Error/Warning Messages and Other Simulation Issues

8.1 Simulation Issues 165

8.1.1 Time Step Selection 165

8.1.2 Propagation Delays in Logic Circuits 165

8.1.3 Interface Between Power and Control Circuits 166

8.1.4 FFT Analysis 166

8.2 Error/Warning Messages 167

8.3 Debugging 168

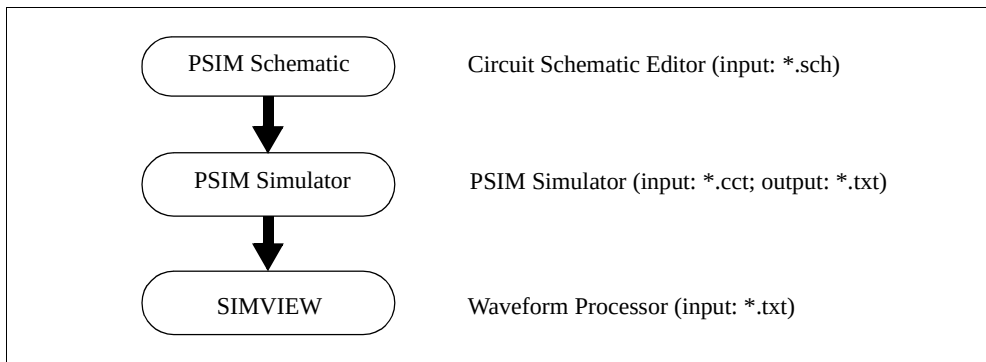
General Information

1.1 Introduction

PSIM is a simulation package specifically designed for power electronics and motor control. With fast simulation and friendly user interface, PSIM provides a powerful simulation environment for power electronics, analog and digital control, and motor drive system studies.

This manual covers both PSIM¹ and its three add-on Modules: Motor Drive Module, Digital Control Module, and SimCoupler Module. The Motor Drive Module has built-in machine models and mechanical load models for drive system studies. The Digital Control Module provides discrete elements such as zero-order hold, z-domain transfer function blocks, quantization blocks, digital filters, for digital control analysis. The SimCoupler Module provides interface between PSIM and Matlab/Simulink² for co-simulation.

The PSIM simulation package consists of three programs: circuit schematic program PSIM, PSIM simulator, and waveform processing program SIMVIEW¹. The simulation environment is illustrated as follows.



Chapter 1 of this manual describes the circuit structure, software/hardware requirement, and parameter specification format. Chapter 2 through 4 describe the power and control

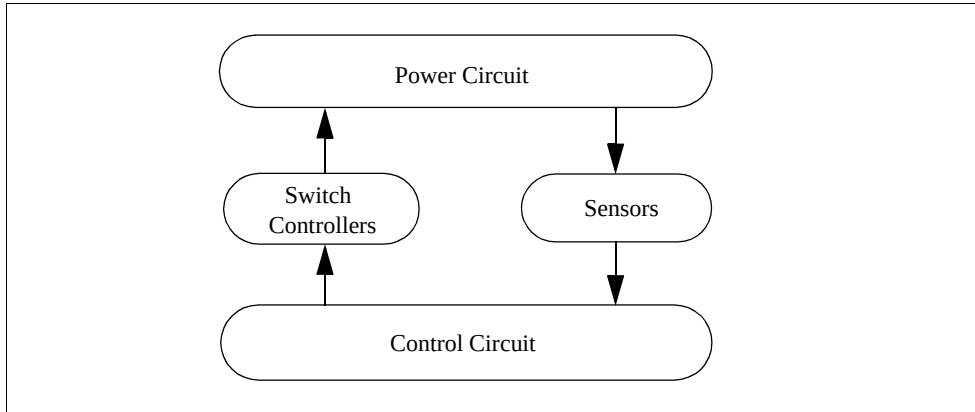
1. PSIM and SIMVIEW are copyright by Powersim Inc., 2001-2003

2. Matlab and Simulink are registered trademarks of the MathWorks, Inc.

circuit components. Chapter 5 describes the specifications of the transient analysis and ac analysis. The use of the PSIM schematic program and SIMVIEW is discussed in Chapter 6 and 7. Finally, error/warning messages are discussed in Chapter 8.

1.2 Circuit Structure

A circuit is represented in PSIM in four blocks: power circuit, control circuit, sensors, and switch controllers. The figure below shows the relationship between these blocks.



The power circuit consists of switching devices, RLC branches, transformers, and coupled inductors. The control circuit is represented in block diagram. Components in s domain and z domain, logic components (such as logic gates and flip flops), and nonlinear components (such as multipliers and dividers) are used in the control circuit. Sensors measure power circuit voltages and currents and pass the values to the control circuit. Gating signals are then generated from the control circuit and sent back to the power circuit through switch controllers to control switches.

1.3 Software/Hardware Requirements

PSIM runs in Microsoft Windows environment 98/NT/2000/XP on personal computers. The minimum RAM memory requirement is 32 MB.

1.4 Installing the Program

A quick installation guide is provided in the flier “PSIM - Quick Guide” and on the CD-ROM.

Some of the files in the PSIM directory are shown in the table below.

Files	Description
psim.dll	PSIM simulator
psim.exe	PSIM circuit schematic editor
simview.exe	Waveform processor SIMVIEW
psim.lib, psimimage.lib	PSIM libraries
*.hlp	Help files
*.sch	Schematic files

File extensions used in PSIM are:

*.sch	PSIM schematic file (binary)
*.cct	PSIM netlist file (text)
*.txt	PSIM simulation output file (text)
*.fra	PSIM ac analysis output file (text)
*.smv	SIMVIEW waveform file (binary)

1.5 Simulating a Circuit

To simulate the sample one-quadrant chopper circuit “chop.sch”:

- Start PSIM. Choose **Open** from the **File** menu to load the file “chop.sch”.
- From the **Simulate** menu, choose **Run PSIM** to start the simulation. The simulation results will be saved to File “chop.txt”. Any warning messages occurred in the simulation will be saved to File “message.doc”.
- If the option **Auto-run SIMVIEW** is not selected in the **Options** menu, from the **Simulate** menu, choose **Run SIMVIEW** to start SIMVIEW. If the option **Auto-run SIMVIEW** is selected, SIMVIEW will be launched automatically. In SIMVIEW, select curves for display.

1.6 Component Parameter Specification and Format

The parameter dialog window of each component in PSIM has three tabs: **Parameters**, **Other Info**, and **Color**, as shown below.



The parameters in the **Parameters** tab are used in the simulation. The information in the **Other Info** tab, on the other hand, is not used in the simulation. It is for reporting purposes only and will appear in the parts list in **View | Element List** in PSIM. Information such as device rating, manufacturer, and part number can be stored under the **Other Info** tab.

The component color can be set in the **Color** tab.

Parameters under the **Parameters** tab can be a numerical value or a mathematical expression. A resistance, for example, can be specified in one of the following ways:

12.5
 12.5k
 12.5Ohm
 12.5kOhm
 25./2.0h
 R1+R2
 $R1*0.5+(Vo+0.7)/Io$

where R1, R2, Vo, and Io are symbols defined either in a parameter file (see Section 4.1), or in a main circuit if this resistor is in a subcircuit (see Section 6.3.4.1).

Power-of-ten suffix letters are allowed in PSIM. The following suffix letters are supported:

G	10^9
M	10^6
k or K	10^3
m	10^{-3}
u	10^{-6}
n	10^{-9}
p	10^{-12}

A mathematical expression can contain brackets and is not case sensitive. The following mathematical functions are allowed:

+	addition
-	subtraction
*	multiplication
/	division
^	to the power of [Example: $2^3 = 2*2*2$]
SQRT	square-root function
SIN	sine function
COS	cosine function
TAN	tangent function
ATAN	inverse tangent function
EXP	exponential (base e) [Example: $EXP(x) = e^x$]
LOG	logarithmic function (base e) [Example: $LOG(x) = \ln(x)$]
LOG10	logarithmic function (base 10)
ABS	absolute function
SIGN	sign function [Example: $SIGN(1.2) = 1$; $SIGN(-1.2)=-1$]

Power Circuit Components

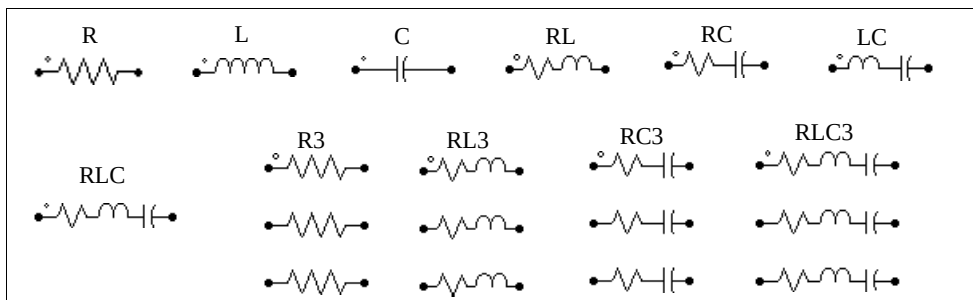
2.1 Resistor-Inductor-Capacitor Branches

2.1.1 Resistors, Inductors, and Capacitors

Both individual resistor, inductor, capacitor branches and lumped RLC branches are provided in PSIM. Initial conditions of inductor currents and capacitor voltages can be defined.

To facilitate the setup of three-phase circuits, symmetrical three-phase RLC branches, “R3”, “RL3”, “RC3”, “RLC3”, are provided. Initial inductor currents and capacitor voltages of the three-phase branches are all zero.

Images:



The names above the element images are the netlist names of the elements. For example, a resistor appears as “Resistor” in the library menu, and the netlist name is “R”.

For three-phase branches, the phase with a dot is Phase A.

Attributes:

Parameters	Description
Resistance	Resistance, in Ohm
Inductance	Inductance, in H
Capacitance	Capacitance, in F

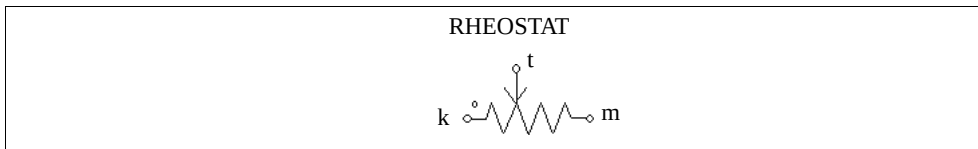
Parameters	Description
Initial Current	Initial inductor current, in A
Initial Cap.Voltage	Initial capacitor voltage, in
Current Flag	Flag for branch current output. If the flag is zero, there is no current output. If the flag is 1, the current will be saved to the output file for display in SIMVIEW. The current is positive when it flows into the dotted terminal of the branch.
Current Flag_A; Current Flag_B; Current Flag_C	Flags for Phase A, B, and C of three-phase branches, respectively.

The resistance, inductance, or capacitance of a branch can not be all zero. At least one of the parameters has to be a non-zero value.

2.1.2 Rheostat

A rheostat is a resistor with a tap.

Image:



Attributes:

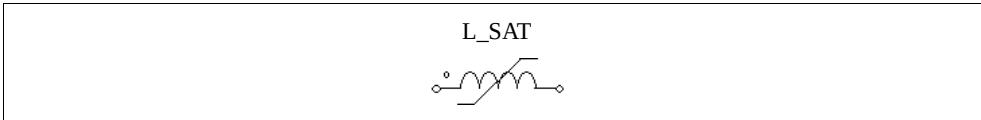
Parameters	Description
Total Resistance	Total resistance of the rheostat R (between Node k and m), in Ohm
Tap Position (0 to 1)	The tap position Tap . The resistance between Node k and t is: $R*Tap$.
Current Flag	Flag for the current that flows into Node k.

2.1.3 Saturable Inductor

A saturable inductor takes into account the saturation effect of the inductor magnetic

core.

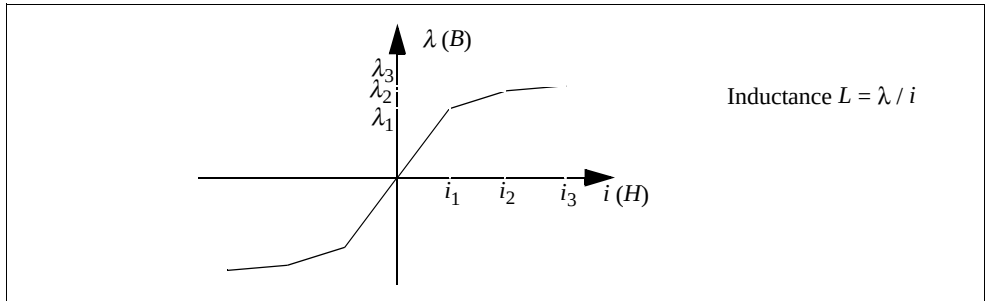
Image:



Attributes:

Parameters	Description
Current v.s. Inductance	Characteristics of the current versus the inductance (i_1 , L_1), (i_2 , L_2), etc.
Current Flag	Flag for the current display

The nonlinear B - H curve is represented by piecewise linear approximation. Since the flux density B is proportional to the flux linkage λ and the magnetizing force H is proportional to the current i , the B - H curve can be represented by the λ - i curve instead, as shown below.



The inductance is defined as: $L = \lambda / i$, which is the slope of the λ - i curve at different points. The saturation characteristics can then be expressed by pairs of data points as: (i_1 , L_1), (i_2 , L_2), (i_3 , L_3), etc.

2.1.4 Nonlinear Elements

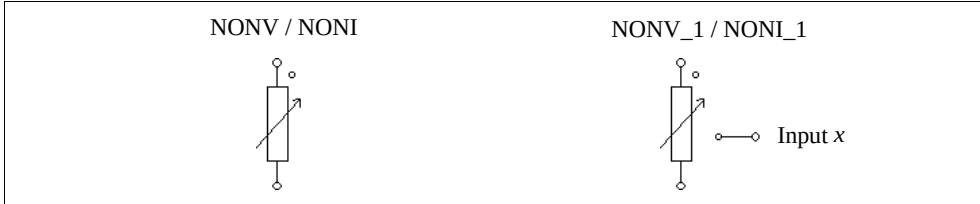
Four elements with nonlinear voltage-current relationship are provided:

- Resistance-type (NONV) [$v = f(i)$]
- Resistance-type with additional input x (NONV_1) [$v = f(i, x)$]
- Conductance-type (NONI) [$i = f(v)$]

- Conductance-type with additional input x (NONI_1) [$i = f(v,x)$]

The additional input x must be a voltage signal.

Images:



Attributes:

For resistance-type elements:

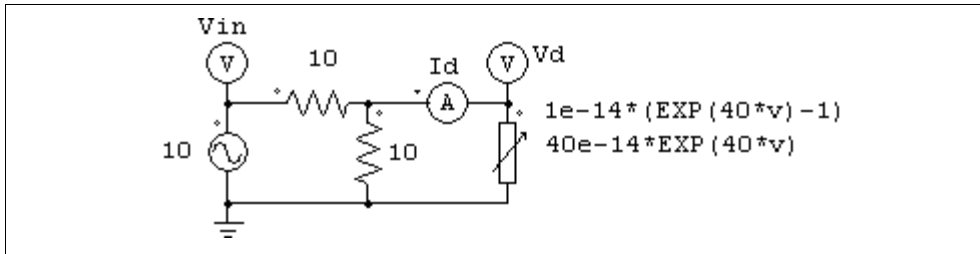
Parameters	Description
Expression $f(i)$ or $f(i,x)$	Expression $v = f(i)$ for NONV and $v = f(i,x)$ for NONV_1
Expression df/di	The derivative of the voltage v versus current i , i.e. $df(i)/di$
InitialValue i_0	The initial value of the current i
Lower Limit of i	The lower limit of the current i
Upper Limit of i	The upper limit of the current i

For conductance-type elements:

Parameters	Description
Expression $f(v)$ or $f(v,x)$	Expression $i = f(v)$ for NONI and $i = f(v,x)$ for NONI_1
Expression df/dv	The derivative of the current i versus voltage v , i.e. $df(v)/dv$
InitialValue v_0	The initial value of the voltage v
Lower Limit of v	The lower limit of the voltage v
Upper Limit of v	The upper limit of the voltage v

A good initial value and lower/upper limits will help the convergence of the solution.

Example: Nonlinear Diode



The nonlinear element (NONI) in the circuit above models a nonlinear diode. The diode current is expressed as a function of the voltage as: $i = 10^{-14} * (e^{40*v} - 1)$. In PSIM, the specifications of the nonlinear element will be:

Expression $f(v)$	$1e-14 * (EXP(40 * v) - 1)$
Expression df/dv	$40e-14 * EXP(40 * v)$
Initial Value v_o	0
Lower Limit of v	-1e3
Upper Limit of v	1

2.2 Switches

There are two basic types of switches in PSIM. One is switchmode. It operates either in the cut-off region (off state) or saturation region (on state). The other is linear. It can operate in either cut-off, linear, or saturation region.

Switches in switchmode include the following:

- Diode (DIODE) and DIAC (DIAC)
- Thyristor (THY) and TRIAC (TRIAC)
- Self-commutated switches, specifically:
 - Gate-Turn-Off switch (GTO)
 - npn bipolar junction transistor (NPN)
 - pnp bipolar junction transistor (PNP)
 - Insulated-Gate Bipolar Transistor (IGBT)
 - n-channel Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor (MOSFET) and p-channel MOSFET (MOSFET_P)

- Bi-directional switch (SSWI)

The names inside the bracket are the netlist names used in PSIM.

Switch models in PSIM are ideal. That is, both turn-on and turn-off transients are neglected. A switch has an on-resistance of $10\ \mu\Omega$ and an off-resistance of $1\text{M}\ \Omega$. Snubber circuits are not required for switches.

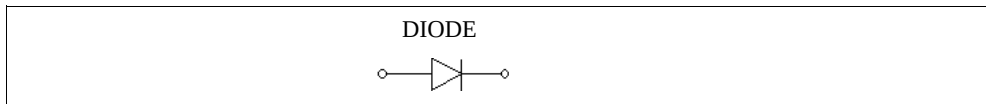
Linear switches include the following:

- npn bipolar junction transistor (NPN_1)
- pnp bipolar junction transistor (PNP_1)

2.2.1 Diode, DIAC, and Zener Diode

The conduction of a diode is determined by circuit operating conditions. A diode is turned on when it is positively biased, and is turned off when the current drops to zero.

Image:

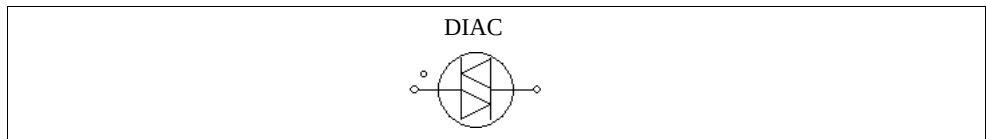


Attributes:

Parameters	Description
Diode Voltage Drop	Diode conduction voltage drop, in V
Initial Position	Flag for the initial diode position. If the flag is 0, the diode is open. If it is 1, the diode is closed.
Current Flag	Flag for the diode current output. If the flag is 0, there is no current output. If the flag is 1, the diode current will be saved to the output file for display in SIMVIEW.

A DIAC is a bi-directional diode. A DIAC does not conduct until the breakover voltage is reached. After that, the DIAC goes into avalanche conduction, and the conduction voltage drop is the breakback voltage.

Image:

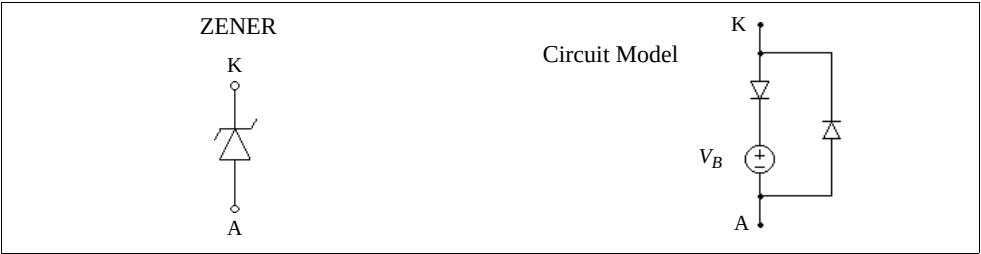


Attributes:

Parameters	Description
Breakover Voltage	Voltage at which breakover occurs and the DIAC begins to conduct, in V
Breakback Voltage	Conduction voltage drop, in V
Current Flag	Current flag

A zener diode is modelled by a circuit as shown below.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Breakdown Voltage	Breakdown voltage V_B of the zener diode, in V
Forward Voltage Drop	Voltage drop of the forward conduction (diode voltage drop from anode to cathode)
Current Flag	Flag for zener current output (from anode to cathode)

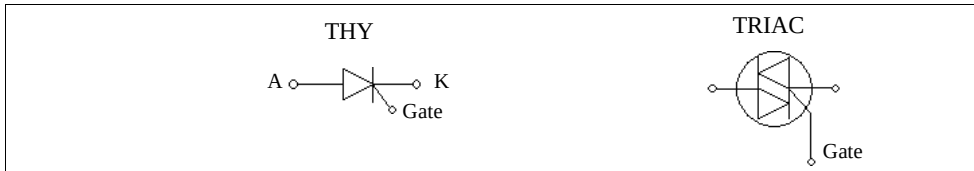
If the zener diode is positively biased, it behaves as a regular diode. When it is reverse biased, it will block the conduction as long as the cathode-anode voltage V_{KA} is less than the breakdown voltage V_B . When V_{KA} exceeds V_B , the voltage V_{KA} will be clamped to V_B . [Note: when the zener is clamped, since the diode is modelled with an on-resistance of $10\mu\Omega$, the cathode-anode voltage will in fact be equal to: $V_{KA} = V_B + 10\mu\Omega * I_{KA}$. Therefore, depending on the value of I_{KA} , V_{KA} will be slightly higher than V_B . If I_{KA} is very large, V_{KA} can be substantially higher than V_B].

2.2.2 Thyristor and TRIAC

A thyristor is controlled at turn-on. The turn-off is determined by circuit conditions.

A TRIAC is a device that can conduct current in both directions. It behaves in the same way as two thyristors in the opposite direction connected in parallel.

Images:



Attributes:

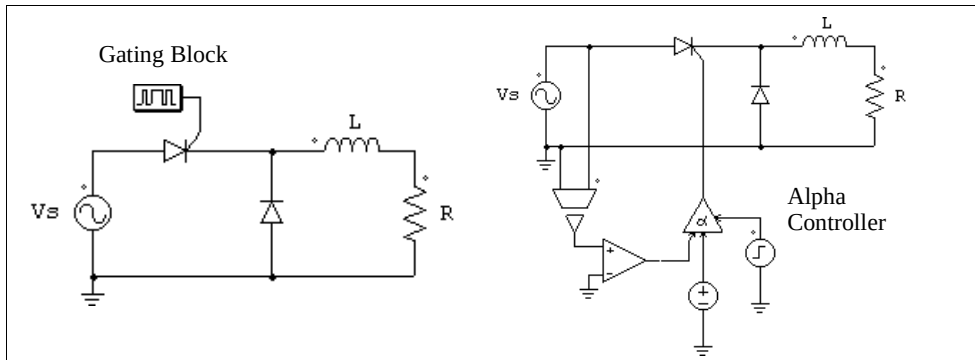
Parameters	Description
Voltage Drop	Thyristor conduction voltage drop, in
Holding Current	Minimum conduction current below which the device stops conducting and returns to the OFF state (for THY only)
Latching Current	Minimum ON state current required to keep the device in the ON state after the triggering pulse is removed (for THY only)
Initial Position	Flag for the initial switch position (for THY only)
Current Flag	Flag for switch current output

TRIAC holding current and latching current are set to zero.

There are two ways to control a thyristor or TRIAC. One is to use a gating block (GATING), and the other is to use a switch controller. The gate node of a thyristor or TRIAC, therefore, must be connected to either a gating block or a switch controller.

The following examples illustrate the control of a thyristor switch.

Examples: Control of a Thyristor Switch



This circuit on the left uses a switching gating block (see Section 2.2.5). The switching gating pattern and the frequency are pre-defined, and will remain unchanged throughout the simulation. The circuit on the right uses an alpha controller (see Section 4.5.2). The delay angle α , in deg., is specified through the dc source in the circuit.

2.2.3 GTO, Transistors, and Bi-Directional Switch

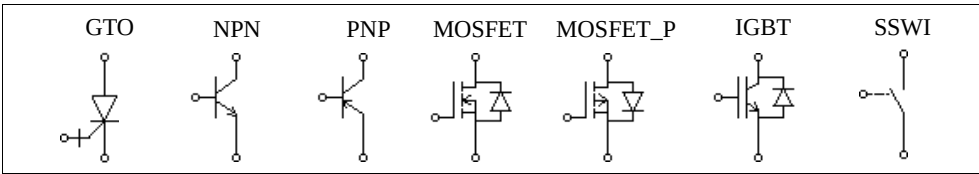
Self-commutated switches in the switchmode, except pnp bipolar junction transistor (BJT) and p-channel MOSFET, are turned on when the gating is high (when a voltage of 1V or higher is applied to the gate node) and the switch is positively biased (collector-emitter or drain-source voltage is positive). It is turned off whenever the gating is low or the current drops to zero. For pnp BJT and p-channel MOSFET, switches are turned on when the gating is low and switches are negatively biased (collector-emitter or drain-source voltage is negative).

A GTO switch is a symmetrical device with both forward-blocking and reverse-blocking capabilities. An IGBT or MOSFET switch consists of an active switch with an anti-parallel diode.

A bi-directional switch (SSWI) conducts currents in both directions. It is on when the gating is high and is off when the gating is low, regardless of the voltage bias conditions.

Note that a limitation of the BJT switch model in PSIM, in contrary to the device behavior in the real life, is that a BJT switch in PSIM can block reverse voltage (in this sense, it behaves like a GTO). Also, it is controlled by a voltage signal at the gate node, not a current.

Images:

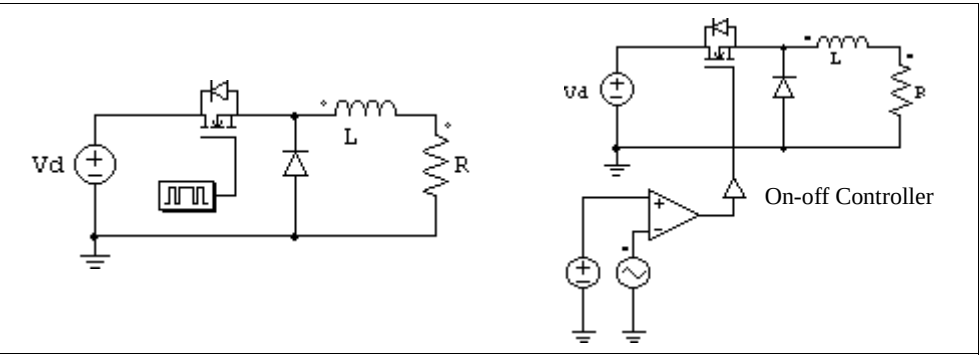


Attributes:

Parameters	Description
Initial Position	Initial switch position flag. For MOSFET and IGBT, this flag is for the active switch, not for the anti-parallel diode.
Current Flag	Switch current flag. For MOSFET and IGBT, the current through the whole module (the active switch plus the diode) will be displayed.

A switch can be controlled by either a gating block(GATING) or a switch controller. They must be connected to the gate (base) node of the switch. The following examples illustrate the control of a MOSFET switch.

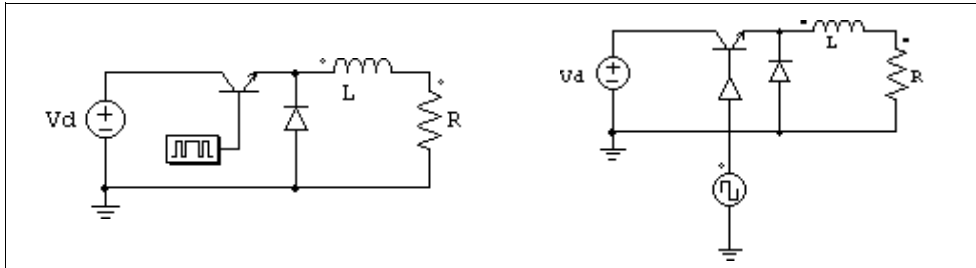
Examples: Control of a MOSFET Switch



The circuit on the left uses a gating block, and the one on the right uses an on-off switch controller (see Section 4.5.1). The gating signal is determined by the comparator output.

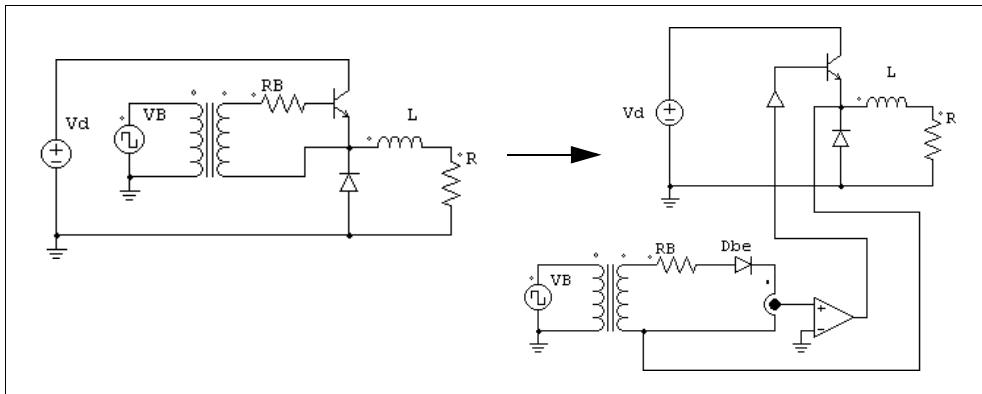
Example: Control of a npn Bipolar Junction Transistor

The circuit on the left uses a gating block, and the one on the right uses an on-off switch controller



The following shows another example of controlling the BJT switch. The circuit on the left shows how a BJT switch is controlled in the real life. In this case, the gating voltage V_B is applied to the transistor base drive circuit through a transformer, and the base current determines the conduction state of the transistor.

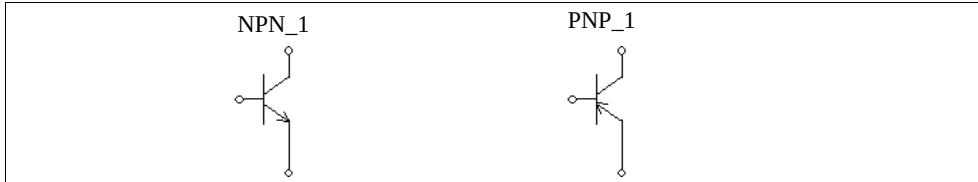
This circuit can be modelled and implemented in PSIM as shown on the right. A diode, D_{be} , with a conduction voltage drop of 0.7V, is used to model the pn junction between the base and the emitter. When the base current exceeds 0 (or a certain threshold value, in which case the base current will be compared to a dc source), the comparator output will be 1, applying the turn-on pulse to the transistor through the on-off switch controller



2.2.4 Linear Switches

Linear switches include npn bipolar junction transistor (NPN_1) and pnp bipolar junction transistor (PNP_1). They can operate in either cut-off, linear, or saturation region.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Current Gain beta	Transistor current gain β , defined as: $\beta = I_c / I_b$
Bias Voltage V_r	Forward bias voltage between base and emitter for NPN_1, or between emitter and base for PNP_1
$V_{ce,sat}$ [or $V_{ec,sat}$ for PNP_1]	Saturation voltage between collector and emitter for NPN_1, and between emitter and collector for PNP_1

A linear BJT switch is controlled by the base current I_b . It can operate in either one of the three regions: cut-off (off state), linear, and saturation region (on state). The properties of these regions for NPN_1 are:

- Cut-off region: $V_{be} < V_r$; $I_b = 0$; $I_c = 0$
- Linear region: $V_{be} = V_r$; $I_c = \beta * I_b$; $V_{ce} > V_{ce,sat}$
- Saturation region: $V_{be} = V_r$; $I_c < \beta * I_b$; $V_{ce} = V_{ce,sat}$

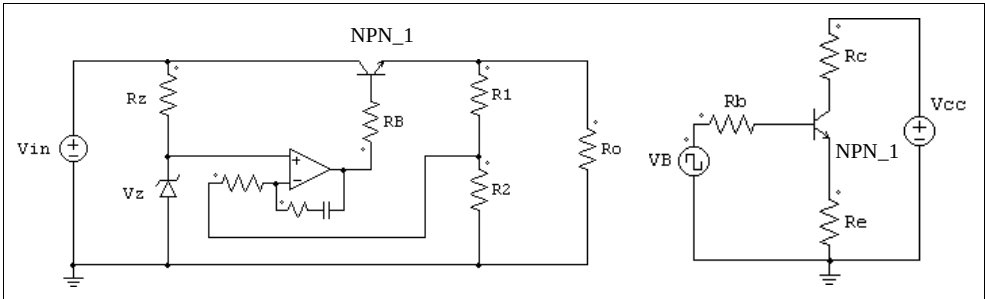
where V_{be} is the base-emitter voltage, V_{ce} is the collector-emitter voltage, and I_c is the collector current.

Note that for NPN_1 and PNP_1, the gate node (base node) is a power node, and must be connected to a power circuit component (such as a resistor or a source). It can not be connected to a gating block or a switch controller.

WARNING: It has been found that the linear model for NPN_1 and PNP_1 works well in simple circuits, but may not work when circuits are complex. Please use this model with caution.

Examples: Circuits Using the Linear BJT Switch

Examples below illustrate the use of the linear switch. The circuit on the left is a linear voltage regulator circuit, and the transistor operates in the linear mode. The circuit on the right is a simple test circuit.

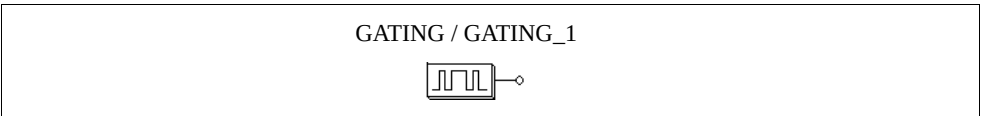


2.2.5 Switch Gating Block

A switch gating block defines the gating pattern of a switch or a switch module. The gating pattern can be specified either directly (with the gatingblock GATING) or in a text file (with the gating block GATING_1).

Note that a switch gating block can be connected to the gate node of a switch ONLY. It can not be connected to any other elements.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Frequency	Operating frequency of the switch or switch module connected to the gating block, in Hz
No. of Points	Number of switching points (for GATING only)
Switching Points	Switching points, in deg. If the frequency is zero, the switching points is in second. (forGATING only)
File for Gating Table	Name of the file that stores the gating table (for GATING_1 only)

The number of switching points is defined as the total number of switching actions in one period. Each turn-on or turn-off action is counted as one switching point. For example, if a switch is turned on and off once in one cycle, the number of switching points will be 2.

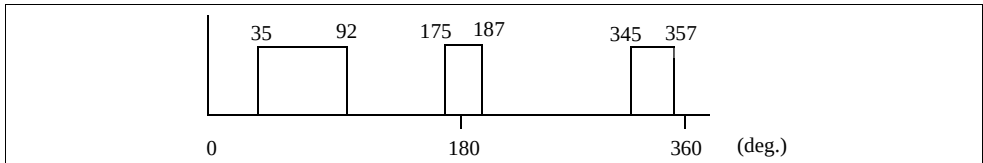
For GATING_1, the file for the gating table must be in the same directory as the schematic file. The gating table file has the following format:

```
n
G1
G2
... ...
Gn
```

where G1, G2, ..., Gn are the switching points.

Example:

Assume that a switch operates at 2000 Hz and has the following gating pattern in one period:



The specification of the gating block GATING for this switch will be:

Frequency	2000.
No. of Points	6
Switching Points	35. 92. 175. 187. 345. 357.

The gating pattern has 6 switching points (3 pulses). The corresponding switching angles are 35°, 92°, 175°, 187°, 345°, and 357°, respectively.

If the gating block GATING_1 is used instead, the specification will be:

Frequency	2000.
File for Gating Table	test.tbl

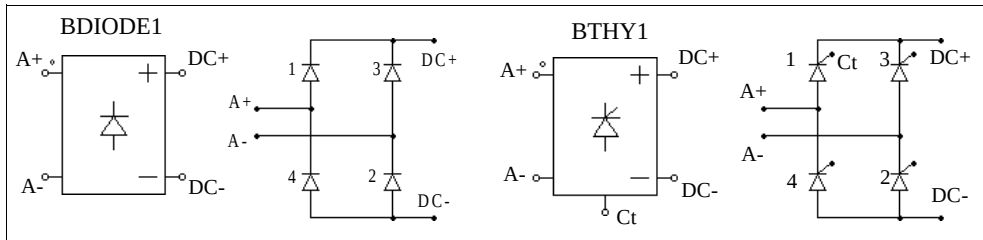
The file “test.tbl” will contain the following:

6
35.
92.
175.
187.
345.
357.

2.2.6 Single-Phase Switch Modules

Built-in single-phase diode bridge module (BDIODE1) and thyristor bridge module (BTHY1) are provided in PSIM. The images and internal connections of the modules are shown below.

Images:



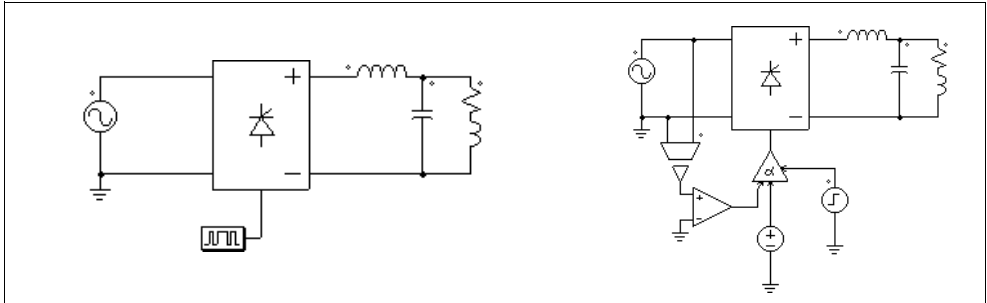
Attributes:

Parameters	Description
Diode Voltage Drop or Voltage Drop	Forward voltage drop of each diode or thyristor, in V
Init. Position_ <i>i</i>	Initial position for Switch <i>i</i>
Current Flag_ <i>i</i>	Current flag for Switch <i>i</i>

Node Ct at the bottom of the thyristor module BTHY1 is the gating control node for Switch 1. For the thyristor module, only the gatings for Switch 1 need to be specified. The gatings for other switches will be derived internally in PSIM.

Similar to the single thyristor switch, a thyristor bridge can also be controlled by either a gating block or an alpha controller, as shown in the following examples.

Examples: Control of a Thyristor Bridge

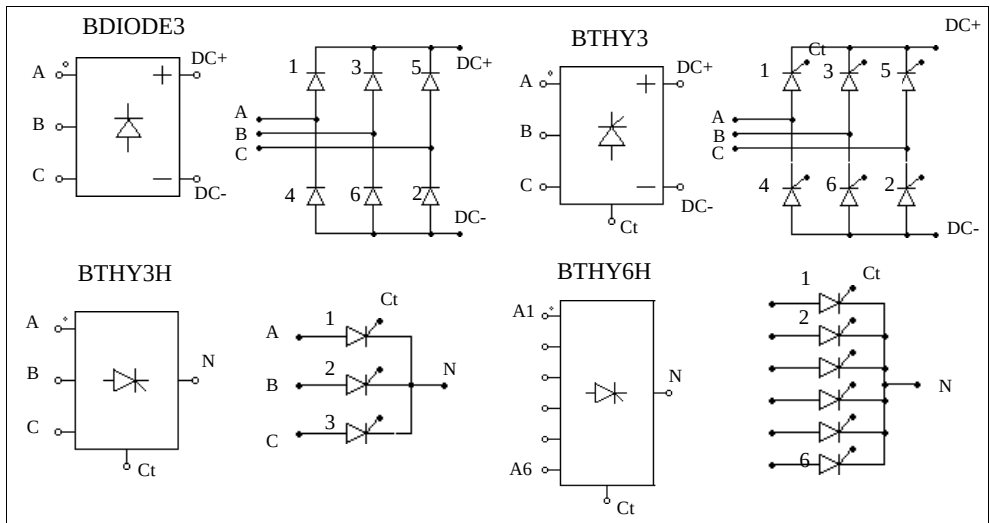


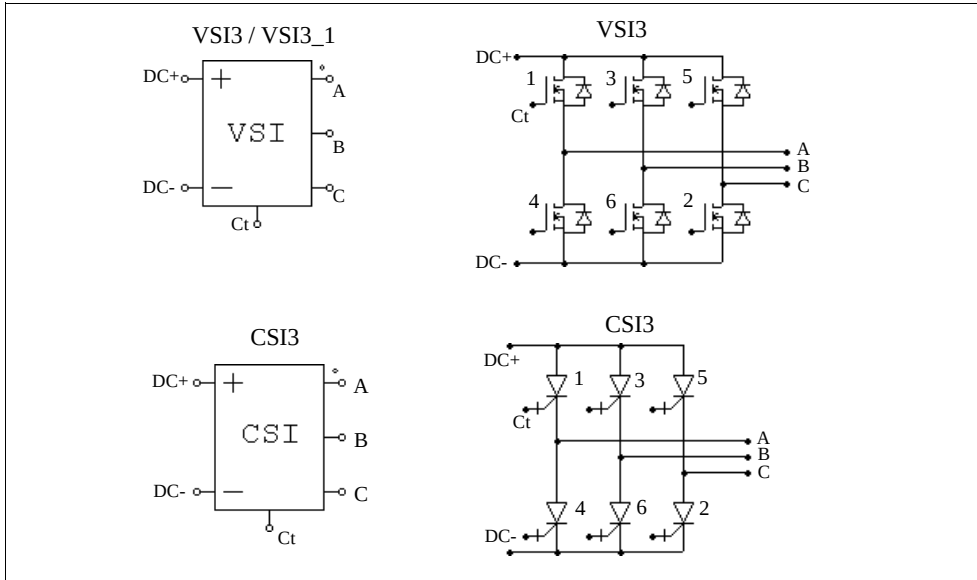
The gatings for the circuit on the left are specified through a gating block, and on the right are controlled through an alpha controller. A major advantage of the alpha controller is that the delay angle α of the thyristor bridge, in deg., can be directly controlled.

2.2.7 Three-Phase Switch Modules

The following figure shows three-phase switch modules and the internal circuit connections. The three-phase voltage source inverter module VSI3 consists of MOSFET-type switches, and the module VSI3_1 consists of IGBT-type switches. The current source inverter module CSI3 consists of GTO-type switches, or equivalently IGBT in series with diodes.

Images:





Attributes:

Parameters	Description
On-Resistance	On resistance of the MOSFET switch during the on state, in Ohm (for VSI3 only)
Saturation Voltage	Conduction voltage drop of the IGBT switch, in V (for VSI3_1 only)
Voltage Drop	Conduction voltage drop of the switch, in V (for CSI3 only)
Diode Voltage Drop	Conduction voltage drop of the anti-parallel diode, in V (for VSI3 and VSI3_1 only)
Init. Position _{<i>i</i>}	Initial position for Switch <i>i</i>
Current Flag _{<i>i</i>}	Current flag for Switch <i>i</i>

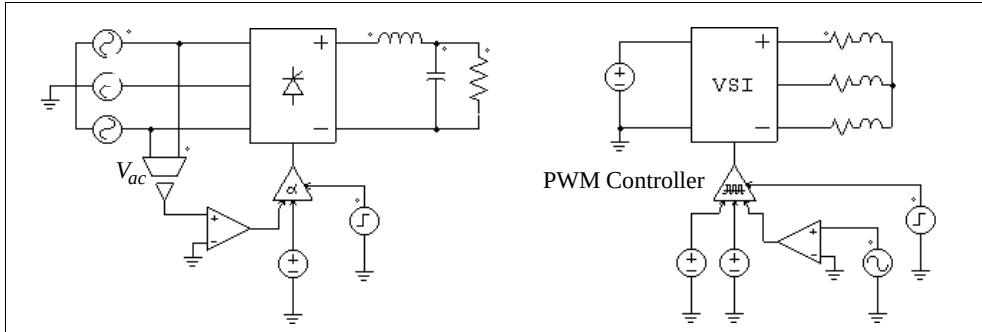
Similar to single-phase modules, only the gatings for Switch 1 need to be specified for three-phase modules. Gatings for other switches will be automatically derived. For the half-wave thyristor bridge (BTHY3H), the phase shift between two consecutive switches is 120°. For all other bridges, the phase shift is 60°.

Thyristor bridges (BTHY3 / BTHY3H / BTHY6H) can be controlled by an alpha

controller. Similarly, voltage/current source inverters can be controlled by a PWM lookup table controller(PATTCTRL).

The following examples illustrate the control of three-phase thyristor and voltage source inverter modules.

Example: Control of Three-Phase Thyristor and VSI Modules

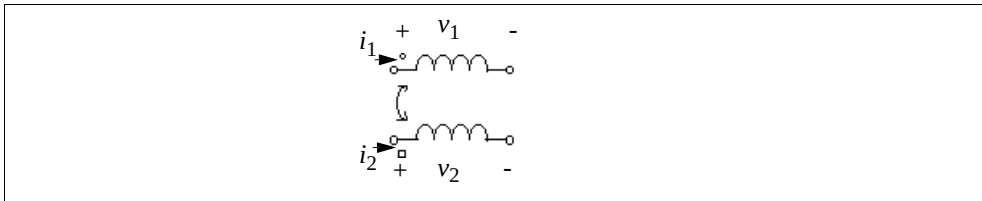


The thyristor circuit on the left uses an alpha controller. For a three-phase circuit, the zero-crossing of the voltage V_{ac} corresponds to the moment when the delay angle alpha is equal to zero. This signal is, therefore, used to provide synchronization to the controller

The circuit on the right uses a PWM lookup table controller. The PWM patterns are stored in a lookup table in a text file. The gating pattern is selected based on the modulation index. Other input of the PWM lookup table controller includes the delay angle, the synchronization, and the enable/disable signal. A detailed description of the PWM lookup table controller is given in Section 4.5.3.

2.3 Coupled Inductors

Coupled inductors with two, three, and four branches are provided. The following shows coupled inductors with two branches.



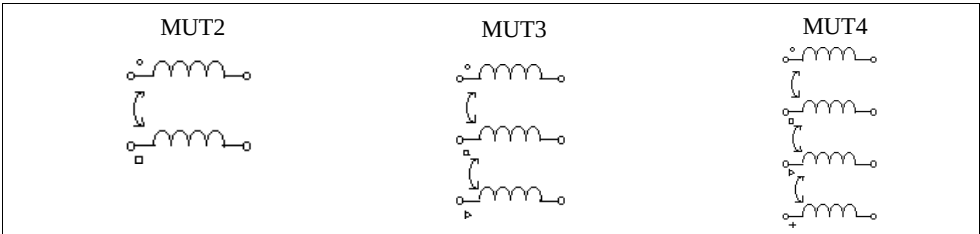
Let L_{11} and L_{22} be the self-inductances of Branch 1 and 2, and L_{12} and L_{21} the mutual

inductances, the branch voltages and currents have the following relationship:

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} \\ L_{21} & L_{22} \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix}$$

The mutual inductances between two windings are assumed to be always equal, i.e., $L_{12}=L_{21}$.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
L_{ii} (self)	Self inductance of the inductor i , in H
L_{ij} (mutual)	Mutual inductance between Inducto i and j , in H
$i_{i\_initial}$	Initial current in Inductor i
$Iflag\_i$	Flag for the current printout in Inductor i

In the images, the circle, square, triangle, and plus refer to Inductor 1, 2, 3, and 4, respectively.

Example:

Two mutually coupled inductors have the following self inductances and mutual inductance: $L_{11} = 1 \text{ mH}$, $L_{22} = 1.1 \text{ mH}$, and $L_{12} = L_{21} = 0.9 \text{ mH}$. The specification of the element MUT2 will be:

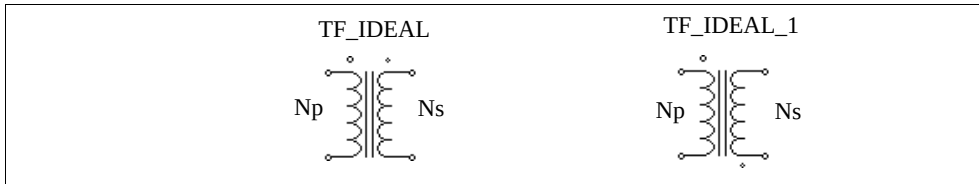
L11 (self)	1m
L12 (mutual)	0.9m
L22 (self)	1.1m

2.4 Transformers

2.4.1 Ideal Transformer

An ideal transformer has no losses and no leakage flux.

Images:



The winding with the larger dot is the primary and the other winding is the secondary.

Attributes:

Parameters	Description
Np (primary)	No. of turns of the primary winding
Ns (secondary)	No. of turns of the secondary winding

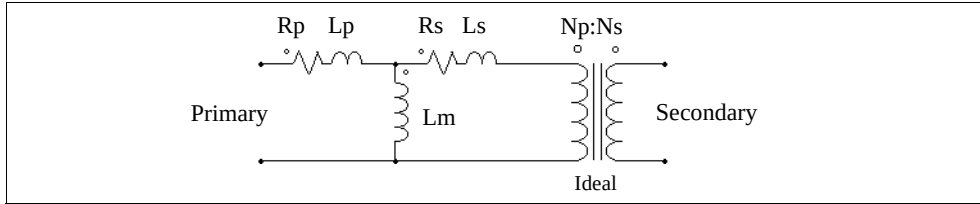
Since the turns ratio is equal to the ratio of the rated voltages, the number of turns can be replaced by the rated voltage at each side.

2.4.2 Single-Phase Transformers

The following single-phase transformer modules are provided in PSIM:

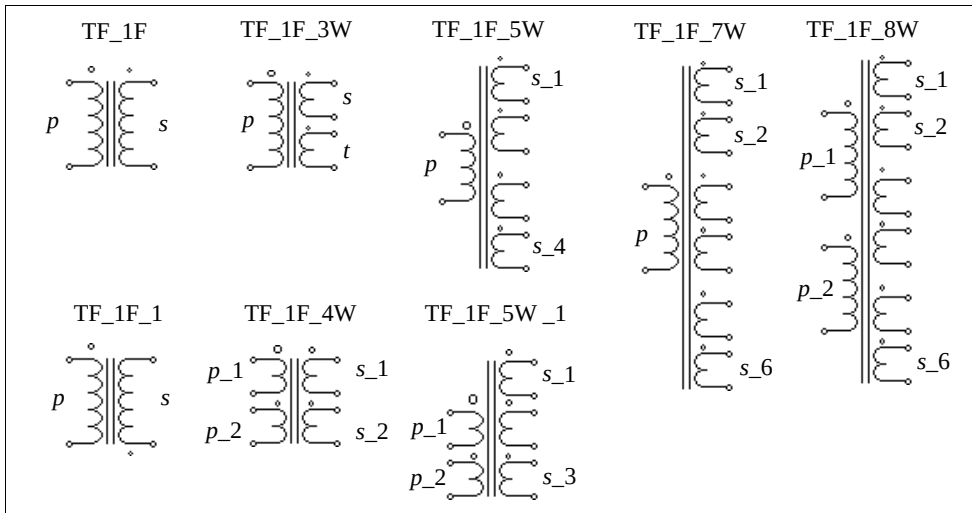
- Transformer with 1 primary and 1 secondary windings (TF_1F / TF_1F_1)
- Transformer with 1 primary and 2 secondary windings (TF_1F_3W)
- Transformer with 2 primary and 2 secondary windings (TF_1F_4W)
- Transformer with 1 primary and 4 secondary windings (TF_1F_5W / TF_1F_5W_1)
- Transformer with 1 primary and 6 secondary windings (TF_1F_7W)
- Transformer with 2 primary and 6 secondary windings (TF_1F_8W)

A single-phase two-winding transformer is modelled as:



where R_p and R_s are the primary and secondary winding resistances; L_p and L_s are the primary and secondary winding leakage inductances; and L_m is the magnetizing inductance. All the values are referred to the primary winding side. If there are multiple primary windings, all the values are referred to the first primary winding.

Images:



In the images, p refers to primary, s refers to secondary, and t refers to tertiary .

The winding with the largest dot is the primary winding or first primary winding. For the multiple winding transformers, the sequence of the windings is from the top to the bottom.

For the transformers with 2 or 3 windings, the attributes are as follows.

Attributes:

Parameters	Description
Rp (primary); Rs (secondary); Rt (tertiary)	Resistance of the primary/secondary/tertiary winding, in Ohm
Lp (pri. leakage); Ls (sec. leakage); Lt (ter. leakage)	Leakage inductance of the primary/secondary/tertiary winding, in H (seen from the primary)
Lm (magnetizing)	Magnetizing inductance, in H
Np (primary); Ns (secondary); Nt (tertiary)	No. of turns of the primary/secondary/tertiary winding

All the resistances and inductances are referred to the primary side.

For the transformers with more than 1 primary winding or more than 3 secondary windings, the attributes are as follows.

Attributes:

Parameters	Description
Rp _i (primary <i>i</i>); Rs _i (secondary <i>i</i>)	Resistance of the i_{th} primary/secondary/tertiary winding, in Ohm
Lp _i (pri. <i>i</i> leakage); Ls _i (sec. <i>i</i> leakage)	Leakage inductance of the i_{th} primary/secondary/tertiary winding, in H (referred to the first primary winding)
Lm (magnetizing)	Magnetizing inductance, in H (seen from the first primary winding)
Np _i (primary <i>i</i>); Ns _i (secondary <i>i</i>)	No. of turns of the i_{th} primary/secondary/tertiary winding

All the resistances and inductances are referred to the first primary winding side.

Example:

A single-phase two-winding transformer has a winding resistance of 0.002 Ohm and leakage inductance of 1 mH at both the primary and the secondary side (all the values are referred to the primary). The magnetizing inductance is 100 mH, and the turns ratio

is $N_p:N_s = 220:440$. In PSIM, the transformer will be TF_1F with the specifications as:

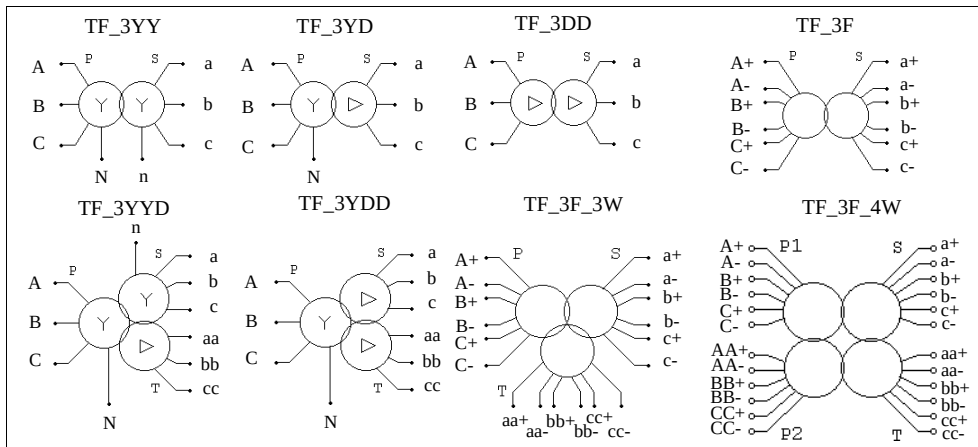
Rp (primary)	2m
Rs (secondary)	2m
Lp (primary)	1m
Ls (secondary)	1m
Lm (magnetizing)	100m
Np (primary)	220
Ns (secondary)	440

2.4.3 Three-Phase Transformers

PSIM provides two-winding and three-winding transformer modules as shown below. They all have 3-leg cores.

- 3-phase transformer (windings unconnected) (TF_3F)
- 3-phase Y/Y and Y/ Δ connected transformer (TF_3YY / TF_3YD)
- 3-phase 3-winding transformer (windings unconnected) (TF_3F_3W)
- 3-phase 3-winding Y/Y/ Δ and Y/ Δ / Δ connected transformer (TF_3YYD / TF_3YDD)
- 3-phase 4-winding transformer (windings unconnected) (TF_3F_4W)

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Rp (primary); Rs (secondary); Rt (tertiary)	Resistance of the primary/secondary/tertiary winding, in Ohm
Lp (pri. leakage); Ls (sec. leakage); Lt (ter. leakage)	Leakage inductance of the primary/secondary/tertiary winding, in H
Lm (magnetizing)	Magnetizing inductance, in H (seen from the primary side)
Np (primary); Ns (secondary); Nt (tertiary)	No. of turns of the primary/secondary/tertiary winding

In the images, “P” refers to primary, “S” refers to secondary, and “T” refers to tertiary
All resistances and inductances are referred to the primary or the first primary winding side.

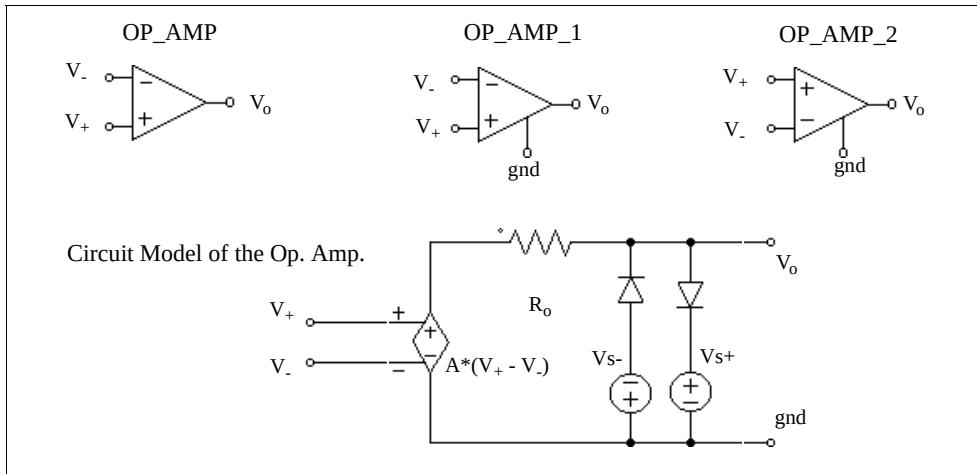
Three-phase transformers are modelled in the same way as single-phase transformers.

2.5 Other Elements

2.5.1 Operational Amplifier

An ideal operational amplifier (op. amp.) is modelled using power circuit elements, as shown below.

Images:



where

- V_+ ; V_- - noninverting and inverting input voltages
- V_o - output voltage
- A - op. amp. gain (A is set to 100,000.)
- R_o - output resistance (R_o is set to 80 Ohms)

Attributes:

Parameters	Description
Voltage V_{s+}	Upper voltage source level of the op. amp.
Voltage V_{s-}	Lower voltage source levels of the op. amp.

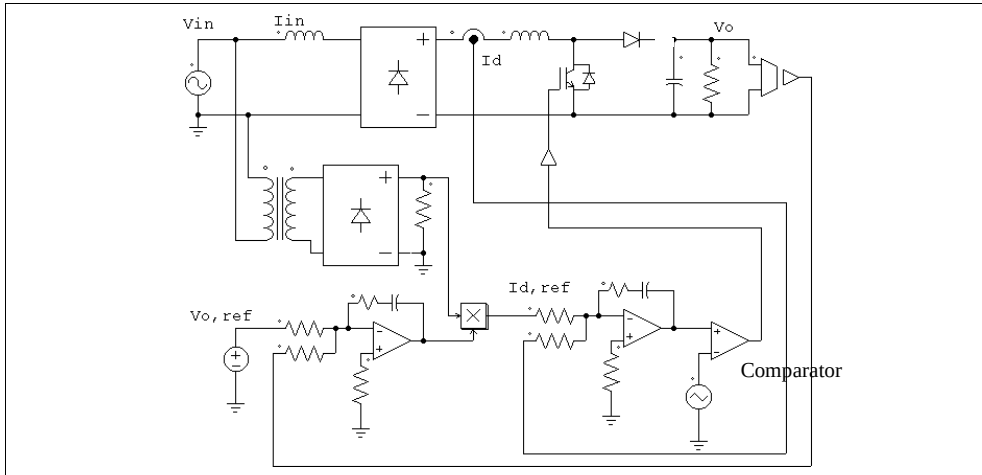
The difference between OP_AMP and OP_AMP_1 or OP_AMP_2 is that, for OP_AMP, the reference ground node of the op. amp. model is connected to the power ground, whereas in OP_AMP_1 and OP_AMP_2, the reference ground node of the

model is accessible and can be floating.

Note that the image of an op. amp. OP_AMP is similar to that of a comparator. For the op. amp., the inverting input is at the upper left and the noninverting input is at the lower left. For the comparator, it is the opposite.

Example: A Boost Power Factor Correction Circuit

The figure below shows a boost power factor correction circuit. It has the inner current loop and the outer voltage loop. The PI regulators of both loops are implemented using op. amp.



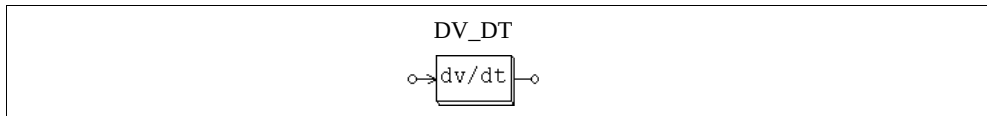
2.5.2 dv/dt Block

A dv/dt block has the same function as the differentiator in the control circuit, except that it can be used in the power circuit. The output of the dv/dt block is equal to the derivative of the input voltage versus time. It is calculated as:

$$V_o = \frac{V_{in}(t) - V_{in}(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

where $V_{in}(t)$ and $V_{in}(t - \Delta t)$ are the input values at the current and previous time step, and Δt is the simulation time step.

Image:



2.6 Motor Drive Module

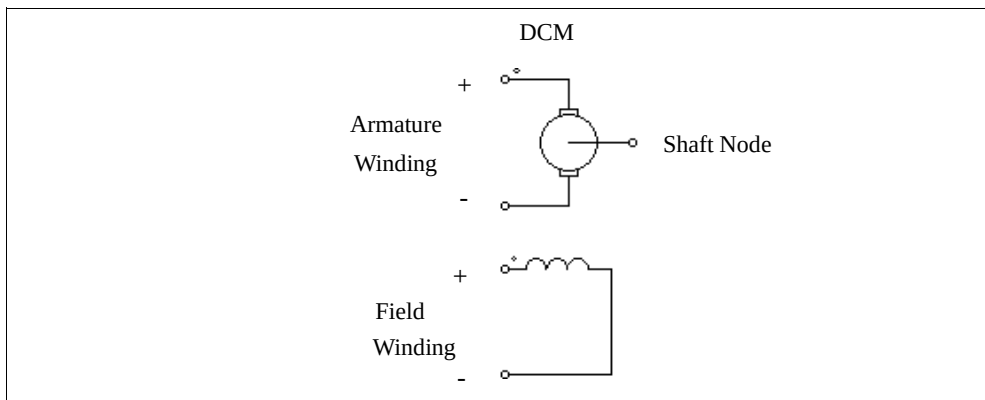
The Motor Drive Module is an add-on module to the basic PSIM program. It provides machine models and mechanical load models for motor drive system studies.

2.6.1 Electric Machines

2.6.1.1 DC Machine

The image and parameters of a dc machine are as follows:

Image:



Attributes:

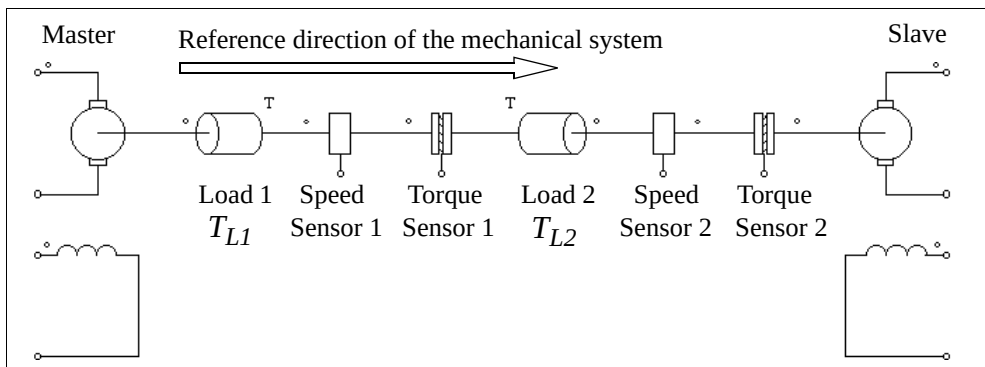
Parameters	Description
R_a (armature)	Armature winding resistance, in Ohm
L_a (armature)	Armature winding inductance, in H
R_f (field)	Field winding resistance, in Ohm
L_f (field)	Field winding inductance, in H
Moment of Inertia	Moment of inertia of the machine, in $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
V_t (rated)	Rated armature terminal voltage, in V
I_a (rated)	Rated armature current, in A

Parameters	Description
n (rated)	Rated mechanical speed, in rpm
I_f (rated)	Rated field current, in A
Torque Flag	Output flag for internal torque T_{em}
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave)

When the torque flag is set to 1, the internal torque generated by the machine will be saved to the output file for display.

A machine is set to either the master or slave mode. When there is only one machine in a mechanical system, this machine must be set to the master mode. When there are two or more machines in a system, only one must be set to the master mode and the rest to the slave mode. The same applies to a mechanical-electrical interface block, as explained later

The machine in the master mode is referred to as the master machine, and it defines the reference direction of the mechanical system. The reference direction is defined as the direction from the shaft node of the master machine along the shaft to the rest of the mechanical system, as illustrated below:



In this mechanical system, the machine on the left is the master and the one on the right is the slave. The reference direction of the mechanical system is, therefore, from left to the right along the mechanical shaft. Furthermore, if the reference direction enters an element at the dotted side, this element is along the reference direction. Otherwise it is opposite to the reference direction. For example, Load 1, Speed Sensor 1, and Torque Sensor 1, are along the reference direction, and Load 2, Speed Sensor 2, and Torque Sensor 2 are opposite to the reference direction.

It is further assumed the mechanical speed is positive when both the armature and the

field currents of the master machine are positive.

Based on this notation, if the speed sensor is along the reference direction of the mechanical system, a positive speed produced by the master machine will give a positive speed sensor output. Otherwise, the speed sensor output will be negative. For example, if the speed of the master machine in the example above is positive, Speed Sensor 1 reading will be positive, and Speed Sensor 2 reading will be negative.

The reference direction also determines how a mechanical load interacts with the machine. In this system, there are two constant-torque mechanical loads with the amplitudes of T_{L1} and T_{L2} , respectively. Load 1 is along the reference direction, and Load 2 is opposite to the reference direction. Therefore, the loading torque of Load 1 to the master machine is T_{L1} , whereas the loading torque of Load 2 to the master machine is $-T_{L2}$.

The operation of a dc machine is described by the following equations:

$$v_t = E_a + i_a \cdot R_a + L_a \frac{di_a}{dt}$$

$$v_f = i_f \cdot R_f + L_f \frac{di_f}{dt}$$

$$E_a = k \cdot \phi \cdot \omega_m$$

$$T_{em} = k \cdot \phi \cdot i_a$$

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_L$$

where v_t , v_f , i_a , and i_f are the armature and field winding voltage and current, respectively; E_a is the back emf, ω_m is the mechanical speed in rad./sec., T_{em} is the internal developed torque, and T_L is the load torque. The back emf and the internal torque can also be expressed as:

$$E_a = L_{af} \cdot i_f \cdot \omega_m$$

$$T_{em} = L_{af} \cdot i_f \cdot i_a$$

where L_{af} is the mutual inductance between the armature and the field windings. It can be calculated based on the rated operating conditions as:

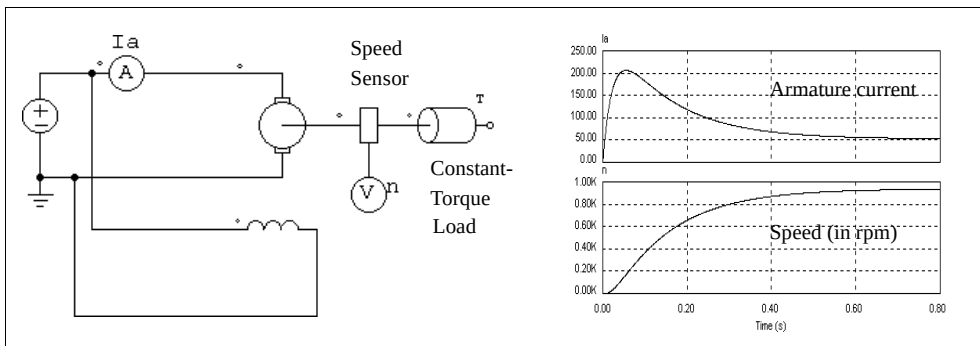
$$L_{af} = \frac{(V_t - I_a \cdot R_a)}{I_f \cdot \omega_m}$$

Note that the dc machine model assumes magnetic linearity. Saturation is not considered.

Example: A DC Motor with a Constant-Torque Load

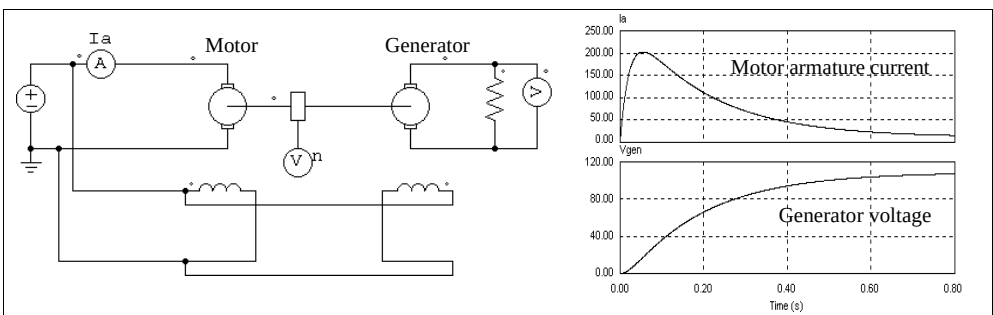
The circuit below shows a shunt-excited dc motor with a constant-torque load T_L . Since the load is along the reference direction of the mechanical system, the loading torque to the machine is T_L . Also, the speed sensor is along the reference direction. It will give a positive output for a positive speed.

The simulation waveforms of the armature current and the speed are shown on the right.



Example: A DC Motor-Generator Set

The circuit below shows a dc motor-generator set. The motor on the left is set to the master mode and the generator on the right is set to the slave mode. The simulation waveforms of the motor armature current and the generator voltage show the start-up transient.



2.6.1.2 Induction Machine

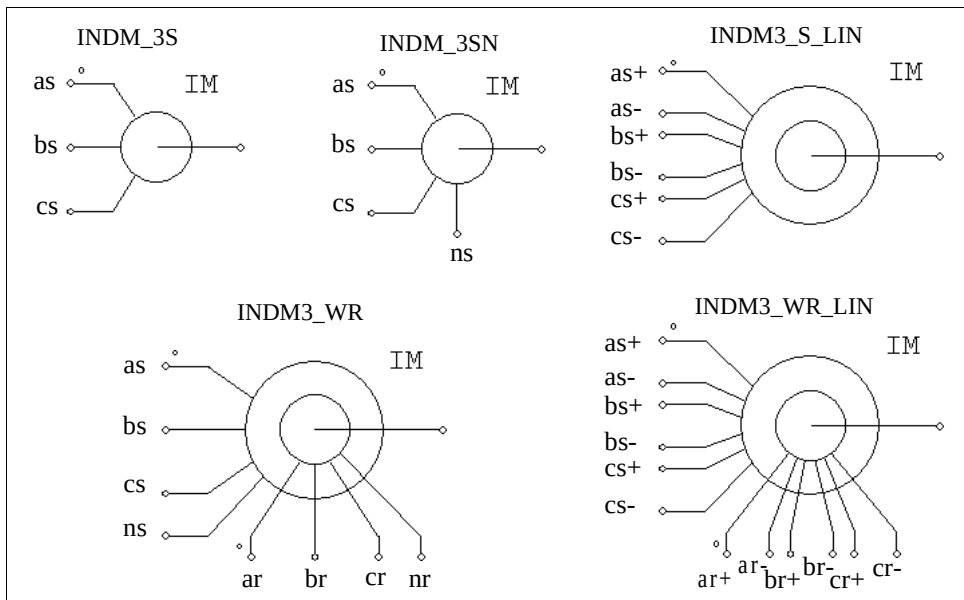
Two types of models are provided for both squirrel-cage and wound-rotor induction machines: linear and nonlinear model. The linear model is further divided into general type and symmetrical type. This section describes the linear models.

Four linear models are provided:

- Symmetrical 3-phase squirrel-cage induction machine (INDM_3S / INDM_3SN)
- General 3-phase squirrel-cage induction machine (INDM3_S_LIN)
- Symmetrical 3-phase wound-rotor induction machine (INDM3_WR)
- General 3-phase wound-rotor induction machine (INDM3_WR_LIN)

The images and parameters are shown as follows.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
R_s (stator)	Stator winding resistance, in Ohm
L_s (stator)	Stator winding leakage inductance, in H
R_r (rotor)	Rotor winding resistance, in Ohm
L_r (rotor)	Rotor winding leakage inductance, in H
L_m (magnetizing)	Magnetizing inductance, in H
Ns/Nr Turns Ratio	Stator and rotor winding turns ratio (for wound-rotor machine only)
No. of Poles	Number of poles P of the machine (an even integer)
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in kg*m ²
Torque Flag	Flag for internal torque (T_{em}) output. When the flag is set to 1, the output of the internal torque is requested.
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave)

All the parameters are referred to the stator side.

Again, the master/slave flag defines the mode of operation for the machine. Refer to Section 2.6.1.1 for detailed explanation. It is assumed the mechanical speed is positive when the input source sequence is positive.

The model INDM_3SN is the same as INDM_3S, except that the stator neutral point is accessible.

The operation of a 3-phase induction machine is described by the following equations:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} v_{abc,s} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{abc,s} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_s \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{abc,s} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_{sr} \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{abc,r} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} v_{abc,r} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_r \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_{abc,r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L_r \end{bmatrix} \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{abc,r} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} M_{sr} \end{bmatrix}^T \cdot \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_{abc,s} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

where

$$\begin{bmatrix} v_{abc,s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{a,s} \\ v_{b,s} \\ v_{c,s} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} v_{abc,r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{a,r} \\ v_{b,r} \\ v_{c,r} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} i_{abc,s} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{a,s} \\ i_{b,s} \\ i_{c,s} \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} i_{abc,r} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_{a,r} \\ i_{b,r} \\ i_{c,r} \end{bmatrix}$$

For squirrel-cage machines, $v_{a,r} = v_{b,r} = v_{c,r} = 0$. The parameter matrices are defined as:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} R_s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} R_r \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} R_r & 0 & 0 \\ 0 & R_r & 0 \\ 0 & 0 & R_r \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} L_s \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} L_s + M_{sr} & -\frac{M_{sr}}{2} & -\frac{M_{sr}}{2} \\ -\frac{M_{sr}}{2} & L_s + M_{sr} & -\frac{M_{sr}}{2} \\ -\frac{M_{sr}}{2} & -\frac{M_{sr}}{2} & L_s + M_{sr} \end{bmatrix} & \begin{bmatrix} L_r \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} L_r + M_{sr} & -\frac{M_{sr}}{2} & -\frac{M_{sr}}{2} \\ -\frac{M_{sr}}{2} & L_r + M_{sr} & -\frac{M_{sr}}{2} \\ -\frac{M_{sr}}{2} & -\frac{M_{sr}}{2} & L_r + M_{sr} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} M_{sr} \end{bmatrix} &= M_{sr} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos \theta & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos \theta \end{bmatrix} \end{aligned}$$

where M_{sr} is the mutual inductance between the stator and rotor windings, and θ is the mechanical angle. The mutual inductance is related to the magnetizing inductance as:

$$L_m = \frac{3}{2} M_{sr}$$

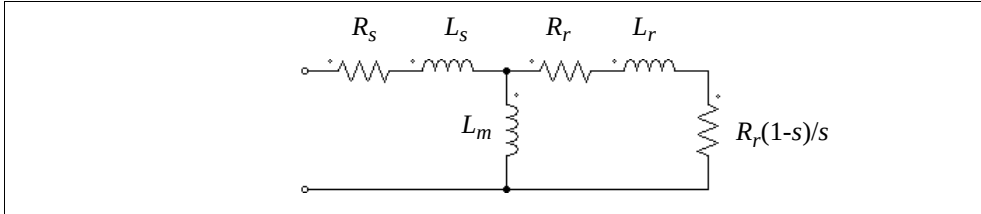
The mechanical equation is expressed as:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_L$$

where the developed torque T_{em} is defined as:

$$T_{em} = P \cdot [i_{abc,s}]^T \cdot \frac{d}{d\theta} [M_{sr}] \cdot [i_{abc,r}]$$

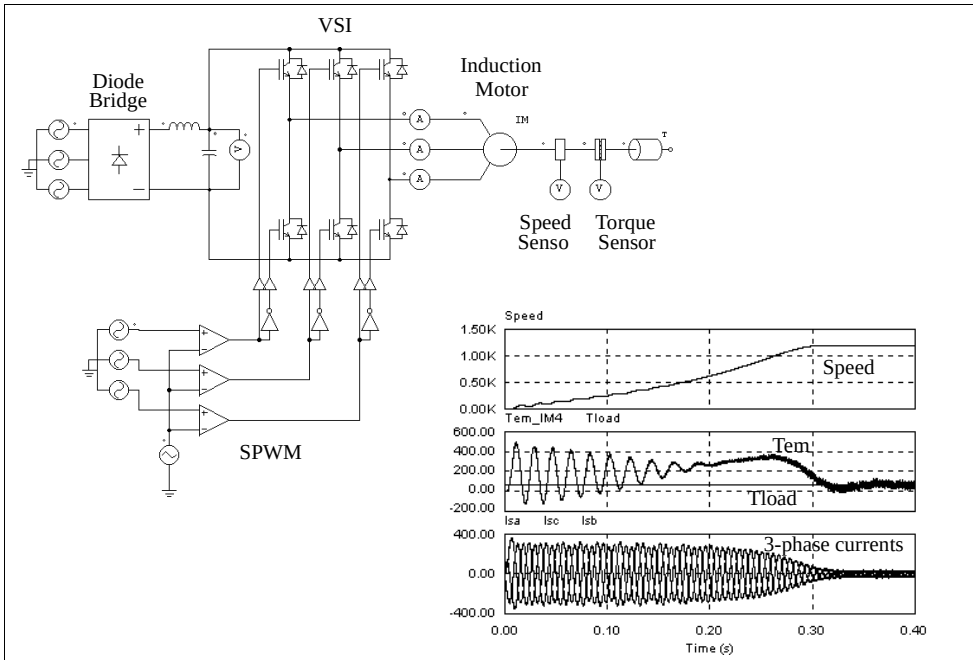
For a symmetrical squirrel-cage induction machine, the steady state equivalent circuit is shown below. In the figure, s is the slip.



Example: A VSI Induction Motor Drive System

The figure below shows an open-loop induction motor drive system. The motor has 6 poles and is fed by a voltage source inverter with sinusoidal PWM. The dc bus is fed through a diode bridge.

The simulation waveforms of the mechanical speed (in rpm), developed torque T_{em} and load torque T_{load} , and 3-phase input currents show the start-up transient.

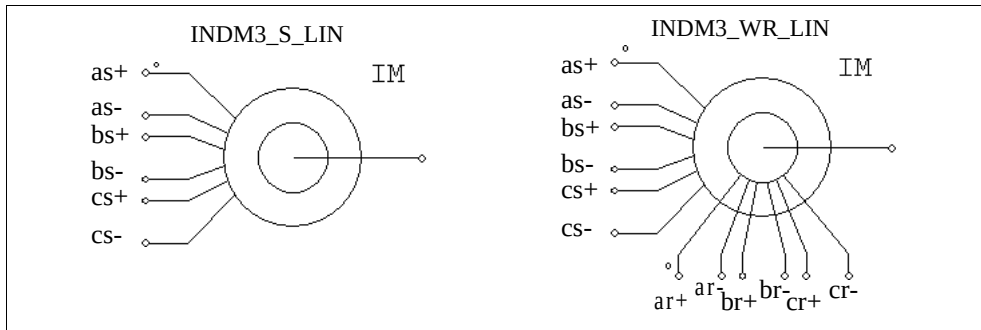


2.6.1.3 Induction Machine with Saturation

Two models of induction machines with saturation are provided:

- 3-phase squirrel-cage induction machine (INDM3_S_NON)
- 3-phase wound-rotor induction machine (INDM3_WR_NON)

Images:



Attributes:

Parameters	Description
R_s (stator)	Stator winding resistance, in Ohm
L_s (stator)	Stator winding leakage inductance, in H
R_r (rotor)	Rotor winding resistance, in Ohm
L_r (rotor)	Rotor winding leakage inductance, in H
Ns/Nr Turns Ratio	Stator and rotor winding turns ratio (for wound-rotor machine only)
No. of Poles	Number of poles P of the machine (an even integer)
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
Torque Flag	Flag for internal torque (T_{em}) output. When the flag is set to 1, the output of the internal torque is requested.
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave)
I_m v.s. L_m (I_{m1}, L_{m1}) ...	Characteristics of the magnetizing current I_m versus the magnetizing inductance [(I_{m1}, L_{m1}) (I_{m2}, L_{m2}) ...]

All the parameters are referred to the stator side.

The operation of a 3-phase induction machine with saturation is described by the following equations:

$$[v_{abc,s}] = [R_s] \cdot [i_{abc,s}] + L_s \cdot \frac{d}{dt}[i_{abc,s}] + \frac{d}{dt}[\lambda_{abc,s}]$$

$$[v_{abc,r}] = [R_r] \cdot [i_{abc,r}] + L_r \cdot \frac{d}{dt}[i_{abc,r}] + \frac{d}{dt}[\lambda_{abc,r}]$$

where

$$[\lambda_{abc,s}] = M_{sr} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} \cdot [i_{abc,s}] + M_{sr} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta \end{bmatrix} [i_{abc,r}]$$

$$[\lambda_{abc,r}] = M_{sr} \cdot \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\theta \end{bmatrix} \cdot [i_{abc,s}] + M_{sr} \cdot \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 1 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & 1 \end{bmatrix} [i_{abc,r}]$$

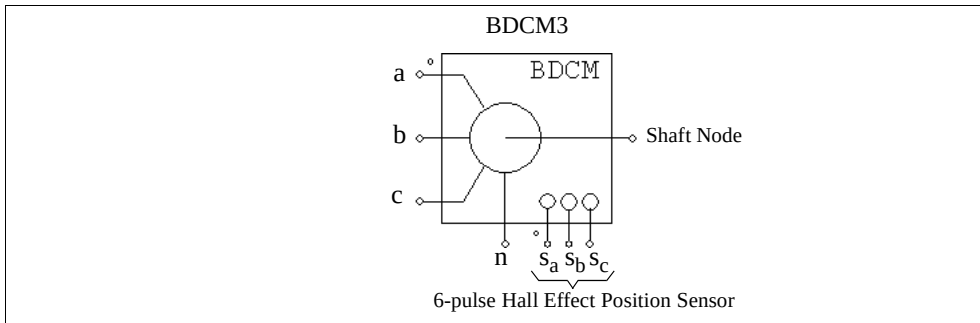
In this case, the inductance M_{sr} is no longer constant, but a function of the magnetizing current I_m .

2.6.1.4 Brushless DC Machine

A 3-phase brushless dc machine is a type of permanent magnet synchronous machine with trapezoidal waveform back emf. It has 3-phase windings on the stator, and permanent magnet on the rotor.

The image and parameters of the 3-phase brushless dc machine are shown as follows.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
R (stator resistance)	Stator phase resistance R , in Ohm
L (stator self ind.)	Stator phase self inductance L , in H
M (stator mutual ind.)	Stator mutual inductance M , in H The mutual inductance M is a negative value. Depending on the winding structure, the ratio between M and the stator self inductance L is normally between $-1/3$ and $-1/2$. If M is unknown, a reasonable value of M equal to $-0.4*L$ can be used as the default value.
V_{pk} / krpm	Peak line-to-line back emf constant, in V/krpm (mechanical speed)
V_{rms} / krpm	RMS line-to-line back emf constant, in V/krpm (mechanical speed). The values of $V_{pk}/krpm$ and $V_{rms}/krpm$ should be available from the machine data sheet. If these values are not available, they can be obtained through experiments by operating the machine as a generator at 1000 rpm and measuring the peak and rms values of the line-to-line voltage.
No. of Poles P	Number of poles P
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in $kg*m^2$
Mech. Time Constant	Mechanical time constant τ_{mech}

Parameters	Description
theta_0 (deg.)	Initial rotor angle θ_r , in electrical deg. The initial rotor angle is the rotor angle at $t=0$. The zero rotor angle position is defined as the position where Phase A back emf crosses zero (from negative to positive) under a positive rotation speed.
theta_advance (deg.)	Position sensor advance angle $\theta_{advance}$, in electrical deg. The advance angle is defined as the angle difference between the turn-on angle of Phase A upper switch and 30° in an 120° conduction mode. For example, if Phase A is turned on at 25° , the advance angle will be 5° (i.e. $30 - 25 = 5$).
Conduction Pulse Width	Position sensor conduction pulse width, in electrical deg. Positive conduction pulse can turn on the upper switch and negative pulse can turn on the lower switch in a full bridge inverter. The conduction pulse width is 120° electrical deg. for 120° conduction mode.
Torque Flag	Output flag for internal developed torque T_{em} (1: output; 0: no output)
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave). The flag defines the mode of operation for the machine. Refer to Section 2.6.1.1 for detailed explanation.

The node assignments of the image are: Nodes a, b, and c are the stator winding terminals for Phase A, B, and C, respectively. The stator windings are Y connected, and Node n is the neutral point. The shaft node is the connecting terminal for the mechanical shaft. They are all power nodes and should be connected to the power circuit.

Node s_a , s_b , and s_c are the outputs of the built-in 6-pulse hall effect position sensors for Phase A, B, and C, respectively. The sensor output is a bipolar commutation pulse (1, 0, and -1). The sensor output nodes are all control nodes and should be connected to the control circuit.

The equations of the 3-phase brushless dc machine are:

$$v_a = R \cdot i_a + (L - M) \cdot \frac{di_a}{dt} + E_a$$

$$v_b = R \cdot i_b + (L - M) \cdot \frac{di_b}{dt} + E_b$$

$$v_c = R \cdot i_c + (L - M) \cdot \frac{di_c}{dt} + E_c$$

where v_a , v_b , and v_c are the phase voltages, i_a , i_b , and i_c are the phase currents, R , L , and M are the stator phase resistance, self inductance, and mutual inductance, and E_a , E_b , and E_c are the back emf of Phase A, B, and C, respectively.

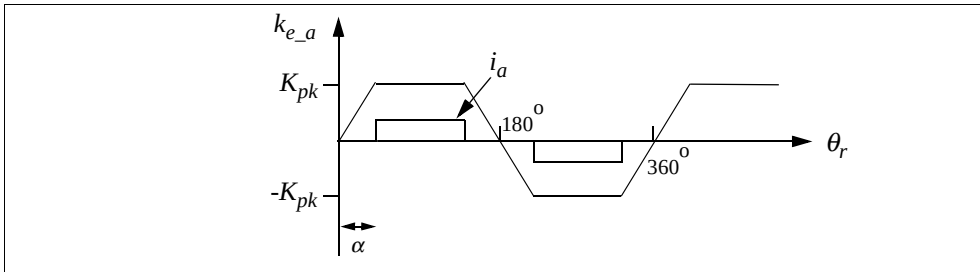
The back emf voltages are a function of the rotor mechanical speed ω_m and the rotor electrical angle θ_r , that is:

$$E_a = k_{e_a} \cdot \omega_m$$

$$E_b = k_{e_b} \cdot \omega_m$$

$$E_c = k_{e_c} \cdot \omega_m$$

The coefficients k_{e_a} , k_{e_b} , and k_{e_c} are dependent on the rotor angle θ_r . In this model, an ideal trapezoidal waveform profile is assumed, as shown below for Phase A. Also shown is the Phase A current.



where K_{pk} is the peak trapezoidal value, in V/(rad./sec.), which is defined as:

$K_{pk} = \frac{V_{pk}/krpm}{2} \cdot \frac{1}{1000 \cdot \pi/60}$. Given the values of $V_{pk}/krpm$ and $V_{rms}/krpm$, the angle α is determined automatically in PSIM.

The developed torque of the machine is:

$$T_{em} = (E_a \cdot i_a + E_b \cdot i_b + E_c \cdot i_c) / \omega_m$$

The mechanical equations are:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - B \cdot \omega_m - T_{load}$$

$$\frac{d\theta_r}{dt} = \frac{P}{2} \cdot \omega_m$$

where B is a coefficient, T_{load} is the load torque, and P is the no. of poles. The coefficient B is calculated from the moment of inertia J and the mechanical time constant τ_{mech} as below:

$$B = \frac{J}{\tau_{mech}}$$

More Explanation on the Hall Effect Sensor:

A hall effect position sensor consists of a set of hall switches and a set of trigger magnets.

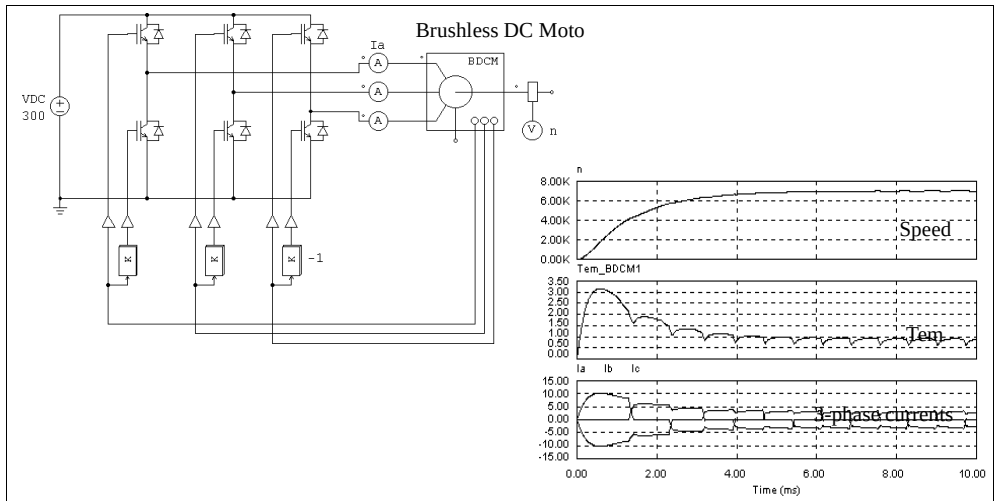
The hall switch is a semiconductor switch (e.g. MOSFET or BJT) that opens or closes when the magnetic field is higher or lower than a certain threshold value. It is based on the hall effect, which generates an emf proportional to the flux-density when the switch is carrying a current supplied by an external source. It is common to detect the emf using a signal conditioning circuit integrated with the hall switch or mounted very closely to it. This provides a TTL-compatible pulse with sharp edges and high noise immunity for connection to the controller via a screened cable. For a three-phase brushless dc motor, three hall switches are spaced 120 electrical deg. apart and are mounted on the stator frame.

The set of trigger magnets can be a separate set of magnets, or it can use the rotor magnets of the brushless motor. If the trigger magnets are separate, they should have the matched pole spacing (with respect to the rotor magnets), and should be mounted on the shaft in close proximity to the hall switches. If the trigger magnets use the rotor magnets of the machine, the hall switches must be mounted close enough to the rotor magnets, where they can be energized by the leakage flux at the appropriate rotor positions.

Example: Start-Up of an Open-Loop Brushless DC Moto

The figure below shows an open-loop brushless dc motor drive system. The motor is fed by a 3-phase voltage source inverter. The outputs of the motor hall effect position sensors are used as the gating signals for the inverter, resulting a 6-pulse operation.

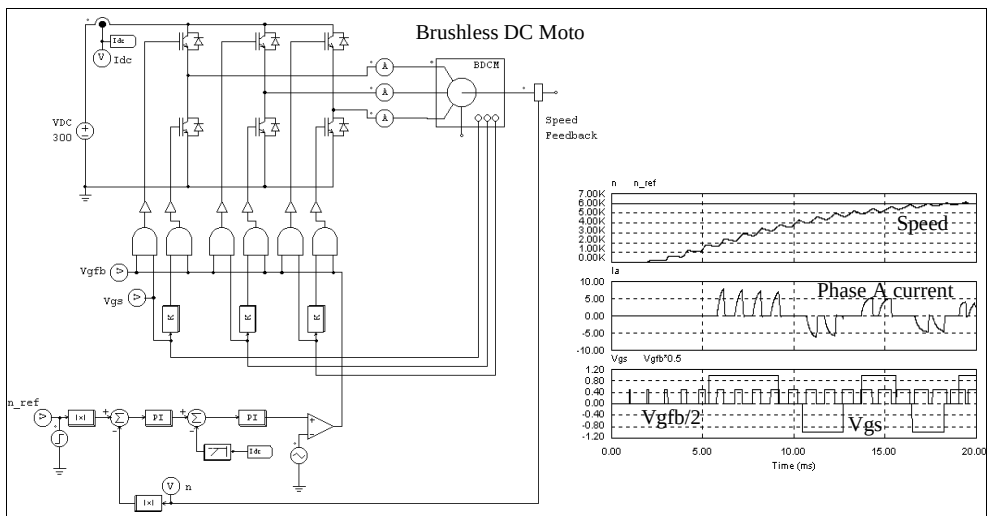
The simulation waveforms show the start-up transient of the mechanical speed (in rpm), developed torque T_{em} , and 3-phase input currents.



Example: Brushless DC Motor with Speed Feedback

The figure below shows a brushless dc motor drive system with speed feedback. The speed control is achieved by modulating sensor commutation pulses (V_{gs} for Phase A in this case) with another high-frequency pulses (V_{gfb} for Phase A). The high-frequency pulse is generated from a dc current feedback loop.

The simulation waveforms show the reference and actual mechanical speed (in rpm), Phase A current, and signals V_{gs} and V_{gfb} . Note that V_{gfb} is divided by half for display purpose.



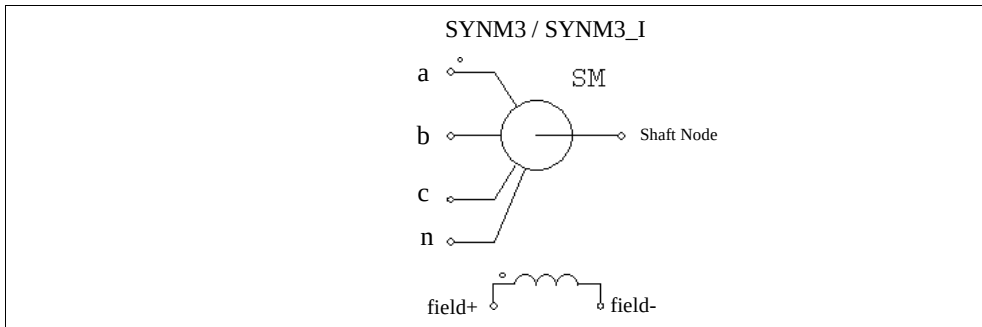
2.6.1.5 Synchronous Machine with External Excitation

The structure of a conventional synchronous machine consists of three stator windings, one field winding on either a salient or cylindrical rotor, and an optional damping winding on the rotor.

Depending on the way the internal model interfaces with the external stator circuitry, there are two types of interface: one is the voltage-type interface (model SYNM3), and the other is the current-type interface (model SYNM3_I). The model for the voltage-type interface consists of controlled voltage sources on the stator side, and this model is suitable in situations where the machine operates as a generator and/or the stator external circuit is in series with inductive branches. On the other hand, The model for the current-type interface consists of controlled current sources on the stator side, and this model is suitable in situations where the machine operates as a motor and/or the stator external circuit is in parallel with capacitive branches.

The image and parameters of the machine are shown as follows.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
R_s (stator)	Stator winding resistance, in Ohm
L_s (stator)	Stator leakage inductance, in H
L_{dm} (d-axis mag. ind.)	d-axis magnetizing inductance, in
L_{qm} (q-axis mag. ind.)	q-axis magnetizing inductance, in H.
R_f (field)	Field winding resistance, in Ohm
L_{fl} (field leakage ind.)	Field winding leakage inductance, in H

Parameters	Description
R_{dr} (damping cage)	Rotor damping cage d-axis resistance, in Ohm
L_{drl} (damping cage)	Rotor damping cage d-axis leakage inductance, in
R_{qr} (damping cage)	Rotor damping cage q-axis resistance, in Ohm
L_{qrl} (damping cage)	Rotor damping cage q-axis leakage inductance, in
Ns/Nf (effective)	Stator-field winding effective turns ratio
Number of Poles P	Number of Poles P
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in kg*m ²
Torque Flag	Output flag for internal developed torque T_{em}
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave).

All the parameters are referred to the stator side.

The equations of the synchronous machine can be expressed as follows:

$$[V] = [R] \cdot [I] + \frac{d}{dt}[\lambda]$$

where

$$[V] = [v_a \ v_b \ v_c \ v_f \ 0 \ 0]^T \quad [I] = [i_a \ i_b \ i_c \ i_f \ i_{dr} \ i_{qr}]^T$$

$$[R] = \text{diag}[R_s \ R_s \ R_s \ R_f \ R_{dr} \ R_{qr}] \quad [\lambda] = [\lambda_a \ \lambda_b \ \lambda_c \ \lambda_f \ \lambda_{dr} \ \lambda_{qr}]^T$$

and $[\lambda] = [L] * [I]$. The inductance matrix is defined as follows:

$$[L] = \begin{bmatrix} [L_{11}] & [L_{12}] \\ [L_{12}]^T & [L_{22}] \end{bmatrix}$$

and

$$\begin{aligned}
[L_{11}] &= \begin{bmatrix} L_s + L_o + L_2 \cos(2\theta_r) & -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \\ -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & L_s + L_o + L_2 \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos(2\theta_r) \\ -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & -\frac{L_o}{2} + L_2 \cos(2\theta_r) & L_s + L_o + L_2 \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \\
[L_{12}] &= \begin{bmatrix} L_{sf} \cos(2\theta_r) & L_{sd} \cos(2\theta_r) & -L_{sq} \sin(2\theta_r) \\ L_{sf} \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & L_{sd} \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & -L_{sq} \sin\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \\ L_{sf} \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & L_{sd} \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & -L_{sq} \sin\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \\
[L_{22}] &= \begin{bmatrix} L_f & L_{fdr} & 0 \\ L_{fdr} & L_{dr} & 0 \\ 0 & 0 & L_{qr} \end{bmatrix}
\end{aligned}$$

where θ_r is the rotor angle.

The developed torque can be expressed as:

$$T = \frac{P}{2} \cdot [I] \cdot \frac{d}{d\theta_r} [L] \cdot [I]$$

The mechanical equations are:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_{load}$$

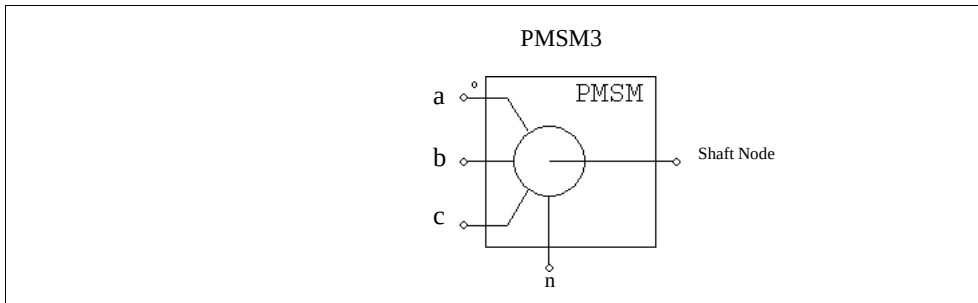
$$\frac{d\theta_r}{dt} = \frac{P}{2} \cdot \omega_m$$

2.6.1.6 Permanent Magnet Synchronous Machine

A 3-phase permanent magnet synchronous machine has 3-phase windings on the stator, and permanent magnet on the rotor. The difference between this machine and the brushless dc machine is that the machine back emf is sinusoidal.

The image and parameters of the machine are shown as follows.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
R_s (stator resistance)	Stator winding resistance, in Ohm
L_d (d-axis ind.)	Stator d-axis inductance, in H
L_q (q-axis ind.)	Stator q-axis inductance, in H. The d-q coordinate is defined such that the d-axis passes through the center of the magnet, and the q-axis is in the middle between two magnets. The q-axis is leading the d-axis.
Vpk / krpm	Peak line-to-line back emf constant, in V/krpm (mechanical speed). The value of Vpk/krpm should be available from the machine data sheet. If this data is not available, it can be obtained through an experiment by operating the machine as a generator at 1000 rpm and measuring the peak line-to-line voltage.
No. of Poles P	Number of poles P
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in kg*m ²
Mech. Time Constant	Mechanical time constant τ_{mech}
Torque Flag	Output flag for internal developed torque T_{em} (1: output; 0: no output)
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave)

The node assignments of the image are: Nodes a , b , and c are the stator winding terminals for Phase a , b , and c , respectively. The stator windings are Y connected, and Node n is the neutral point. The shaft node is the connecting terminal for the mechanical shaft. They are all power nodes and should be connected to the power circuit.

The equations of the permanent-magnet synchronous machine are:

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_s & 0 & 0 \\ 0 & R_s & 0 \\ 0 & 0 & R_s \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \end{bmatrix}$$

where v_a , v_b , v_c , and i_a , i_b , and i_c , and λ_a , λ_b , λ_c are the stator phase voltages, currents, and flux linkages, respectively, and R_s is the stator phase resistance. The flux linkages are further defined as:

$$\begin{bmatrix} \lambda_a \\ \lambda_b \\ \lambda_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{aa} & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ba} & L_{bb} & L_{bc} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \lambda_{pm} \cdot \begin{bmatrix} \cos(\theta_r) \\ \cos\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \cos\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$$

where θ_r is the rotor electrical angle, and λ_{pm} is a coefficient which is defined as:

$$\lambda_{pm} = \frac{60 \cdot V_{pk}/krpm}{\sqrt{3} \cdot \pi \cdot P \cdot 1000}$$

where P is the number of poles.

The stator self and mutual inductances are rotor position dependent, and are defined as:

$$L_{aa} = L_{sl} + L_o + L_2 \cdot \cos(2\theta_r)$$

$$L_{bb} = L_{sl} + L_o + L_2 \cdot \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$L_{cc} = L_{sl} + L_o + L_2 \cdot \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$L_{ab} = L_{ba} = -L_o + L_2 \cdot \cos\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$L_{ac} = L_{ca} = -L_o + L_2 \cdot \cos\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right)$$

$$L_{bc} = L_{cb} = -L_o + L_2 \cdot \cos(2\theta_r)$$

where L_{sl} is the stator leakage inductance. The d-axis and q-axis inductances are associated with the above inductances as follows:

$$L_d = L_{sl} + \frac{3}{2}L_o + \frac{3}{2}L_2$$

$$L_q = L_{sl} + \frac{3}{2}L_o - \frac{3}{2}L_2$$

The developed torque can be expressed as:

$$T_{em} = \frac{P}{2} \cdot L_2 \cdot \begin{bmatrix} i_a & i_b & i_c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sin(2\theta_r) & \sin\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & \sin(2\theta_r) \\ \sin\left(2\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) & \sin(2\theta_r) & \sin\left(2\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} -$$

$$\frac{P}{2} \cdot \lambda_{pm} \cdot \begin{bmatrix} i_a & i_b & i_c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \sin(\theta_r) \\ \sin\left(\theta_r - \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin\left(\theta_r + \frac{2\pi}{3}\right) \end{bmatrix}$$

The mechanical equations are:

$$J \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - B \cdot \omega_m - T_{load}$$

$$\frac{d\theta_r}{dt} = \frac{P}{2} \cdot \omega_m$$

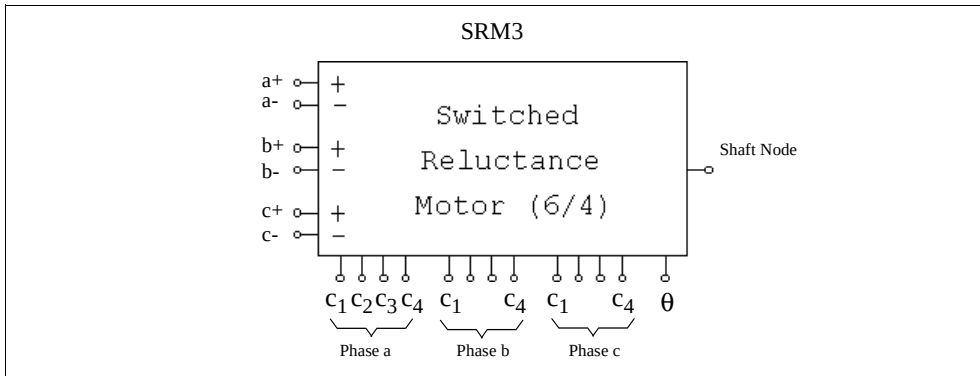
where B is a coefficient, T_{load} is the load torque, and P is the no. of poles. The coefficient B is calculated from the moment of inertia J and the mechanical time constant τ_{mech} as below:

$$B = \frac{J}{\tau_{mech}}$$

2.6.1.7 Switched Reluctance Machine

PSIM provides the model of a 3-phase switched reluctance machine with 6 stator teeth and 4 rotor teeth. The images and parameters are shown as follows.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Resistance	Stator phase resistance R , in Ohm
Inductance L_{min}	Minimum phase inductance, in H
Inductance L_{max}	Maximum phase inductance, in H
θ_r	Duration of the interval where the inductance increases, in deg.
Moment of Inertia	Moment of inertia J of the machine, in $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
Torque Flag	Output flag for internal torque T_{em} . When the flag is set to 1, the output of the internal torque is requested.
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master; 0: slave)

The master/slave flag defines the mode of operation for the machine. See Section 2.6.1.1 for detailed explanation on how to set the master/slave flag.

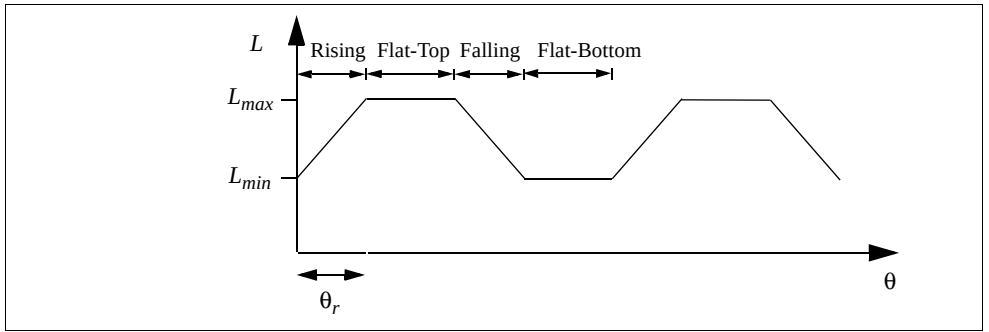
The node assignments are: Nodes a+, a-, b+, b-, and c+, c- are the stator winding terminals for Phase *a*, *b*, and *c*, respectively. The shaft node is the connecting terminal for the mechanical shaft. They are all power nodes and should be connected to the power circuit.

Node *c*₁, *c*₂, *c*₃, and *c*₄ are the control signals for Phase *a*, *b*, and *c*, respectively. The control signal value is a logic value of either 1 (high) or 0 (low). Node *θ* is the mechanical rotor angle. They are all control nodes and should be connected to the control circuit.

The equation of the switched reluctance machine for one phase is:

$$v = i \cdot R + \frac{d(L \cdot i)}{dt}$$

where *v* is the phase voltage, *i* is the phase current, *R* is the phase resistance, and *L* is the phase inductance. The phase inductance *L* is a function of the rotor angle *θ*, as shown in the following figure.



The rotor angle is defined such that, when the stator and the rotor teeth are completely out of alignment, *θ* = 0. The value of the inductance can be in either rising stage, flat-top stage, falling stage, or flat-bottom stage.

If we define the constant *k* as:

$$k = \frac{L_{max} - L_{min}}{\theta_r}$$

we can express the inductance *L* as a function of the rotor angle *θ*:

$$L = L_{min} + k * \theta \quad \text{[rising stage. Control signal } c_1=1\text{]}$$

$$L = L_{max} \quad \text{[flat-top stage. Control signal } c_2=1\text{]}$$

$$L = L_{max} - k * \theta \quad \text{[falling stage. Control signal } c_3=1\text{]}$$

$$L = L_{min} \quad [\text{flat-bottom stage. Control signal } c_4=1]$$

The selection of the operating state is done through control signals c_1 , c_2 , c_3 , and c_4 which are applied externally. For example, when c_1 in Phase a is high (1), the rising stage is selected and Phase a inductance will be: $L = L_{min} + k * \theta$. Note that only one and at least one control signal out of c_1 , c_2 , c_3 , and c_4 in one phase must be high (1).

The developed torque of the machine per phase is:

$$T_{em} = \frac{1}{2} \cdot i^2 \cdot \frac{dL}{d\theta}$$

Based on the inductance expression, we have the developed torque in each stage as:

$$T_{em} = i^2 * k / 2 \quad [\text{rising stage}]$$

$$T_{em} = 0 \quad [\text{flat-top stage}]$$

$$T_{em} = - i^2 * k / 2 \quad [\text{falling stage}]$$

$$T_{em} = 0 \quad [\text{flat-bottom stage}]$$

Note that saturation is not considered in this model.

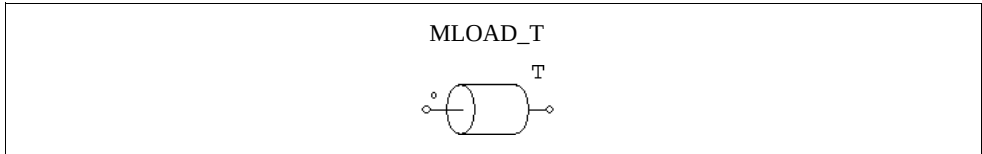
2.6.2 Mechanical Loads

Several mechanical load models are provided in PSIM: constant-torque, constant-power, constant-speed, and general-type load.

2.6.2.1 Constant-Torque Load

The image of a constant-torque load is:

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Constant Torque	Torque constant T_{const} , in N*m
Moment of Inertia	Moment of inertia of the load, in kg*m ²

If the reference direction of a mechanical system enters the dotted terminal, the load is along the reference direction, and the loading torque to the master machine is T_{const} . Otherwise the loading torque will be $-T_{\text{const}}$. See Section 2.6.1.1 for more detailed explanation on the reference direction.

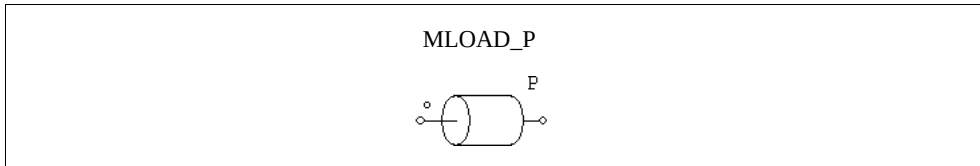
A constant-torque load is expressed as:

$$T_L = T_{\text{const}}$$

The torque does not depend on the speed direction.

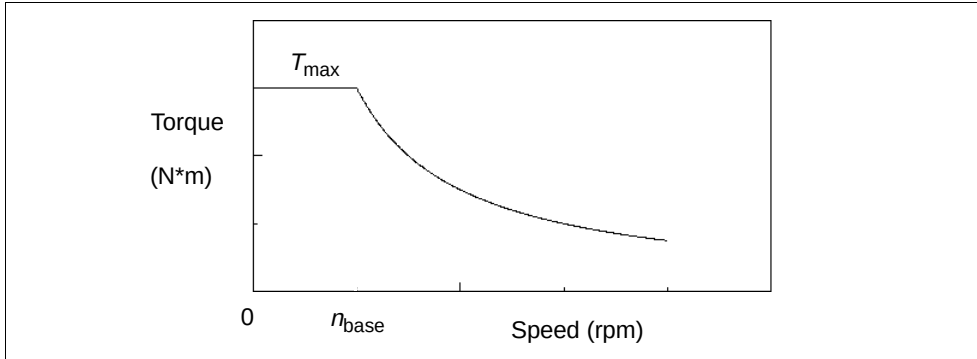
2.6.2.2 Constant-Power Load

The image of a constant-power load is:

Image:**Attributes:**

Parameters	Description
Maximum Torque	Maximum torque T_{max} of the load, in N*m
Base Speed	Base speed n_{base} of the load, in rpm
Moment of Inertia	Moment of inertia of the load, in kg*m ²

The torque-speed curve of a constant-power load is shown below:



When the mechanical speed is less than the base speed n_{base} , the load torque is:

$$T_L = T_{\max}$$

When the mechanical speed is above the base speed, the load torque is:

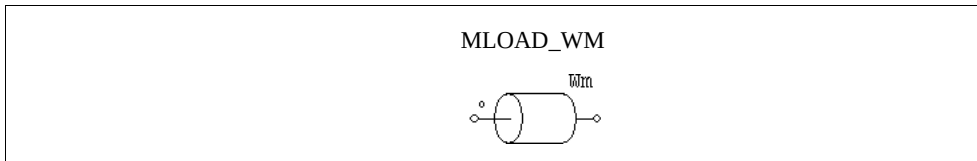
$$T_L = \frac{P}{|\omega_m|}$$

where $P = T_{\max} * \omega_{\text{base}}$ and $\omega_{\text{base}} = 2\pi * n_{\text{base}} / 60$. The mechanical speed ω_m is in rad./sec.

2.6.2.3 Constant-Speed Load

The image of a constant-torque load is:

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Constant Speed (rpm)	Speed constant, in rp
Moment of Inertia	Moment of inertia of the load, in $\text{kg} \cdot \text{m}^2$

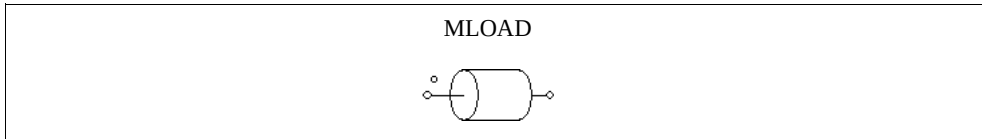
A constant-speed mechanical load defines the speed of a mechanical system, and the

speed will remain constant, as defined by the speed constant.

2.6.2.4 General-Type Load

The image of a general-type mechanical load is as follows.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Tc	Constant torque term
k_1 (coefficient)	Coefficient for the linear term
k_2 (coefficient)	Coefficient for the quadratic term
k_3 (coefficient)	Coefficient for the cubic term
Moment of Inertia	Moment of inertia of the load, in $\text{kg}\cdot\text{m}^2$

A general-type load is expressed as:

$$T_L = \text{sign}(\omega_m) \cdot (T_c + k_1 \cdot |\omega_m| + k_2 \cdot \omega_m^2 + k_3 \cdot |\omega_m|^3)$$

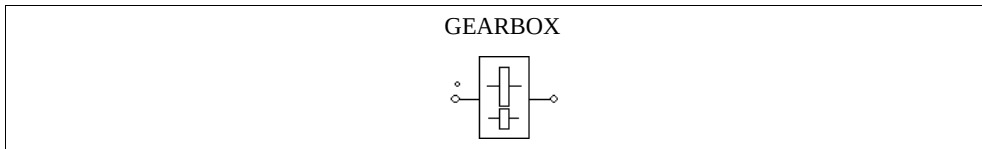
where ω_m is the mechanical speed in rad./sec.

Note that the torque of the general-type load is dependent on the speed direction.

2.6.3 Gear Box

The image of a gear box is shown below.

Image:



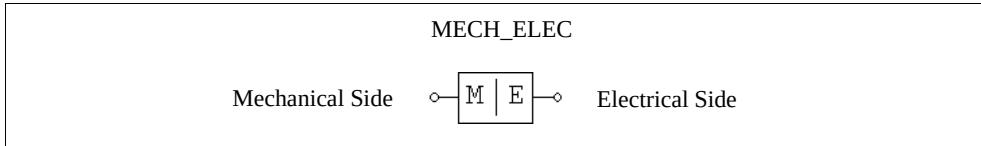
Attribute:

Parameter	Description
Gear Ratio	The gear ratio a

If the numbers of teeth of the first gear and the second gear are n_1 and n_2 , respectively, the gear ratio a is defined as: $a = n_1 / n_2$. Let the radius, torque, and speed of these two gears be: $r_1, r_2, T_1, T_2, \omega_1$, and ω_2 , we have: $T_1 / T_2 = r_1 / r_2 = \omega_2 / \omega_1 = a$.

2.6.4 Mechanical-Electrical Interface Block

This block allows users to access the internal equivalent circuit of the mechanical system of a machine.

Image:**Attribute:**

Parameter	Description
Master/Slave Flag	Flag for the master/slave mode (1: master, 0: slave)

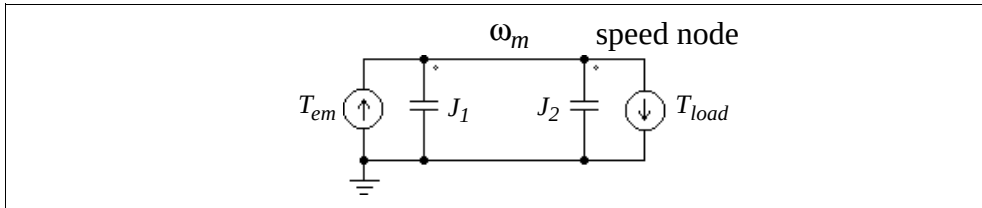
Similar to electric machines, the mechanical-electrical interface block can be used to define the reference direction of a mechanical system through the master/slave flag. When the interface block is set to the master mode, the reference direction is along the mechanical shaft, away from the mechanical node, and towards the rest of the mechanical elements. In a mechanical system, only one and at least one machine/interface block must be set to the master mode. Refer to Section 2.6.1.1 for more explanation on the master/slave flag.

Let's assume that a drive system consists of a motor (with a developed torque of T_{em} and a moment of inertia of J_1) and a mechanical load (with a load torque of T_{load} and a moment of inertia of J_2). The equation that describes the mechanical system is:

$$(J_1 + J_2) \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_{load}$$

where ω_m is the shaft mechanical speed. In PSIM, this equation is modelled by an

equivalent circuit as shown below.



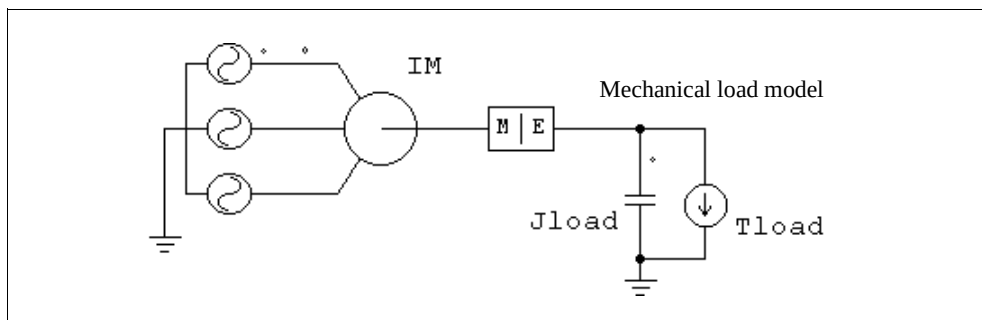
In this circuit, the two current sources have the values of T_{em} and T_{load} , and the capacitors have the values of J_1 and J_2 . The node-to-ground voltage (speed node voltage) represents the mechanical speed ω_m . This is analogous to $C \cdot dV/dt = i$ for a capacitor where $C = J_1 + J_2$, $V = \omega_m$, and $i = T_{em} - T_{load}$.

In PSIM, mechanical equivalent circuits for motors and mechanical loads all use the capacitor-based circuit model. The mechanical-electrical interface block provides the access to the internal mechanical equivalent circuit. If the mechanical side of an interface block (with the letters "MECH") is connected to a mechanical shaft, the electrical side (with the letters "ELEC") will be the speed node of the mechanical equivalent circuit. One can thus connect any electrical circuits to this node.

With this element, users can connect built-in motors or mechanical loads with user-defined load or motor models.

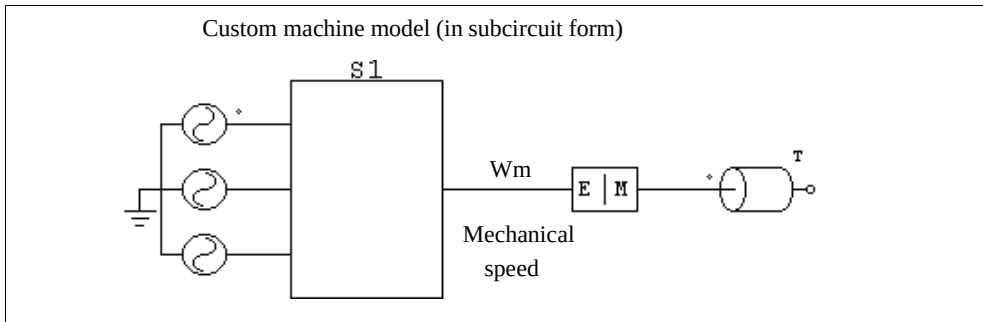
Example: An induction machine with a custom mechanical load model

The figure below shows an induction machine connected to a user defined mechanical load model through the mechanical-electrical interface block. As explained above, the voltage at the electrical side represents the shaft mechanical speed. A current source flowing out of this node represents a mechanical load, and a capacitor connected to this node represents the load moment of inertia.



Example: A custom machine model with a constant-torque load

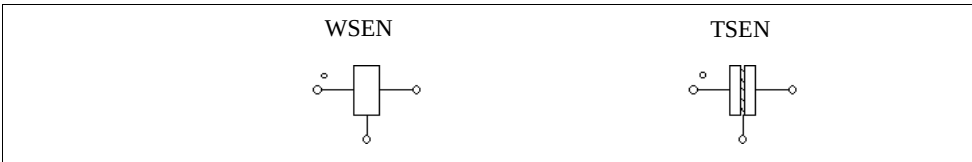
Similarly, one can build a custom machine model and connect it to the mechanical load in PSIM. The figure below shows such a circuit. The custom machine model must use the capacitor analogy to model the mechanical equation. The node representing the mechanical speed is then made available and is connected to the electrical side of the mechanical-electrical interface block.



2.6.5 Speed/Torque Sensors

A speed sensor (WSEN) or torque sensor (TSEN) is used to measure the mechanical speed or torque.

Images:

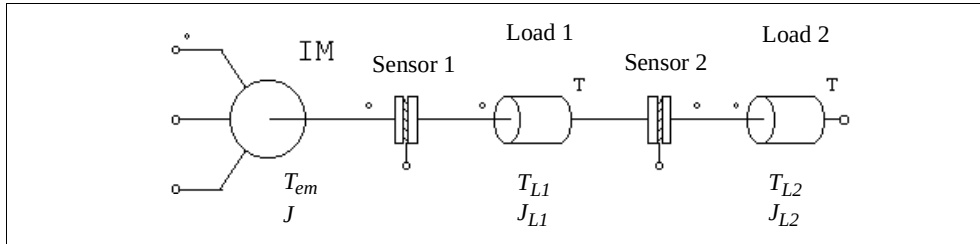


Attribute:

Parameter	Description
Gain	Gain of the sensor

If the reference direction of a mechanical system enters the dotted side of the sensor, the sensor is along the reference direction. Refer to Section 2.6.1.1 for more details on the reference direction. Note that the output of the speed sensor is in rpm.

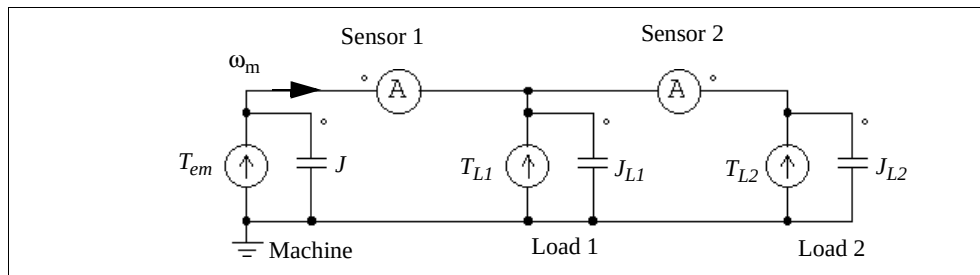
The torque sensor measures the torque transferred from the dotted side of the sensor to the other side along the positive speed direction. To illustrate this, the following mechanical system is taken as an example:



The system consists of one machine, 2 torque sensors, and 2 mechanical loads. The torques and moment of inertia for the machine and the loads are as labelled in the diagram. The reference direction of this mechanical system is from left to right. The equation for this system can be written as:

$$(J + J_{L1} + J_{L2}) \cdot \frac{d\omega_m}{dt} = T_{em} - T_{L1} - T_{L2}$$

The equivalent electrical circuit of the equation is shown below:



The node voltage in the circuit represents the mechanical speed ω_m . The current probe on the left represents the reading of the torque sensor No. 1. Similarly, the current probe on the right represents the reading of the torque sensor No. 2. Note that the second current probe is from right to left since Sensor 2 is opposite to the reference direction of the mechanical system.

The equivalent circuit also illustrates how mechanical power is transferred. The multiplication of the current to the voltage, which is the same as the torque times the mechanical speed, represents the mechanical power. If the power is positive, it is transferred in the direction of the speed ω_m .

Control Circuit Components

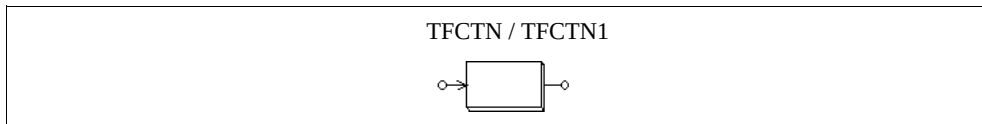
3.1 Transfer Function Blocks

A transfer function block is expressed in polynomial form as:

$$G(s) = k \cdot \frac{B_n \cdot s^n + \dots + B_2 \cdot s^2 + B_1 \cdot s + B_0}{A_n \cdot s^n + \dots + A_2 \cdot s^2 + A_1 \cdot s + A_0}$$

Two types of transfer function blocks are provided: one with zero initial values (TFCTN) and the other with initial values as input parameters (TFCTN1).

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Order n	Order n of the transfer function
Gain	Gain k of the transfer function
Coeff. $B_n \dots B_0$	Coefficients of the nominator (from B_n to B_0)
Coeff. $A_n \dots A_0$	Coefficients of the denominator (from A_n to A_0)
InitialValues $x_n \dots x_1$	Initial values of the state variables x_n to x_1 (for TFCTN1 only)

Let $Y(s) = G(s) \cdot U(s)$ where $Y(s)$ is the output and $U(s)$ is the input, we can convert the s-domain expression into the differential equation form as follows:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & \theta A_0/A_n \\ 1 & 0 & 0 & \dots & \theta A_1/A_n \\ 0 & 1 & 0 & \dots & \theta A_2/A_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & \theta A_{n-1}/A_n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} + \frac{k}{A_n} \cdot \begin{bmatrix} B_0 - A_0 \cdot B_n/A_n \\ B_1 - A_1 \cdot B_n/A_n \\ B_2 - A_2 \cdot B_n/A_n \\ \vdots \\ B_{n-1} - A_{n-1} \cdot B_n/A_n \end{bmatrix} \cdot u$$

The output equation in the time domain can be expressed as:

$$y = x_n + k \cdot \frac{B_n}{A_n} \cdot u$$

The initial values of the state variables x_n to x_1 can be specified at the input in the element TFCTN1.

Example:

The following is a second-order transfer function:

$$G(s) = 1.5 \cdot \frac{400 \cdot e^3}{s^2 + 1200 \cdot s + 400 \cdot e^3}$$

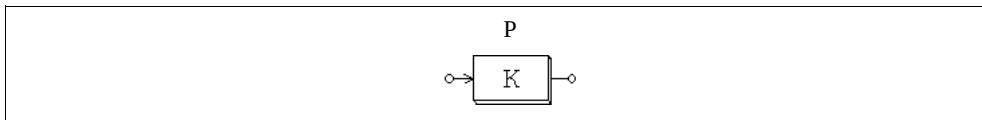
In PSIM, the specification will be:

Order n	2
Gain	1.5
Coeff. $B_n \dots B_0$	0. 0. 400.e3
Coeff. $A_n \dots A_0$	1. 1200. 400.e3

3.1.1 Proportional Controller

The output of a proportional (P) controller is equal to the input multiplied by a gain.

Image:



Attribute:

Parameter	Description
Gain	Gain k of the transfer function

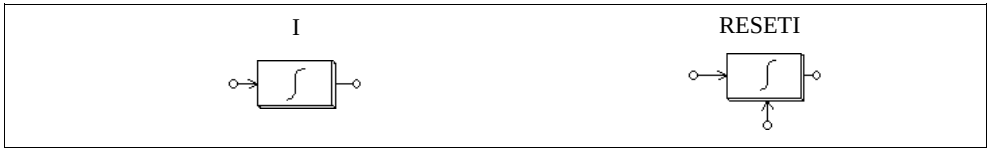
3.1.2 Integrator

The transfer function of an integrator is:

$$G(s) = \frac{1}{sT}$$

There are two types of integrators. One is the regular integrator (I). The other is the resettable integrator (RESETI).

Images:



Attributes:

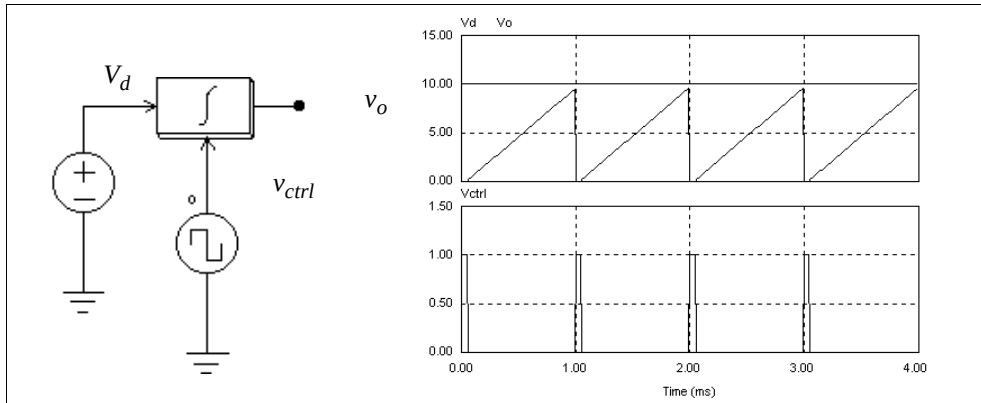
Parameters	Description
Time Constant	Time constant T of the integrator, in sec.
Initial Output Value	Initial value of the output
Reset Flag	Reset flag (0: edge reset; 1: level reset) (for RESETI only)

The output of the resettable integrator can be reset by an external control signal (at the bottom of the block). For the edge reset (reset flag = 0), the integrator output is reset to zero at the rising edge of the control signal. For the level reset (reset flag = 1), the integrator output is reset to zero as long as the control signal is high (1).

To avoid over saturation, a limiter should be placed at the integrator output.

Example:

The following circuit illustrates the use of the resettable integrator. The input of the integrator is a dc quantity. The control input of the integrator is a pulse waveform which resets the integrator output at the end of each cycle. The reset flag is set to 0.



3.1.3 Differentiator

The transfer function of a differentiator is:

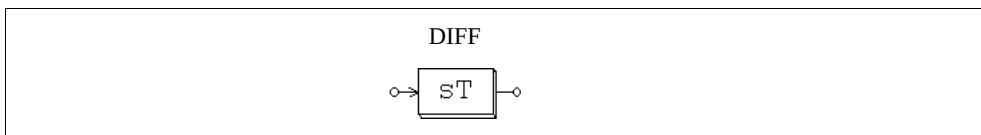
$$G(s) = sT$$

A differentiator is calculated as follows:

$$v_o(t) = T \cdot \frac{v_{in}(t) - v_{in}(t - \Delta t)}{\Delta t}$$

where Δt is the simulation time step, $v_{in}(t)$ and $v_{in}(t - \Delta t)$ are the input values at the present and the previous time step.

Image:



Attribute:

Parameter	Description
Time Constant	Time constant T of the differentiator, in sec.

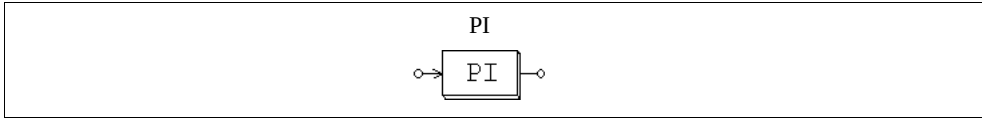
Since sudden changes of the input will generate spikes at the output, it is recommended that a low-pass filter be placed at the input of the differentiator.

3.1.4 Proportional-Integral Controller

The transfer function of a proportional-integral (PI) controller is defined as:

$$G(s) = k \cdot \frac{1 + sT}{sT}$$

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Gain	Gain k of the PI controller
Time Constant	Time constant T of the PI controller

To avoid over saturation, a limiter should be placed at the PI output.

3.1.5 Built-in Filter Blocks

Four second-order filters are provided as built-in modules in PSIM. The transfer function of these filters are listed below

For a second-order low-pass filter:

$$G(s) = k \cdot \frac{\omega_c^2}{s^2 + 2\xi\omega_c s + \omega_c^2}$$

For a second-order high-pass filter:

$$G(s) = k \cdot \frac{s^2}{s^2 + 2\xi\omega_c s + \omega_c^2}$$

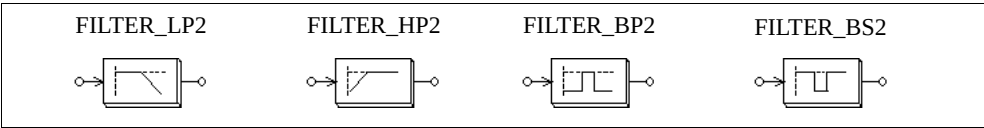
For a second-order band-pass filter:

$$G(s) = k \cdot \frac{B \cdot s}{s^2 + B \cdot s + \omega_o^2}$$

For a second-order band-stop filter:

$$G(s) = k \cdot \frac{s^2 + \omega_o^2}{s^2 + B \cdot s + \omega_o^2}$$

Images:



Attributes:

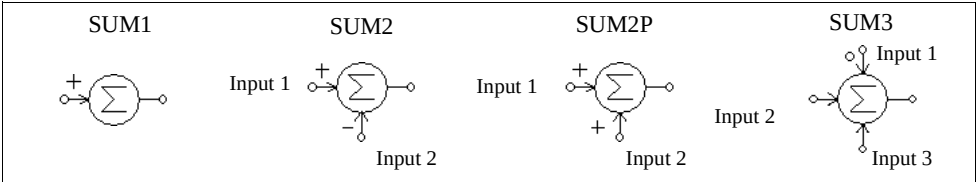
Parameters	Description
Gain	Gain k
Damping Ratio	Damping ratio ξ
Cut-off Frequency	Cut-off frequency f_c ($f_c = \frac{\omega_c}{2\pi}$) for low-pass and high-pass filters, in Hz
Center Frequency	Center frequency f_o ($f_o = \frac{\omega_o}{2\pi}$) for band-pass and band-stop filter, in Hz
Passing Band; Stopping Band	Frequency width f_b ($f_b = \frac{B}{2\pi}$) of the passing/stopping band for band-pass/band-stop filters, in Hz

3.2 Computational Function Blocks

3.2.1 Summer

The input of a one-input summer (SIM1) or two-input summer (SUM2 / SUM2P) can be either a scalar or a vector. The input of a three-input summer (SUM3) can only be a scalar.

Images:



Attribute:

Parameter	Description
Gain_ <i>i</i>	Gain k_i for the i_{th} input

For the three-input summer SUM3, the input with a dot is the first input.

If the inputs are scalar, the output of a summer with n inputs is defined as:

$$V_o = k_1 V_1 + k_2 V_2 + \dots + k_n V_n$$

If the input is a vector, the output of a two-input summer will also be a vector, which is defined as:

$$V_1 = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n]$$

$$V_2 = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n]$$

$$V_o = V_1 + V_2 = [a_1+b_1 \ a_2+b_2 \ \dots \ a_n+b_n]$$

The output of a one-input summer, however, will still be a scalar which is equal to the summation of the input vector elements, that is, $V_o = a_1 + a_2 + \dots + a_n$.

3.2.2 Multiplier and Divider

The output of a multipliers (MULT) or dividers (DIVD) is equal to the multiplication or division of two inputs.

Images:

For the divider, the dotted node is for the nominator input.

The input of a multiplier can be either a vector or a scalar. If the two inputs are vectors, their dimensions must be equal. Let the two inputs be:

$$V_1 = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_n]$$

$$V_2 = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n]$$

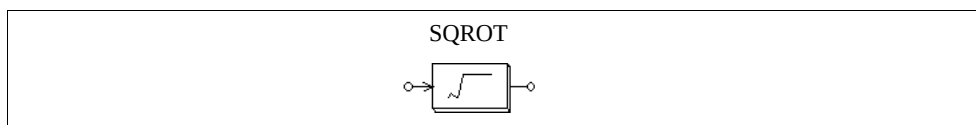
The output, which is a scalar, will be:

$$V_o = V_1 * V_2^T = a_1*b_1 + a_2*b_2 + a_n*b_n$$

3.2.3 Square-Root Block

A square-root function block calculates the square root of the input.

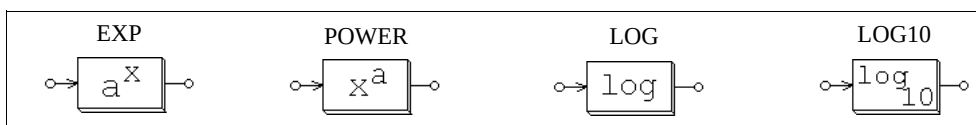
Image:



3.2.4 Exponential/Power/Logarithmic Function Blocks

The images and attributes of these function blocks are shown below.

Images:



Attributes (for EXP and POWER):

Parameters	Description
Coefficient k_1	Coefficient k_1
Coefficient k_2	Coefficient k_2

The output of an exponential function block EXP is defined as:

$$V_o = k_1 \cdot k_2^{V_{in}}$$

For example, if $k_1 = 1$, $k_2 = 2.718281828$, and $V_{in} = 2.5$, then $V_o = e^{2.5}$ where e is the base of the natural logarithm.

The output of a power function block POWER is defined as:

$$V_o = k_1 \cdot V_{in}^{k_2}$$

The function block LOG gives the natural logarithm (base e) of the input, and the block LOG10 gives the common logarithm (base 10) of the input.

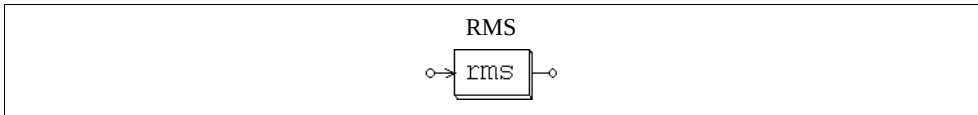
3.2.5 Root-Mean-Square Block

A root-mean-square function block calculates the RMS value of the input over a period specified by the base frequency f_b . The output is defined as:

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v_{in}^2(t) dt}$$

where $T = 1/f_b$. The output is only updated at the beginning of each period.

Image:



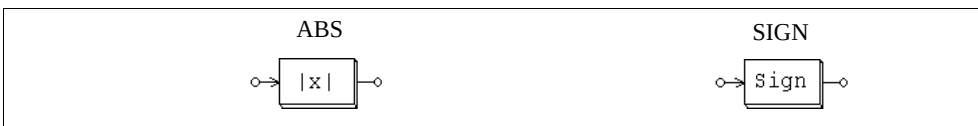
Attribute:

Parameter	Description
Base frequency	Base frequency f_b , in Hz

3.2.6 Absolute and Sign Function Blocks

An absolute value function block (ABS) gives the absolute value of the input. A sign function block (SIGN) gives the sign of the input, i.e., the output is 1 if the input is positive, and the output is -1 if the input is negative.

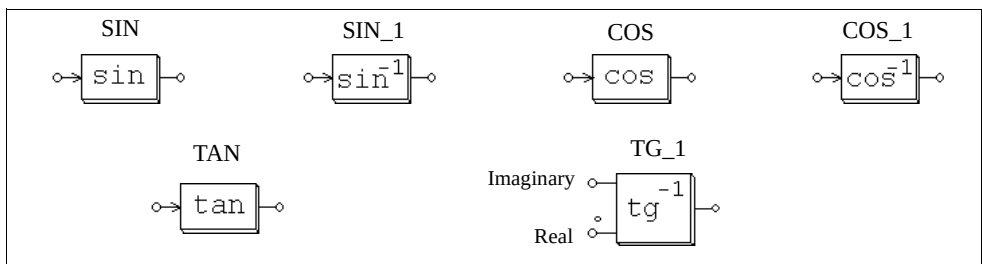
Images:



3.2.7 Trigonometric Functions

Six trigonometric functions are provided: sine (SIN), arc sine (SIN_1), cosine (COS), arc cosine (COS_1), tangent (TAN), and arc tangent (TG_1). The output is equal to the corresponding trigonometric function of the input. For Blocks SIN, COS, and TAN, the input is in deg., and for Blocks SIN_1, COS_1, and TG_1, the output is in deg.

Images:



The dotted note of the arc tangent block is for the real input and the other node is for the imaginary input. The output is the arc tangent of the ratio between the imaginary and the real input, i.e. $\theta = tg^{-1}\left(\frac{V_{imaginary}}{V_{real}}\right)$

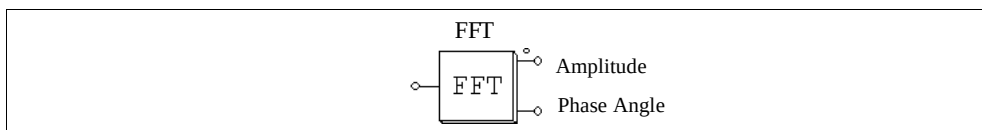
3.2.8 Fast Fourier Transform Block

A Fast Fourier Transform block calculates the fundamental component of the input signal. The FFT algorithm is based on the radix-2/decimation-in-frequency method. The number of sampling points within one fundamental period should be 2^N (where N is an integer). The maximum number of sampling points allowed is 1024.

The output gives the amplitude (peak) and the phase angle of the input fundamental component. The output voltage (in complex form) is defined as:

$$v_o = \frac{2}{N} \cdot \sum_{n=0}^{n=\frac{N}{2}-1} \left[\left[v_{in}(n) - v_{in}\left(n + \frac{N}{2}\right) \right] \cdot e^{-j\frac{2\pi n}{N}} \right]$$

Image:



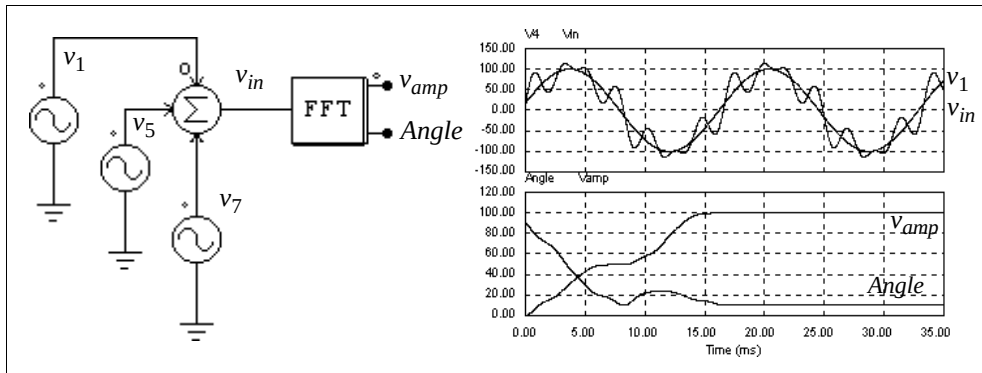
Attributes:

Parameters	Description
No. of Sampling Points	No. of sampling points N
Fundamental Frequency	Fundamental frequency f_b , in Hz.

The dotted node of the block refers to the output of the amplitude. Note that the phase angle output has been internally adjusted such that a sine function $V_m \sin(\omega t)$ will give a phase angle output of 0.

Example:

In the circuit below, the voltage v_{in} contains a fundamental component v_1 (100 V at 60 Hz), a 5th harmonic voltage v_5 (25 V at 300 Hz), and a 7th harmonic v_7 (25 V at 420 Hz). After one cycle, the FFT block output reaches the steady state with the amplitude of 100 V and the phase angle of 0° .

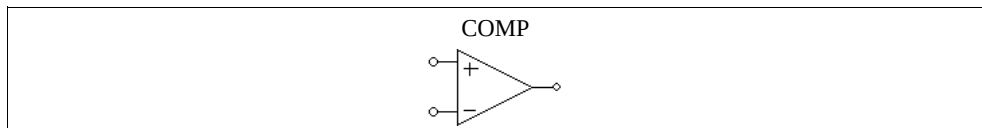


3.3 Other Function Blocks

3.3.1 Comparator

The output of a comparator is high when the positive input is higher than the negative input. When the positive input is lower, the output is zero. If the two input are equal, the output is undefined and it will keep the previous value.

Image:

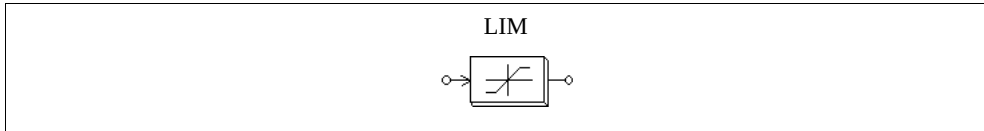


Note that the comparator image is similar to that of the op. amp. For the comparator, the noninverting input is at the upper left and the inverting input is at the lower left. For the op. amp., however, it is the opposite.

3.3.2 Limiter

The output of a limiter is clamped to the upper or lower limit whenever the input exceeds the limiter range. If the input is within the limit, the output is equal to the input.

Image:



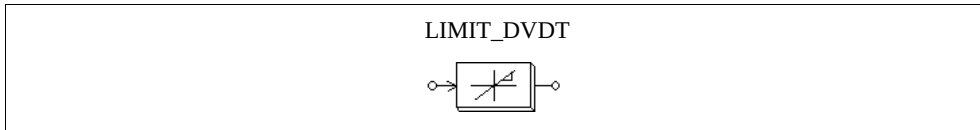
Attributes:

Parameters	Description
Lower Limit	Lower limit of the limiter
Upper Limit	Upper limit of the limiter

3.3.3 Gradient (dv/dt) Limiter

A gradient (dv/dt) limiter limits the rate of change of the input. If the rate of change is within the limit, the output is equal to the input.

Image:



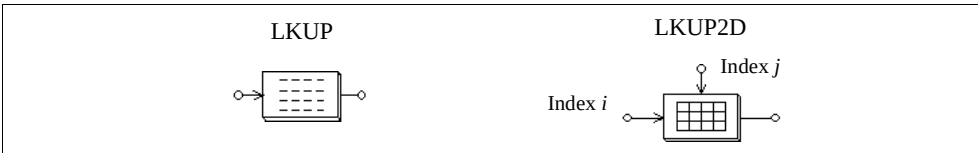
Attribute:

Parameter	Description
dv/dt Limit	Limit of the rate of change (dv/dt) of the input

3.3.4 Look-up Table

There are two types of lookup tables: one-dimensional lookup table (LKUP), and 2-dimensional lookup table (LKUP2D).

Images:



Attribute:

Parameter	Description
File Name	Name of the file storing the lookup table

For the 2-dimensional lookup table block, the node at the left is for the row index input, and the node at the top is for the column index input.

Please note that the one-dimensional lookup table (LKUP) can also be used in the power circuit.

The one-dimensional lookup table has one input and one output. Two data arrays, corresponding to the input and the output, are stored in the lookup table in a file. The format of the table is as follows.

$V_{in}(1), V_o(1)$
 $V_{in}(2), V_o(2)$
...
 $V_{in}(n), V_o(n)$

The input array V_{in} must be monotonically increasing. Between two points, linear interpolation is used to obtain the output. When the value of the input is less than $V_{in}(1)$ or greater than $V_{in}(n)$, the output will be clamped to $V_o(1)$ or $V_o(n)$.

The 2-dimensional lookup table has two input and one output. The output data is stored in a 2-dimensional matrix. The two input correspond to the row and column indices of the matrix. For example, if the row index is 3 and the column index is 4, the output will be $A(3,4)$ where A is the data matrix. The data for the lookup table are stored in a file and have the following format:

m, n
 $A(1,1), A(1,2), \dots, A(1,n)$
 $A(2,1), A(2,2), \dots, A(2,n)$
... ..
 $A(m,1), A(m,2), \dots, A(m,n)$

where m and n are the number of rows and columns, respectively. Since the row or the column index must be an integer, the input value is automatically converted to an integer. If either the row or the column index is out of the range (for example, the row index is less than 1 or greater than m), the output will be zero.

Examples:

The following shows a one-dimensional lookup table:

1., 10.
2., 30.
3., 20.
4., 60.
5., 50.

If the input is 0.99, the output will be 10. If the input is 1.5, the output will be $10 + \frac{(1.5 - 1) \cdot (30 - 10)}{2 - 1} = 20$.

The following shows a 2-dimensional lookup table:

3, 4
1., -2., 4., 1.
2., 3., 5., 8.
3., 8., -2., 9.

If the row index is 2 and the column index is 4, the output will be 8. If the row index is 5, regardless of the column index, the output will be 0.

3.3.5 Trapezoidal and Square Blocks

Trapezoidal waveform blocks (LKUP_TZ) and square waveform blocks (LKUP_SQ) are specific types of lookup tables: the output and the input relationship is either a trapezoidal or a square waveform.

Images:



For the trapezoidal waveform block:

Attributes:

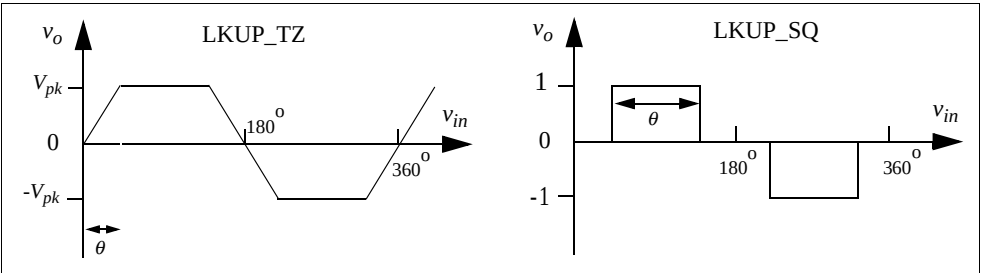
Parameters	Description
Rising Angle theta	Rising angle θ , in deg.
Peak Value	Peak value V_{pk} of the waveform

For the square waveform block:

Attribute:

Parameter	Description
Pulse Width (deg.)	Pulse width θ in half cycle, in deg.

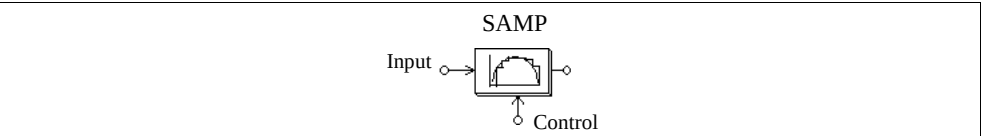
The waveforms of these two blocks are shown below. Note that the input v_{in} is in deg., and can be in the range of -360° to 360° . Both waveforms are half-wave and quarter-wave symmetrical.



3.3.6 Sampling/Hold Block

A sampling/hold block samples the input when the control signal changes from low to high (from 0 to 1), and holds this value until the next point is sampled.

Image:



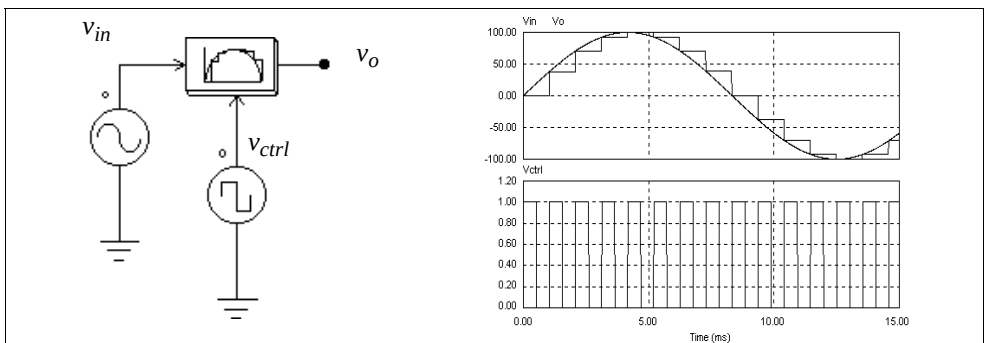
The difference between this block and the zero-order hold block (ZOH) in Digital Control Module is that this block is treated as a continuous element and sampling moments can be controlled externally; whereas the zero-order hold block is a discrete

element and the sampling moments are fixed and of equal distance.

For a discrete system, the zero-order hold block should be used.

Example:

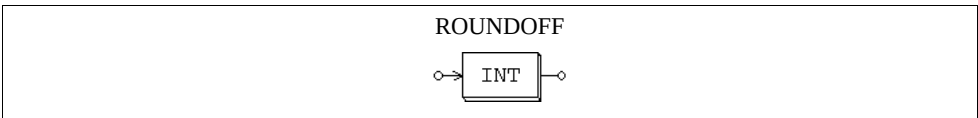
In this example, a sinusoidal input is sampled. The control signal is a square wave voltage source with an amplitude of 1.



3.3.7 Round-Off Block

The image of a round-off block is shown below:

Image:



Attributes:

Parameters	Description
No. of Digits	No. of digits N after the decimal point
Truncation Flag	Truncation flag (1: truncation; 0: round-off)

Let the input of the round-off block be V_{in} . The input is first scaled based on the following expression:

$$V_{in, new} = V_{in} \cdot 10^N$$

If the truncation flag is 1, the output will be equal to $V_{in, new}$ truncated, and then divided

by 10^N . Otherwise, the output will be equal to $V_{in,new}$ rounded off to the nearest integer, and then divided by 10^N .

Examples:

If $V_{in} = 34.5678$; $N = 0$, truncation flag = 0, then we have the output $V_{out} = 35$.

Similarly, if $V_{in} = 34.5678$; $N = 0$, truncation flag = 1, the output $V_{out} = 34$.

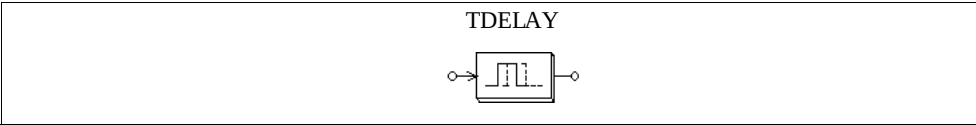
If $V_{in} = 34.5678$; $N = 1$, truncation flag = 1, the output $V_{out} = 34.5$.

If $V_{in} = 34.5678$; $N = -1$, truncation flag = 1, the output $V_{out} = 30$.

3.3.8 Time Delay Block

A time delay block delays the input waveform by a specified amount of time interval. It, for example, can be used to model the propagation delay of a logic element.

Image:



Attribute:

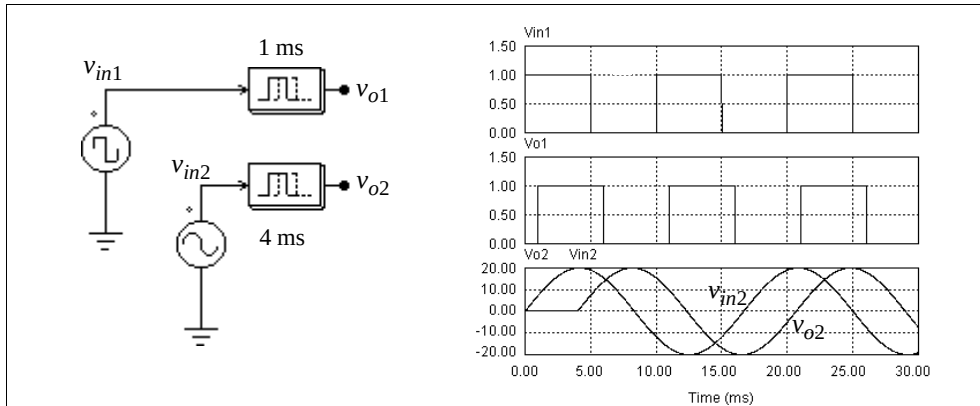
Parameter	Description
Time Delay	Time delay, in sec.

Note that the difference between this block and the unit delay block (UDELAY) in Digital Control Module is that this block is a continuous element and the delay time can be arbitrarily set; whereas the unit delay block is a discrete element and the delay time is equal to the sampling period.

For a discrete system, the unit delay block should be used.

Example:

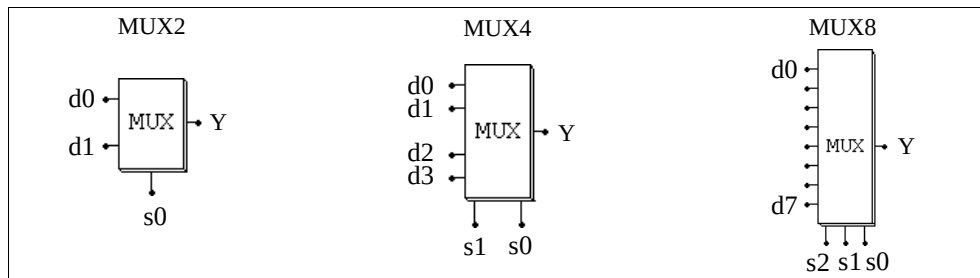
In this circuit, the first time delay block has a delay time of 1 ms, and the second block has a delay time of 4 ms. This example illustrates that the input of the time delay block can be either an analog or a digital signal.



3.3.9 Multiplexer

The output of a multiplexer is equal to a selected input depending on the control signal. Three multiplexers are provided: multiplexers with 2 inputs; 4 inputs; and 8 inputs.

Images:



In the images, d0..d7 are the data inputs; and s0..s2 are the control signals. The truth tables of the multiplexers are as follows.

2-Input MUX	
s0	Y
0	d0
1	d1

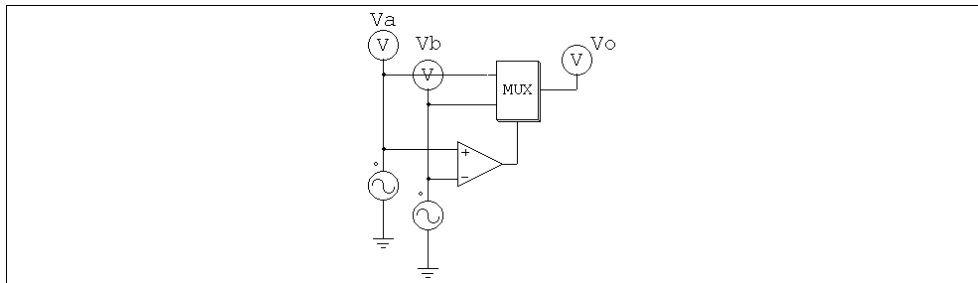
4-Input MUX		
s1	s0	Y
0	0	d0
0	1	d1
1	0	d2
1	1	d3

8-Input MUX			
s2	s1	s0	Y
0	0	0	d0
0	0	1	d1
0	1	0	d2
0	1	1	d3
1	0	0	d4
1	0	1	d5
1	1	0	d6
1	1	1	d7

Note that the data input could be either an analog or digital signal.

Example:

The following circuit selects the maximum value out of two inputs. When V_a is greater than V_b , the comparator output will be 1, and $V_o = V_a$. Otherwise $V_o = V_b$.



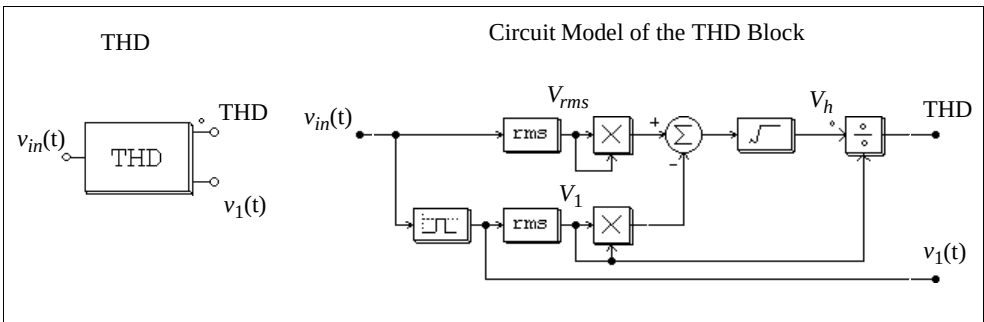
3.3.10 THD Block

The total harmonic distortion (THD) of an ac waveform that contains both the fundamental and harmonic components is defined as:

$$THD = \frac{V_h}{V_1} = \frac{\sqrt{V_{rms}^2 - V_1^2}}{V_1}$$

where V_1 is the fundamental component (rms), V_h is the harmonic rms value, and V_{rms} is the overall rms value of the waveform. The THD block is modelled as shown below.

Image:



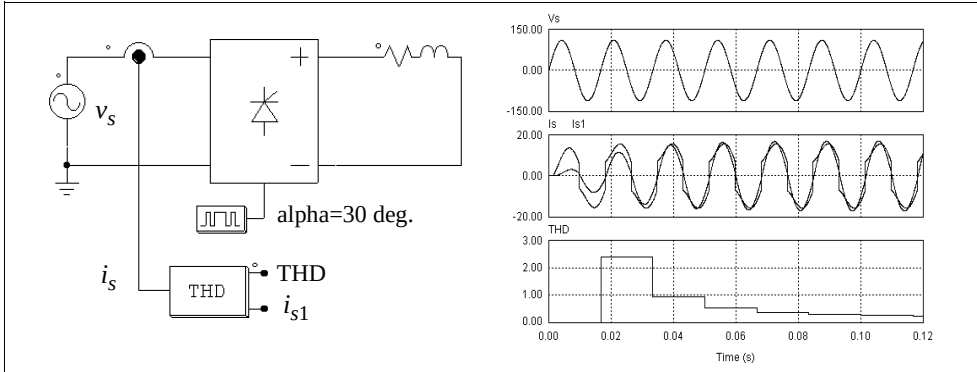
A second-order band-pass filter is used to extract the fundamental component. The center frequency and the passing band of the band-pass filter need to be specified.

Attributes:

Parameters	Description
Fundamental Frequency	Fundamental frequency of the input, in Hz
Passing Band	Passing band of the band-pass filter, in Hz

Example:

In the single-phase thyristor circuit below, a THD block is used to measure the THD of the input current. The delay angle of the thyristor bridge is chosen as 30° . For the THD block, the fundamental frequency is set at 60 Hz and the passing band of the filter is set at 20 Hz. The simulation results are shown on the right.



One of the THD block output is the input current fundamental component i_{s1} . By

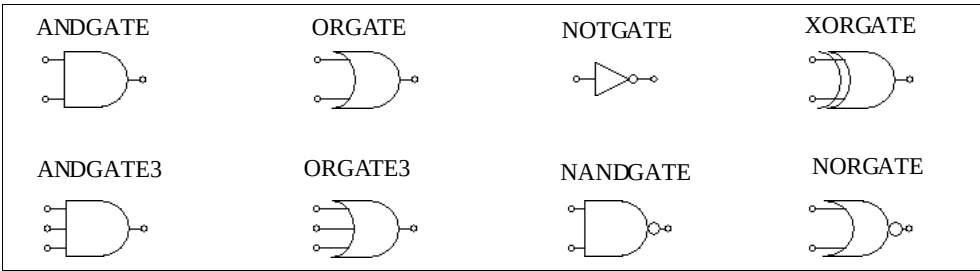
comparing the phase difference between the input voltage v_s and the current i_{s1} , one can calculate the input displacement power factor. This, together with the THD value, can be used to calculate the input power factor.

3.4 Logic Components

3.4.1 Logic Gates

Basic logic gates are AND, OR, XORGATE (exclusive-OR), NOT, NAND, and NOR gates.

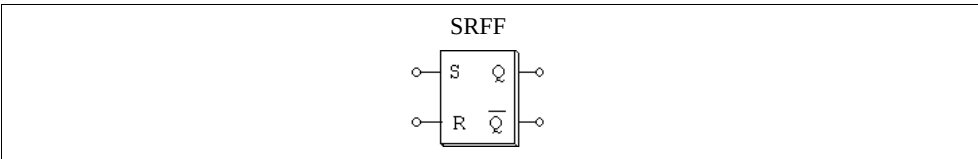
Images:



3.4.2 Set-Reset Flip-Flop

There are two types of set-reset flip-flops. One is edge-triggered and the other is level-triggered.

Image:



Attribute:

Parameter	Description
Trigger Flag	Trigger flag (0: edge-triggered; 1: level-triggered)

An edge-triggered flip-flop only changes the states at the rising edge of the set/reset

input. The truth table of an edge-triggered flip-flop is:

S	R	Q	Qn
0	0	no change	
0	↑	0	1
↑	0	1	0
↑	↑	not used	

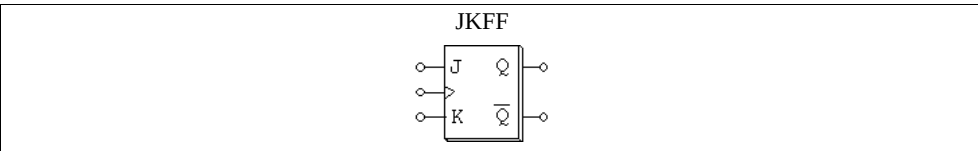
A level-triggered flip-flop, on the other hand, changes the states based on the input level. The truth table of a level-triggered set-reset flip-flop is:

S	R	Q	Qn
0	0	no change	
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	not used	

3.4.3 J-K Flip-Flop

A J-K flip-flop is positive edge-triggered.

Image:



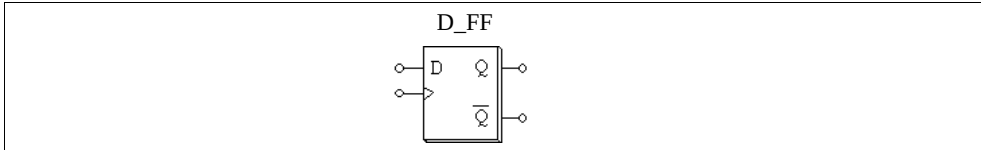
The truth table is:

J	K	D	Q	Qn
0	0	↑	no change	
0	1	↑	0	1
1	0	↑	1	0
1	1	↑	Toggle	

3.4.4 D Flip-Flop

A D flip-flop is positive edge-triggered.

Image:



The truth table is:

D	Clock	Q	Qn
0	↑	0	1
1	↑	1	0

3.4.5 Monostable Multivibrator

In a monostable multivibrator, the positive (or negative) edge of the input signal triggers the monostable. A pulse, with the specified pulse width, will be generated at the output.

The output pulse width can be either fixed or adjusted through another input variable. The latter type of monostables is referred to as controlled monostables (MONOC). Its on-time pulse width, in second, is determined by the control input.

Images:



Attribute:

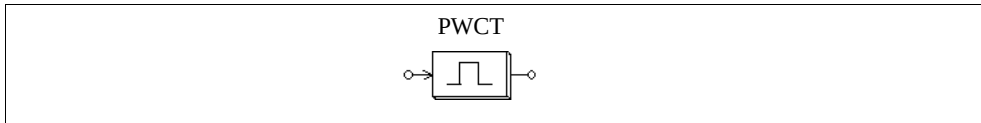
Parameter	Description
Pulse Width	On-time pulse width, in sec.

The input node at the bottom of the controlled monostable block is for the pulse width input.

3.4.6 Pulse Width Counter

A pulse width counter measures the width of a pulse. The rising edge of the input activates the counter. At the falling edge of the input, the output gives the width of the pulse (in sec.). During the interval of two falling pulse edges, the pulse width counter output remains unchanged.

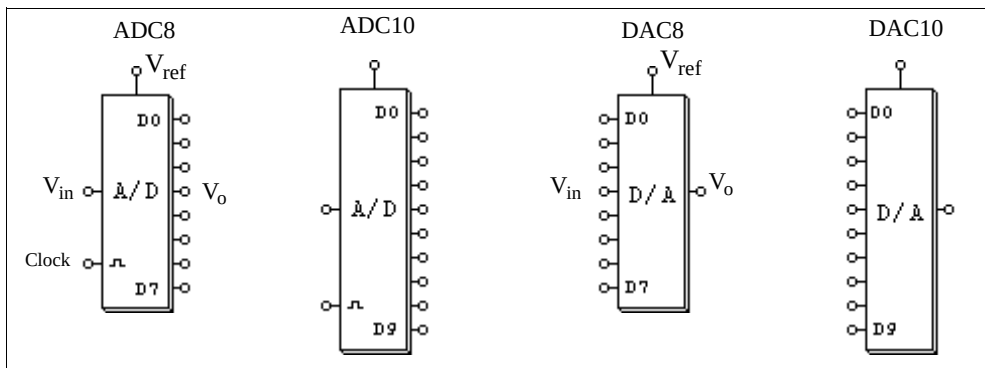
Image:



3.4.7 A/D and D/A Converters

A/D and D/A converters perform analog-to-digital and digital-to-analog conversion. Both 8-bit and 10-bit converters are provided.

Images:



Let N be the number of bits. The output of the A/D converter is calculated as:

$$V_o = \frac{2^N}{V_{ref}} \cdot V_{in}$$

For example, if $V_{ref} = 5 \text{ V}$, $V_{in} = 3.2 \text{ V}$, $N = 8$ bits, then

$$V_o = 256/5 \cdot 3.2 = 163.84 = 10100011 \text{ (binary)}$$

The output of the D/A converter is calculated as:

$$V_o = \frac{V_{ref}}{2^N} \cdot V_{in}$$

For example, if $V_{ref} = 5$ V, $V_{in} = 10100011$ (binary) = 163, $N = 8$ bits, then

$$V_o = 163/256 \cdot 5 = 3.1836$$

3.5 Digital Control Module

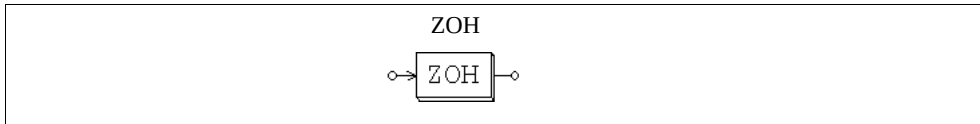
The Digital Control Module is an add-on module to the basic PSIM program. It provides discrete elements, such as zero-order hold, z-domain transfer function blocks, digital filters, etc., for digital control system simulation.

In contrary to a s-domain circuit which is continuous, a z-domain circuit is discrete, and the calculation is only performed at the discrete sampling points. There is no calculation between two sampling points.

3.5.1 Zero-Order Hold

A zero-order hold samples the input at the point of sampling. The output remains unchanged between two sampling points.

Image:



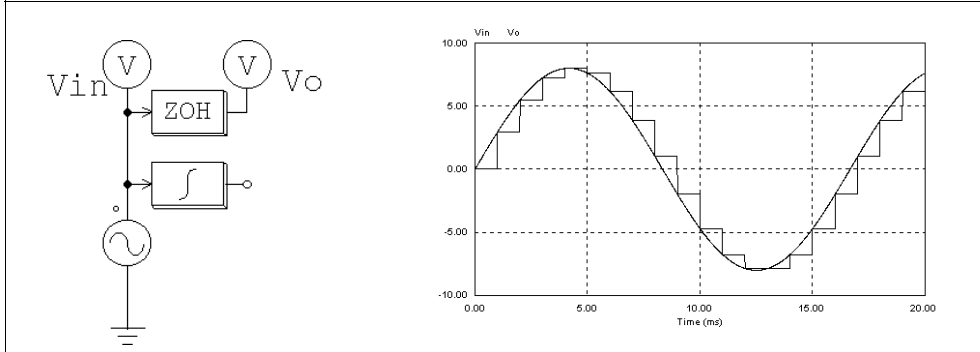
Attribute:

Parameter	Description
Sampling Frequency	Sampling frequency of the zero-order hold, in Hz

Like all other discrete elements, the zero-order hold has a free-running timer which determines the moment of sampling. The sampling moment is synchronized with the origin of the simulation time. For example, if the zero-order hold has a sampling frequency of 1000 Hz, the input will be sampled at 0, 1 msec., 2 msec., 3 msec., and so on.

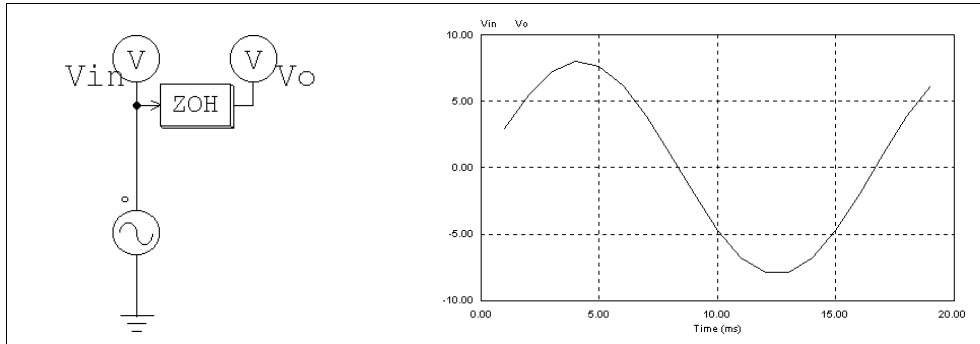
Example:

In the following circuit, the zero-order hold sampling frequency is 1000 Hz. The input and output waveforms are shown on the left.



Note that in above circuit, a continuous-domain integrator is also connected to the input sine source. This makes it a mixed continuous-discrete circuit, and a simulation time step selected for the continuous circuit will be used. With this time step, the familiar staircase-like waveform can be observed at the zero-order hold output.

Without the integrator, the circuit becomes a discrete circuit. Since only the calculation at the discrete sampling points is needed, the simulation time step will be equal to the sampling period, and only the results at the sampling points are available. The waveforms, as shown below, appear continuous. In fact the waveforms are discrete, and the connection between two sampling points makes it look like continuous.



3.5.2 z-Domain Transfer Function Block

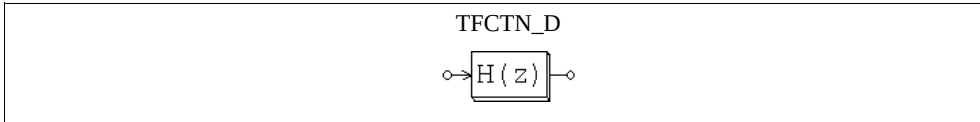
A z-domain transfer function block is expressed in polynomial form as:

$$H(z) = \frac{b_0 \cdot z^N + b_1 \cdot z^{N-1} + \dots + b_{N-1} \cdot z + b_N}{a_0 \cdot z^N + a_1 \cdot z^{N-1} + \dots + a_{N-1} \cdot z + a_N}$$

If $a_0 = 1$, the expression $Y(z) = H(z) * U(z)$ can be expressed in difference equation as:

$$y(n) = b_0 \cdot u(n) + b_1 \cdot u(n-1) + \dots + b_N \cdot u(n-N) - [a_1 \cdot y(n-1) + a_2 \cdot y(n-2) + \dots + a_N \cdot y(n-N)]$$

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Order N	Order N of the transfer function
Coeff. $b_0 \dots b_N$	Coefficients of the nominator (from b_0 to b_N)
Coeff. $a_0 \dots a_N$	Coefficients of the denominator (from a_0 to a_N)
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

Example:

The following is a second-order transfer function:

$$H(z) = \frac{400 \cdot e^3}{z^2 + 1200 \cdot z + 400 \cdot e^3}$$

Assuming a sampling frequency of 3 kHz, the specification will be:

Order N	2
Coeff. $b_0 \dots b_N$	0. 0. 400.e3
Coeff. $a_0 \dots a_N$	1. 1200. 400.e3
Sampling Frequency	3000.

3.5.2.1 Integrator

There are two types of integrators. One is the regular integrator (I_D). The other is the resettable integrator (I_RESET_D).

Images:



Attribute:

Parameters	Description
Algorithm Flag	Flag for integration algorithm 0: trapezoidal rule 1: backward Euler 2: forward Euler
Initial Output Value	Initial output value
Reset Flag	Reset flag (0: edge reset; 1: level reset)
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

The output of a resettable integrator can be reset by an external control signal (at the bottom of the block). With the edge reset (reset flag = 0), the integrator output is reset to zero at the rising edge of the control signal. With the level reset (reset flag = 1), the integrator output is reset to zero as long as the control signal is high (1).

If we define $u(t)$ as the input, $y(t)$ as the output, T as the sampling period, and $H(z)$ as the discrete transfer function, the input-output relationship of an integrator can be expressed under different integration algorithms as follows.

With trapezoidal rule:

$$H(z) = \frac{T}{2} \cdot \frac{z+1}{z-1}$$

$$y(n) = y(n-1) + \frac{T}{2} \cdot (u(n) + u(n-1))$$

With backward Euler:

$$H(z) = T \cdot \frac{z}{z-1}$$

$$y(n) = y(n-1) + T \cdot u(n)$$

With forward Euler:

$$H(z) = T \cdot \frac{1}{z - 1}$$

$$y(n) = y(n - 1) + T \cdot u(n - 1)$$

3.5.2.2 Differentiator

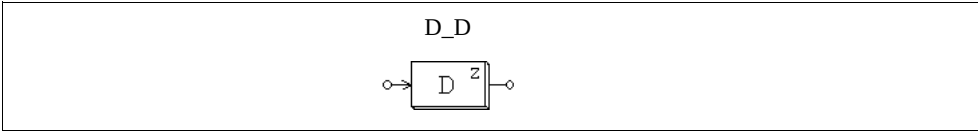
The transfer function of a discrete differentiator is:

$$H(z) = \frac{1}{T} \cdot \frac{z - 1}{z}$$

where T is the sampling period. The input-output relationship can be expressed in difference equation as:

$$y(n) = \frac{1}{T} \cdot (u(n) - u(n - 1))$$

Image:



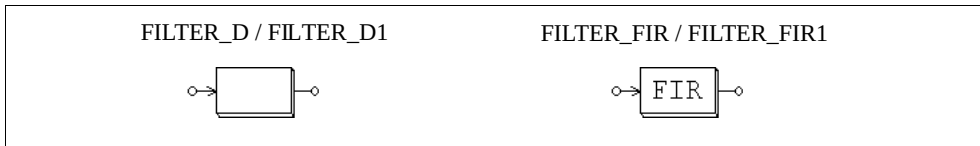
Attribute:

Parameter	Description
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

3.5.2.3 Digital Filters

Two types of digital filters are provided: general digital filter (FILTER_D / FILTER_D1) and finite impulse response (FIR) filter (FILTER_FIR / FILTER_FIR1). For blocks FILTER_D1 and FILTER_FIR1, filter coefficients are specified through a file.

Images:



Attributes:

For Filter_D and FILTER_FIR:

Parameters	Description
Order N	Order N of the transfer function
Coeff. $b_0...b_N$	Coefficients of the nominator (from b_0 to b_N)
Coeff. $a_0...a_N$	Coefficients of the denominator (from a_0 to a_N)
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

For Filter_D1 and FILTER_FIR1:

Parameters	Description
File for Coefficients	Name of the file storing the filter coefficients
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

The transfer function of the general digital filter is expressed in polynomial form as:

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + \dots + b_{N-1} \cdot z^{-(N-1)} + b_N \cdot z^{-N}}{a_0 + a_1 \cdot z^{-1} + \dots + a_{N-1} \cdot z^{-(N-1)} + a_N \cdot z^{-N}}$$

If $a_0 = 1$, the output y and input u can be expressed in difference equation form as:

$$y(n) = b_0 \cdot u(n) + b_1 \cdot u(n-1) + \dots + b_N \cdot u(n-N) - [a_1 \cdot y(n-1) + a_2 \cdot y(n-2) + \dots + a_N \cdot y(n-N)]$$

If the denominator coefficients $a_0...a_N$ are not zero, this type of filter is called infinite impulse response (IIR) filter.

The transfer function of the FIR filter is expressed in polynomial form as:

$$H(z) = b_0 + b_1 \cdot z^{-1} + \dots + b_{N-1} \cdot z^{-(N-1)} + b_N \cdot z^{-N}$$

If $a_0 = 1$, the output y and input u can be expressed in difference equation form as:

$$y(n) = b_0 \cdot u(n) + b_1 \cdot u(n-1) + \dots + b_N \cdot u(n-N)$$

The coefficient file for block FILTER_D1 and FILTER_FIR1 has the following format:

For Filter_FIR1:

N
 b_0
 b_1

 b_N

For Filter_D1, the format can be either one of the following:

N	or	N
b_0		b_0, a_0
b_1		b_1, a_1
... ..		
b_N		b_N, a_N
a_0		
a_1		
... ..		
a_N		

Example:

To design a 2nd-order low-pass Butterworth digital filter with the cut-off frequency $f_c = 1$ kHz, assuming the sampling frequency $f_s = 10$ kHz, using MATLAB, we have:

Nyquist frequency $f_n = f_s / 2 = 5$ kHz

Normalized cut-off frequency $f_c^* = f_c / f_n = 1/5 = 0.2$

$[B,A] = \text{butter}(2, f_c^*)$

which will give:

$$B = [0.0201 \quad 0.0402 \quad 0.0201] = [b_0 \quad b_1 \quad b_2]$$

$$A = \begin{bmatrix} 1 & -1.561 & 0.6414 \end{bmatrix} = [a_0 \ a_1 \ a_2]$$

The transfer function is

$$H(z) = \frac{0.0201 + 0.0402 \cdot z^{-1} + 0.0201 \cdot z^{-2}}{1 - 1.561 \cdot z^{-1} + 0.6414 \cdot z^{-2}}$$

The input-output difference equation is:

$$y(n) = 0.0201 \cdot u(n) + 0.0402 \cdot u(n-1) + 1.561 \cdot y(n-1) - 0.6414 \cdot y(n-2)$$

The parameter specification of the filter in PSIM will be:

Order N	2
Coeff. $b_0 \dots b_N$	0.0201 0.0402 0.0201
Coeff. $a_0 \dots a_N$	1. -1.561 0.6414
Sampling Frequency	10000.

If the coefficients are stored in a file, the file content will be:

```
2
0.0201
0.0402
0.0201
1.
-1.561
0.6414
```

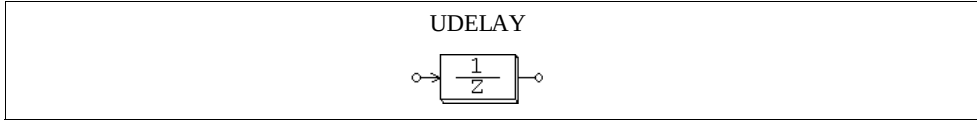
Or the file can also have the content as follows:

```
2
0.0201, 1
0.0402, -1.561
0.0201, 0.6414
```

3.5.3 Unit Delay

A unit delay block provides one sampling period delay to the input.

Image:



Attribute:

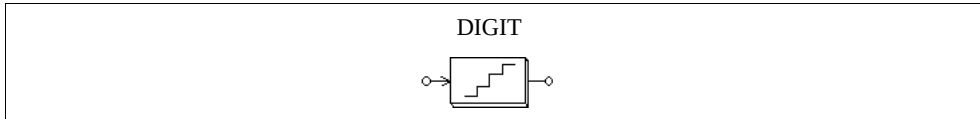
Parameter	Description
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

The difference between a unit delay block and a time delay block (TDELAY) is that the unit delay block is a discrete element and it delays the sampled points by one sampling period, whereas TDELAY is a continuous element and it delays the whole waveform by the delay time specified.

3.5.4 Quantization Block

A quantization block simulates the quantization error during an A/D conversion.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
No. of Bits	Number of bits N
Vin_min	Lower limit of the input value $V_{in,min}$
Vin_max	Upper limit of the input value $V_{in,max}$
Vo_min	Lower limit of the output value $V_{o,min}$
Vo_max	Upper limit of the output value $V_{o,max}$
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

A quantization block performs two functions: scaling and quantization.

The input value V_{in} , sampled at the given sampling frequency, is first scaled based on the following:

$$V_{ox} = V_{in, min} + \frac{V_{in} - V_{in, min}}{V_{in, max} - V_{in, min}} (V_{o, max} - V_{o, min})$$

The number of bits determines the output resolution ΔV which is defined as:

$$\Delta V = \frac{V_{o, max} - V_{o, min}}{2^N - 1}$$

The output V_o will be equal to the truncated value of V_{ox} based on the resolution ΔV .

Example:

If $N = 4$, $V_{in, min} = 0$, $V_{in, max} = 10$, $V_{o, min} = -5$, $V_{o, max} = 5$, and $V_{in} = 3.2$, then:

$$V_{ox} = -5 + (3.2 - 0) * (5 - (-5)) / (10 - 0) = -1.8$$

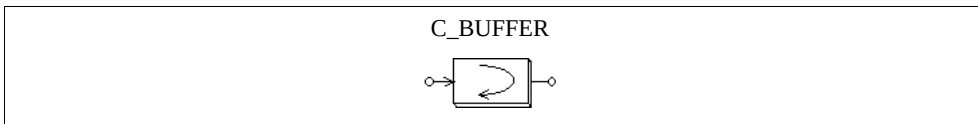
$$\Delta V = (5 - (-5)) / (2^4 - 1) = 0.66667$$

The value -1.8 is between -2.33332 and -1.66665. Therefore, the lower value is selected, that is, $V_o = -1.66665$.

3.5.5 Circular Buffer

A circular buffer is a memory location that can store an array of data.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Buffer Length	The length of the buffer
Sampling Frequency	Sampling frequency, in Hz

A circular buffer stores data in a buffer. When the pointer reaches the end of the buffer,

it will start again from the beginning.

The output of the circular buffer is a vector. To access to each memory location, use the memory read block MEMREAD.

Example:

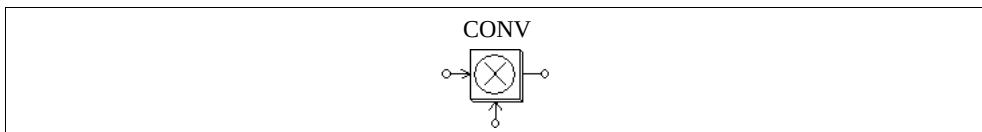
If a circular buffer has a buffer length of 4 and a sampling frequency of 10 Hz, we have the buffer storage at different time as follows:

Time	Input	Value at Memory Location			
		1	2	3	4
0	0.11	0.11	0	0	0
0.1	0.22	0.11	0.22	0	0
0.2	0.33	0.11	0.22	0.33	0
0.3	0.44	0.11	0.22	0.33	0.44
0.4	0.55	0.55	0.22	0.33	0.44
... ..					

3.5.6 Convolution Block

A convolution block performs the convolution of two input vectors. The output is also a vector.

Image:



Let the two input vectors be:

$$A = [a_m \ a_{m-1} \ a_{m-2} \ \dots \ a_1]$$

$$B = [b_n \ b_{n-1} \ b_{n-2} \ \dots \ b_1]$$

We have the convolution of A and B as:

$$\begin{aligned} C &= A \otimes B \\ &= [c_{m+n-1} \ c_{m+n-2} \ \dots \ c_1] \end{aligned}$$

where

$$c_i = \sum [a_{k+1} * b_{j-k}], \quad k=0, \dots, m+n-1; j=0, \dots, m+n-1; i=1, \dots, m+n-1$$

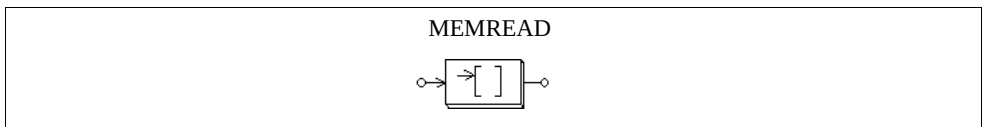
Example:

If $A = [1 \ 2 \ 3]$ and $B = [4 \ 5]$, we have $m = 3$; $n = 2$; and the convolution of A and B is: $C = [4 \ 13 \ 22 \ 15]$.

3.5.7 Memory Read Block

A memory read block is used to read the value of a memory location of a vector.

Image:



Attribute:

Parameter	Description
Memory Index Offset	Offset from the starting memory location

A memory read block allows one to access the memory location of elements such as convolution block, vector array, and circular buffer. The index offset defines the offset from the starting memory location.

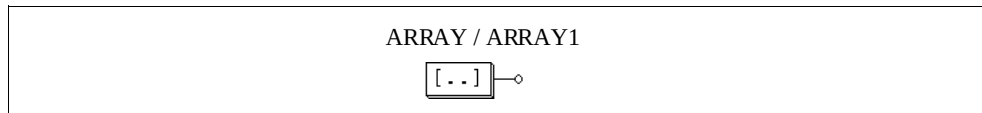
Example:

Let a vector be $A = [2 \ 4 \ 6 \ 8]$. If index offset is 0, the memory read block output will be 2. If the index offset is 2, the output will be 6.

3.5.8 Data Array

This is a one-dimensional array. The output is a vector. The data are either entered directly (in ARRAY) or specified in a file (in ARRAY1).

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Array Length	The length of the data array N (for ARRAY only)
Values	Values of the array (for ARRAY only)
File for Coefficients	Name of the file storing the array (for ARRAY1 only)

If the array is read from a file, the file will have the following format:

N
 a_1
... ..
 a_N

where N is the length of the array, and $a_1..a_N$ are the array values.

Example:

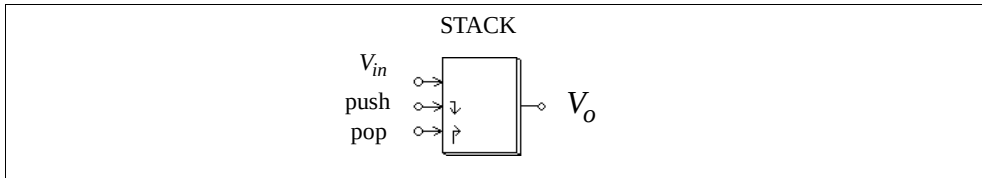
To define an array $A = [2\ 4\ 6\ 8]$, we will have: Array Length =4; Values = 2 4 6 8. If the array is to be read from a file, the file will be:

4
2.
4.
6.
8.

3.5.9 Stack

A stack is a first-in-last-out register.

Image:



Attribute:

Parameter	Description
Stack Depth	The stack depth

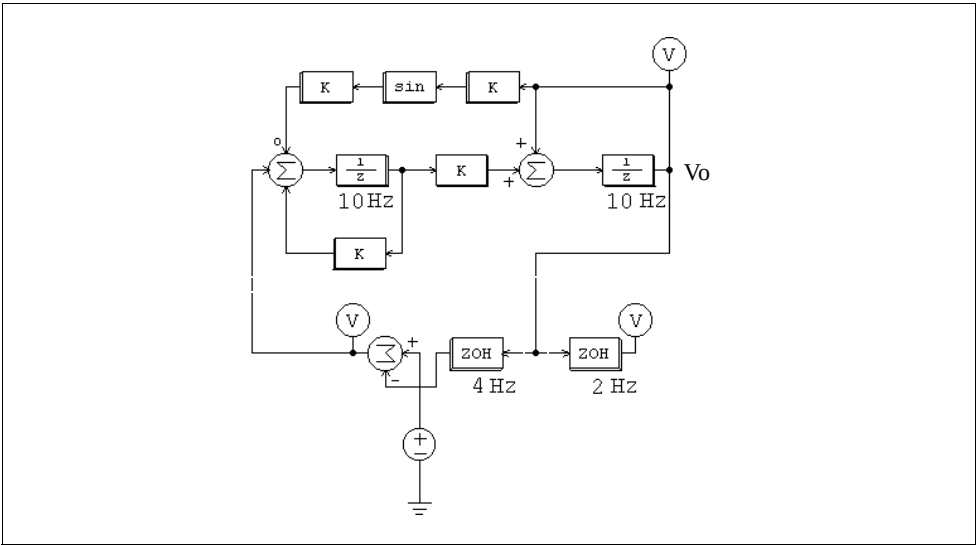
The rising edge triggers the push or pop action. When a pop action is performed and the stack is empty, the output remains unchanged. When a push action is performed and the stack is already full, the data at the bottom of the stack will be pushed out and will be lost.

3.5.10 Multi-Rate Sampling System

A discrete system can have more than one sampling rate. The following system is used to illustrate this.

The system below has 3 sections. The first section has a sampling rate of 10 Hz. The output, V_o , fed back to the system and is sampled at 4 Hz in the second section. In the third section, the output is displayed at a sampling rate of 2 Hz.

It should be noted that a zero-order hold must be used between two elements with different sampling rates.

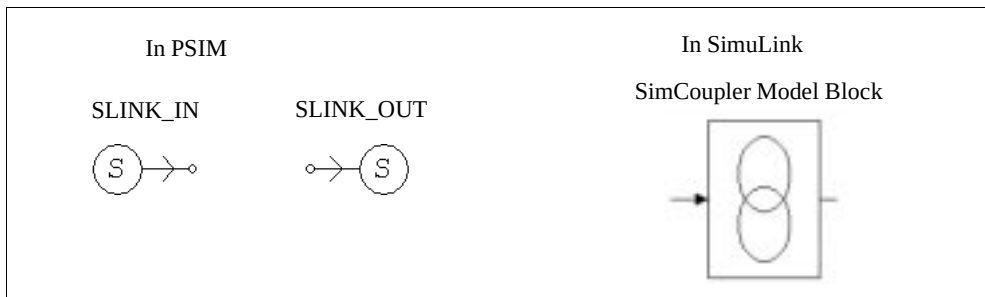


3.6 SimCoupler Module

The SimCoupler Module is an add-on module to the basic PSIM software. It provides interface between PSIM and Matlab/Simulink for co-simulation. With the SimCoupler Module, part of a system can be implemented and simulated in PSIM, and the rest of the system in Simulink. One can therefore make full use of PSIM's capability in power simulation and Matlab/Simulink's capability in control simulation in a complementary way.

The SimCoupler interface consists of two parts: the link nodes in PSIM, and the SimCoupler model block in Simulink. The images are shown below

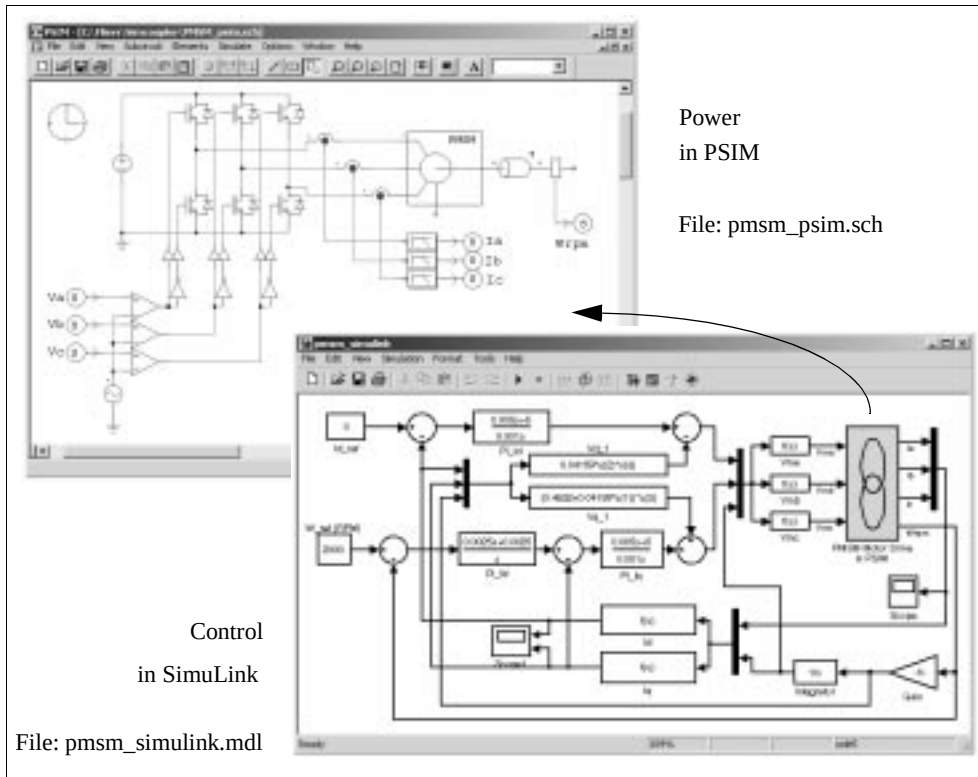
Images:



In PSIM, the SLINK_IN nodes receive values from Simulink, and the SLINK_OUT nodes send the values to Simulink. They are all control elements and can be used in the control circuit only. In Simulink, the SimCoupler model block is connected to the rest of the system through input/output ports.

3.6.1 Set-up in PSIM and Simulink

The use of the SimCoupler Module is easy and straightforward. As an example, the following shows a permanent-magnet synchronous motor (PMSM) drive system with the power stage implemented in PSIM, and the control in Simulink.



The following are the steps to set up SimCoupler for PSIM-Matlab/Simulink co-simulation for the example above.

In PSIM:

- After the rest of the power circuit is created, connect three SLINK_OUT nodes to the low-pass filters of Phase A, B, and C currents, and rename them as “Ia”, “Ib”, and “Ic”; and connect one SLINK_OUT node to the speed sensor output and rename it as “Wrpm”.
- Connect three SLINK_IN nodes to the positive inputs of the comparators, and rename them as “Va”, “Vb”, and “Vc”.
- Go to the **Simulate** menu, and select **Arrange SLINK Nodes**. A dialog window will appear. Arrange the order of the SLINK_IN nodes and SLINK_OUT nodes to be the same as how the input/output ports would appear in the SimCoupler model block in Simulink (the order of the ports is from the top to the bottom). In this example, the order will be “Va”, “Vb”, and “Vc” for

the SLINK_IN nodes, and “Ia”, “Ib”, “Ic”, and “Wrpm” for the SLINK_OUT nodes.

- Go to the **Simulate** menu, and select **Generate Netlist File**. A netlist file with the .cct extension will be generated and saved under the same directory as the schematic file. In this example, we assume that the netlist is located in the directory “C:\PSIM6.0”. The netlist file name and path will be “C:\PSIM6.0\pmsm_psim.cct”.

In Simulink

- Copy the version of the SimCoupler DLL file to “SimCoupler.dll”. For example, for Release 13, copy “SimCoupler_R13.dll” to “SimCoupler.dll”. Note: the default “SimCoupler.dll” file is for Release 11. It is found that it also works for higher releases.
- Start Matlab. Change the working directory to the PSIM directory. If PSIM is installed in the directory “C:\PSIM6.0”, change the directory to “C:\PSIM6.0”. Then launch Simulink and open the existing file or create a new file.
- After the rest of the system is created, open the Simulink file “SimCoupler_Block_R11.mdl” (created in Matlab/Simulink Release 11) that store the SimCoupler model block. Copy and paste the SimCoupler model block into the PMSM example file.
- In the PMSM example file, double click on the SimCoupler block, and enter the name and the location of the PSIM netlist name, and click on **Apply**. In this example, it will be “C:\PSIM6.0\pmsm_psim.cct”. The number of input and output ports for the SimCoupler model block will automatically match those defined in the PSIM netlist. In this case, there will be 3 input ports and 4 output ports. If the number of link nodes in the netlist is changed later, go to the **Edit** menu and choose **Update Diagram**. This will update the model block ports.
- Go to the **Simulation** menu and select **Simulation Parameters**. Under **Solver Options**, set the **Type** to “Fixed-step”. Set **Fixed step size** to be the same as or close to PSIM’s time step. In this case, the time step is set to 0.1ms. More discussion on the selection of the solver option and the time step is given in the next section.
- The setup is now complete. Go to Simulink and start the simulation.

The SimCoupler Module supports Matlab/Simulink Release 11, 12.0, 12.1, and 13.

Please note that the SimCoupler file “SimCoupler.dll” is created in Matlab/Simulink Release 11. It is found that this file also works with higher releases of Matlab/Simulink. We also compiled and provided this file for other Matlab/Simulink releases. They are stored in “SimCoupler_Rxx.dll” where xx is the release version number. For example, to

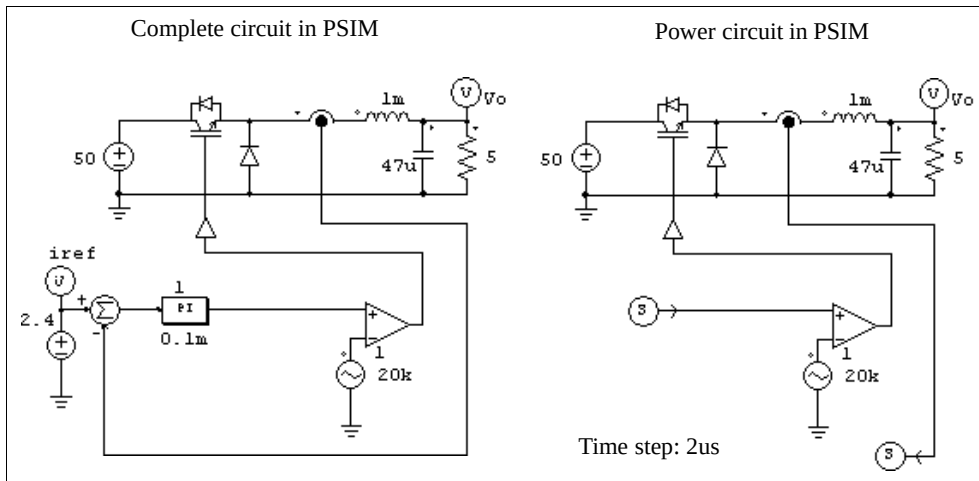
use “SimCoupler.dll” compiled for Release 13, first delete “SimCoupler.dll”, then copy “SimCoupler_R13.dll” to another file, and rename that file to “SimCoupler.dll”.

Please also note that when the SimCoupler model block is used in a feedback system in Simulink, the SimCoupler model block may be part of an algebraic loop (please refer to Matlab Help for more information on algebraic loops). Some versions of Matlab/ Simulink can not solve a system containing algebraic loops, and other can solve the system but with degraded performance. To break an algebraic loop, place a memory block at each output of the SimCoupler model block. The memory block introduces one integration time step delay.

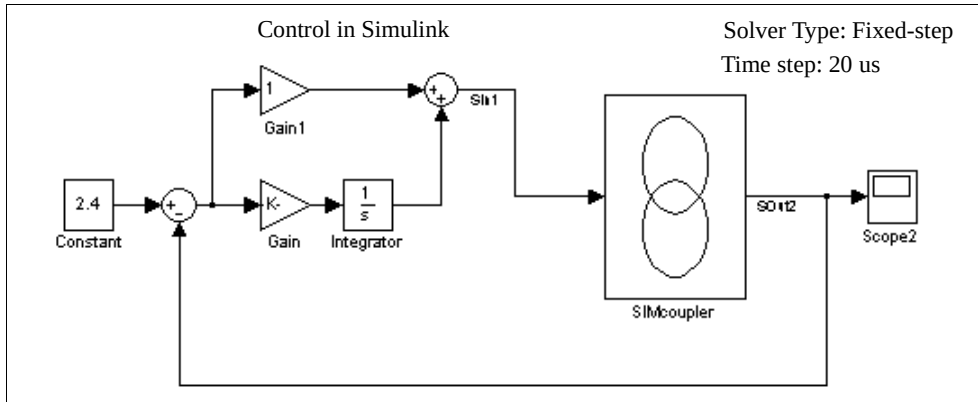
3.6.2 Solver Type and Time Step Selection in Simulink

There are certain restrictions on the selection of the solver type and the time step in Simulink when performing the co-simulation. To illustrate this, we use the following one-quadrant chopper circuit with average current mode control as an example.

The circuit on the left is all implemented and simulated in PSIM. The circuit on the right has the power stage implemented in PSIM, and the control implemented in Simulink. In both circuits, the PSIM simulation time step is 2 μ s.

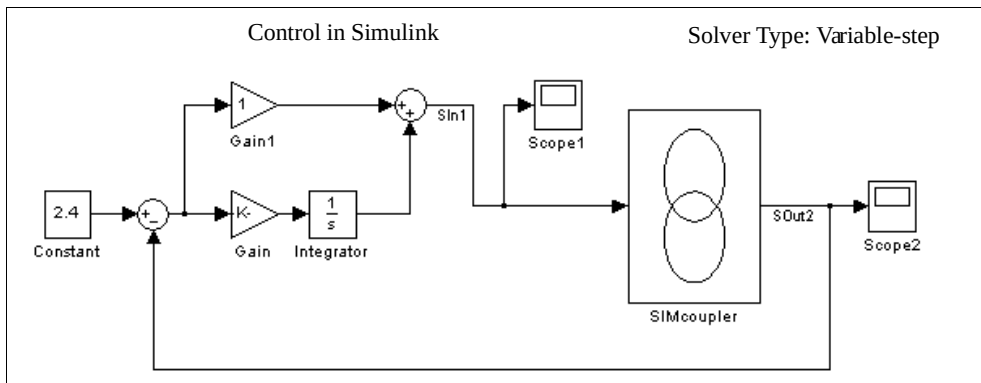


There are different ways of setting up Simulink to perform co-simulation. The recommend approach is to set the Solve Type to **Fixed-step** and define the **Fixed step size** to be the same or close to PSIM’s time step. The figure below shows this option.

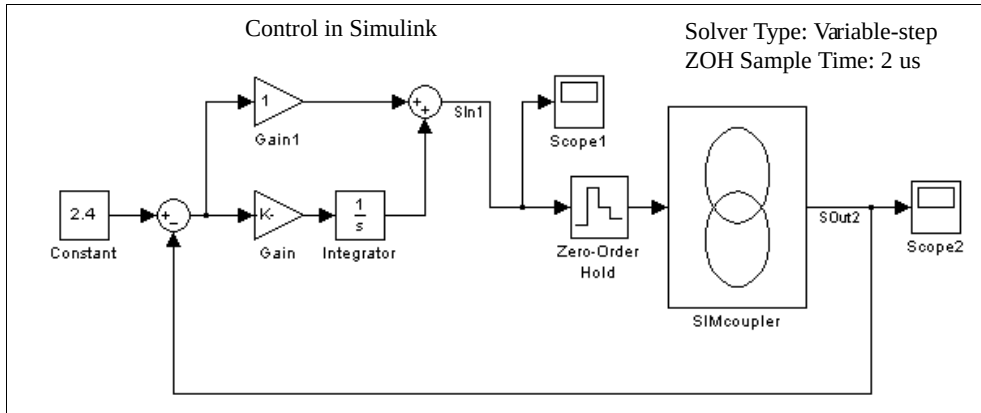


It is recommended that Simulink use the same time step as PSIM, although we have found that, even if the Simulink time step is slightly larger than PSIM time step, satisfactory results are obtained. In this case, for example, the time step is set to 20 us, 10 times larger than the PSIM time step.

If the Simulink Solver type is instead set to **Variable-step**, the simulation results will not be correct. The figure below shows this option.



When the Simulink Solver type is set to **Variable-step**, in order to obtain correct results, a zero-order-hold must be placed at the input of the SimCoupler model block. Moreover, the zero-order-hold sample time must be the same or close to PSIM time step. The figure below shows the configuration.



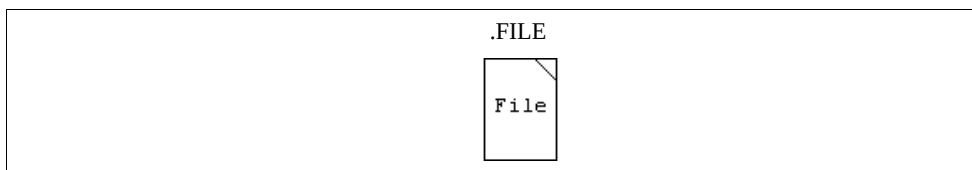
Therefore, Simulink must be set up to have the Solver Type as **Fixed-step** with the time step the same or close to the PSIM time step, or if the Solver Type is **Variable-step**, a zero-order-hold must be used with the sample time the same or close to PSIM time step

Other Components

4.1 Parameter File

The parameter file element .FILE defines the name of the file that stores the component parameters and limit settings. For example, the resistance of a resistor can be specified as R1, and the value of R1 is defined in the parameter file.

Image:



The parameter file is a text file created by the user. The format is shown below:

<name> = <value>

<name> <value>

LIMIT <name> <lower limit> <upper limit>

% A comment line

The field <value> can be either a numerical number (e.g. “R1 = 12.3”) or a mathematical expression (e.g. “R3 = R1 + R2/2.”). The name and the value can be separated by either an equation sign (e.g. “R1 = 12.3”) or a space (e.g. “R1 12.3”). Text from the character “%” to the end of the line is treated as comments (e.g. “% R3 is the load resistance”).

For example, a parameter file may look like the following:

```
R1=12.3           [R1 is defined as 12.3]
R2 23.4Ohm       [Equation sign can be replaced by space]
% R3 is the load resistance    [This line is comments]
R3=R1+R2/2.      [Math expression is allowed]
L1=3m            [power-of-ten suffix is allowed. L1=0.003]
C1=100uF
```


LIMIT R3 5. 25. [R3 is limited between 5. and 25.]

4.2 Sources

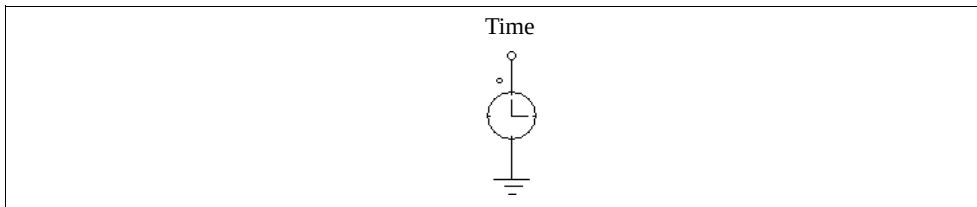
Several types of independent voltage/current sources are available in PSIM. The notation of a current source direction is: the current flows out of the higher-potential node, through the external circuit, and back into the lower-potential node of the source.

Note that current sources can be used in the power circuit only.

4.2.1 Time

The Time element is a special case of the piecewise linear voltage source. It is treated as a grounded voltage source, and the value is equal to the simulation time, in sec.

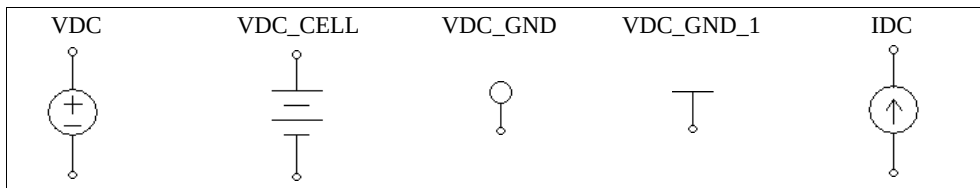
Image:



4.2.2 DC Source

A dc source has a constant amplitude. The reference of the dc voltage sources VDC_GND and VDC_GND_1 is the ground.

Images:



Attribute:

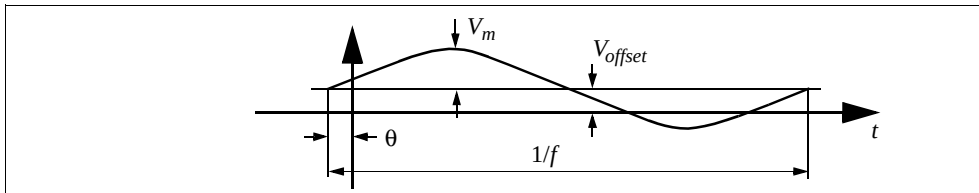
Parameter	Description
Amplitude	Amplitude of the source

4.2.3 Sinusoidal Source

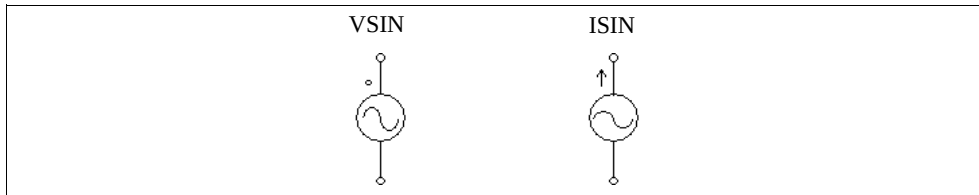
A sinusoidal source is defined as:

$$v_o = V_m \cdot \sin(2\pi \cdot f \cdot t + \theta) + V_{offset}$$

The specifications can be illustrated as follows.



Images:

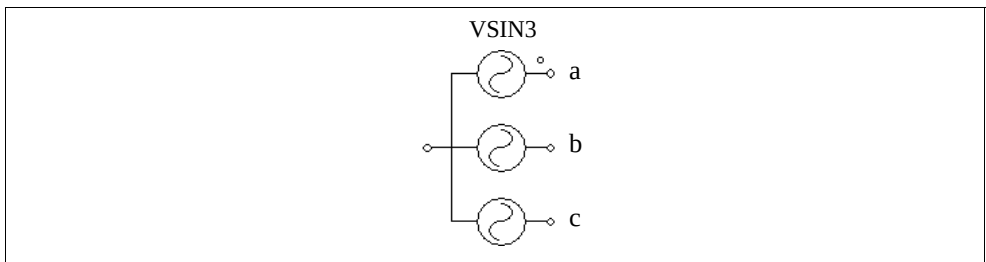


Attributes:

Parameters	Description
Peak Amplitude	Peak amplitude V_m
Frequency	Frequency f , in Hz
Phase Angle	Initial phase angle θ , in deg.
DC Offset	DC offset V_{offset}
Tstart	Starting time, in sec. Before this time, the source is 0.

To facilitate the setup of three-phase circuits, a symmetrical three-phase Y-connected sinusoidal voltage module (VSIN3) is provided. The dotted phase of the module refers to Phase A.

Image:



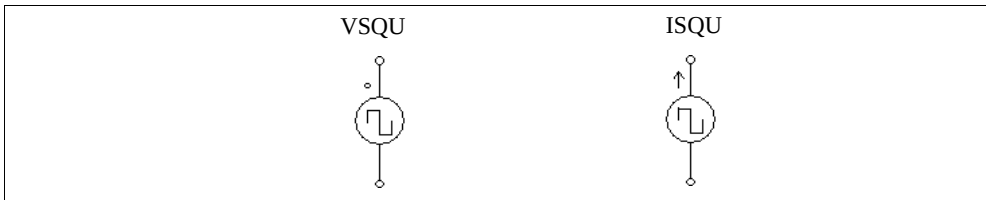
Attributes:

Parameters	Description
V (line-line-rms)	Line-to-line rms voltage amplitude
Frequency	Frequency f , in Hz
Init. Angle (phase A)	Initial angle for Phase A

4.2.4 Square-Wave Source

A square-wave voltage source (VSQU) or current source (ISQU) is defined by peak-to-peak amplitude, frequency, duty-cycle, and DC offset. The duty cycle is defined as the ratio between the high-potential interval versus the period.

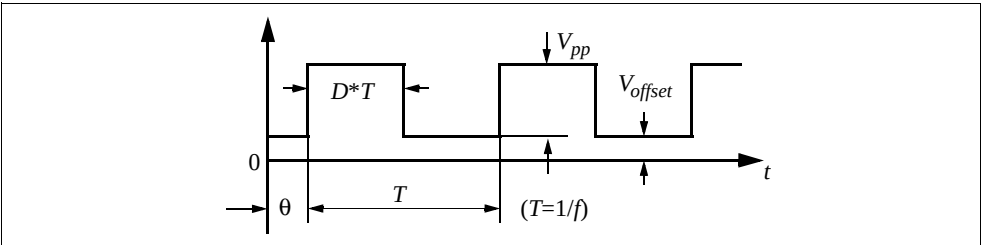
Images:



Attributes:

Parameters	Description
V _{peak-peak}	Peak-to-peak amplitude V_{pp}
Frequency	Frequency, in Hz
Duty Cycle	Duty cycle D of the high-potential interval
DC Offset	DC offset V_{offset}
Phase Delay	Phase delay θ of the waveform, in deg.

The specifications of a square wave source are illustrated as follows.

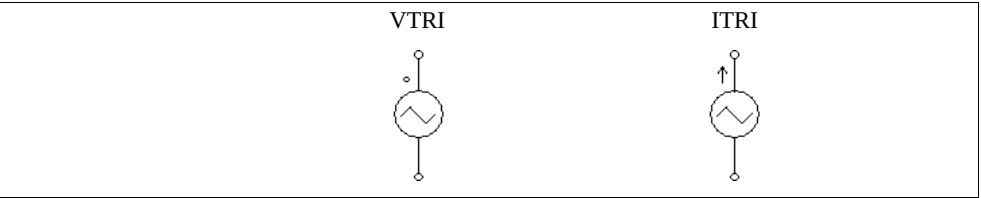


When the phase delay θ is positive, the waveform is shifted to the right along the time axis.

4.2.5 Triangular Source

A triangular-wave voltage source (VTRI) or current source (ITRI) is defined by peak-to-peak amplitude, frequency, duty-cycle, and DC offset. The duty cycle is defined as the ratio between the rising-slope interval versus the period.

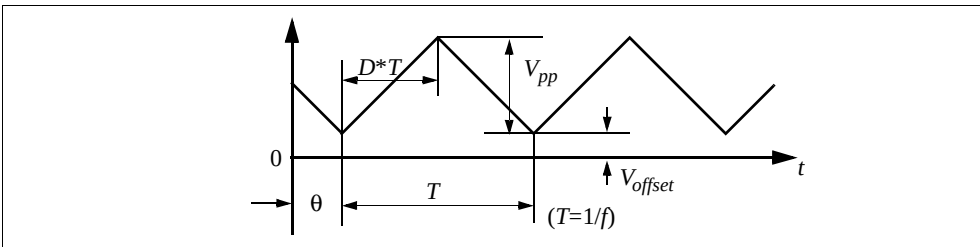
Images:



Attributes:

Parameters	Description
V _{peak-peak}	Peak-to-peak amplitude V_{pp}
Frequency	Frequency, in Hz
Duty Cycle	Duty cycle D of the rising slope interval
DC Offset	DC offset V_{offset}
Phase Delay	Phase delay θ of the waveform, in deg.

The specifications of a triangular wave source are illustrated as:

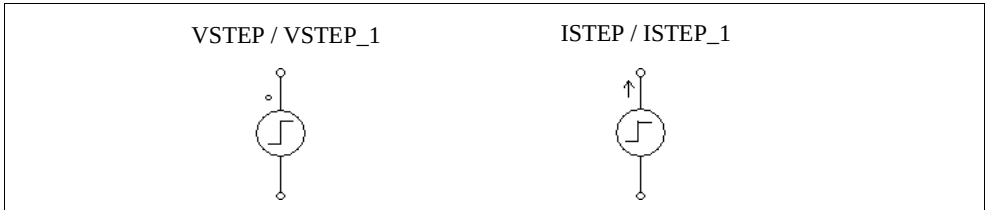


When the phase delay θ is positive, the waveform is shifted to the right along the time axis.

4.2.6 Step Sources

A step voltage/current source changes from one level to another at a given time.

Images:



Attributes:

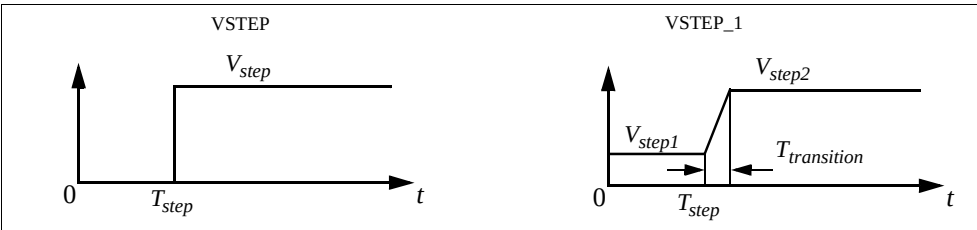
For VSTEP and ISTEP:

Parameters	Description
Vstep	Value V_{step} after the step change
Tstep	Time T_{step} at which the step change occurs

For VSTEP_1 and ISTEP_1:

Parameters	Description
Vstep1	Value V_{step1} before the step change
Vstep2	Value V_{step2} after the step change
Tstep	Time T_{step} at which the step change occurs
T_transition	Transition time $T_{transition}$ from V_{step1} to V_{step2}

The specifications of the voltage step sources are illustrated as follows:



4.2.7 Piecewise Linear Source

The waveform of a piecewise linear source consists of piecewise linear segments. It is defined by the number of points, the values and the corresponding time (in sec.).

Images:



Attributes:

For VGNL and IGNU:

Parameters	Description
Frequency	Frequency of the waveform, in Hz
No. of Points n	No. of points
Values V1...Vn	Values at each point
Time T1...Tn	Time at each point, in sec.

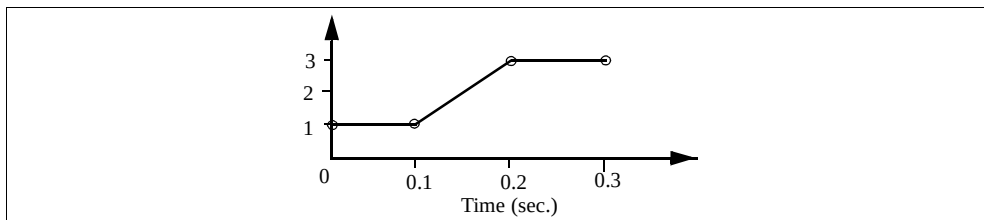
For VGNL_1 and IGNU_1:

Parameters	Description
Frequency	Frequency of the waveform, in Hz
Times, Values (t1,v1) ...	Time and value at each point

The time and value pair must be enclosed by left and right brackets. The time and value can be separated by either a comma (such as (1.2m,5.5)) or a space (such as (1.2m 5.5)), or both (such as (1.2m, 5.5)).

Example:

The following is a non-periodic piecewise linear source. It has 3 segments which can be defined by four points (marked in the figure).



The specification for VGNL will be:

Frequency	0.
No. of Points n	4
Values V1...Vn	1. 1. 3. 3.
Times T1...Tn	0. 0.1 0.2 0.3

The specification for VGNL_1 will be:

Frequency	0.
Times, Values (t1,v1)...	(0., 1) (0.1, 1) (0.2, 3) (0.3, 3)

4.2.8 Random Source

The amplitude of a random voltage source (VRAND) or current source (IRAND) is determined randomly at each simulation time step. A random source is defined as:

$$v_o = V_m \cdot n + V_{offset}$$

where V_m is the peak-to-peak amplitude of the source, n is a random number in the range of 0 to 1, and V_{offset} is the dc offset.

Images:



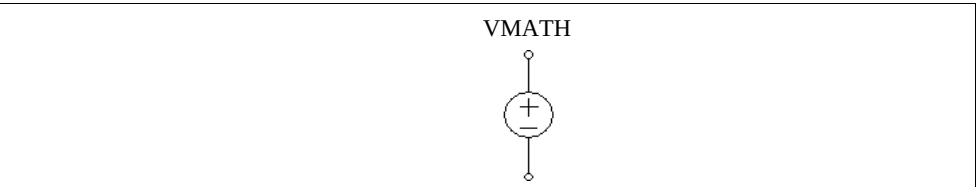
Attributes:

Parameters	Description
Peak-Peak Amplitude	Peak-to-peak amplitude of the source
DC Offset	DC offset

4.2.9 Math Function Source

A math function source allows one to define the source in a mathematical expression.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Expression	The mathematical expression of the source
Tstart	Start time of the source

In the expression, “T” or “t” represents time. For example, to implement a sinusoidal source, the expression will be: $\sin(2*3.14159*60*t+2.09)$.

4.2.10 Voltage/Current-Controlled Sources

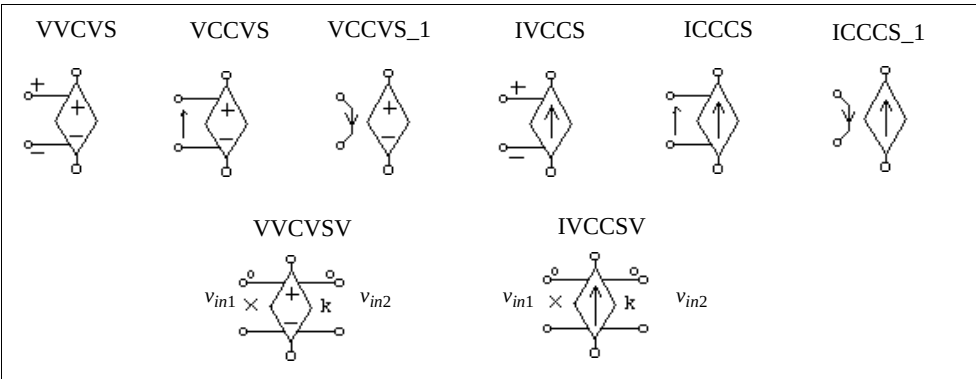
Four types of controlled sources are available:

- Voltage controlled voltage source (VVCVS)
- Current controlled voltage source (VCCVS / VCCVS_1)
- Voltage controlled current source (IVCCS)
- Current controlled current source (ICCCS / ICCCS_1)
- Variable-gain voltage controlled voltage source (VVCVSV)
- Variable-gain voltage controlled current source (IVCCSV)

The controlling current of a current controlled source (VCCVS / ICCCS) must come from a RLC branch. Also, for a controlled current source, the controlling voltage or current can not be an independent source.

Note that controlled sources can be used in the power circuit only.

Images:



Attribute:

Parameter	Description
Gain	Gain of the source

For voltage-controlled sources VCCVS and IVCCS, the controlling voltage is from the positive node (+) to the negative node (-).

For current-controlled sources VCCVS and ICCCS, the control nodes are connected across a RLC branch, and the direction of the controlling current is indicated by the arrow.

For current-controlled sources VCCVS_1 and ICCCS_1, the controlling current flows into one control node and out of the other. A 10-uOhm resistor is used to sense the controlling current.

The output of a controlled source, except variable-gain controlled sources, is equal to the gain multiplied by the controlling voltage or current. For the variable-gain controlled sources VCCVSV and IVCCSV, the output is equal to the following:

$$v_o = (k \cdot v_{in2}) \cdot v_{in1}$$

$$i_o = (k \cdot v_{in2}) \cdot v_{in1}$$

Input 1 is on the side with the multiplication sign, and Input 2 is on the side with the letter “k”

The difference between variable-gain controlled sources and nonlinear sources VNONM and INONM described in the following section is that for VNONM and INONM, values of both v_{in1} and v_{in2} at the current time step are used to calculate the output and are updated in each iteration. But for variable-gain controlled sources, it is assumed that the change of v_{in2} is small from one time step to the next, and the value of v_{in2} at the previous time step is used at the current time step. This assumption is valid as long as v_{in2} changes at a much slower rate as compared to v_{in1} and the time step is small as compared to the change of v_{in2} . The variable-gain controlled sources can be used in circuits which may otherwise have convergence problem with nonlinear sources VNONM and INONM.

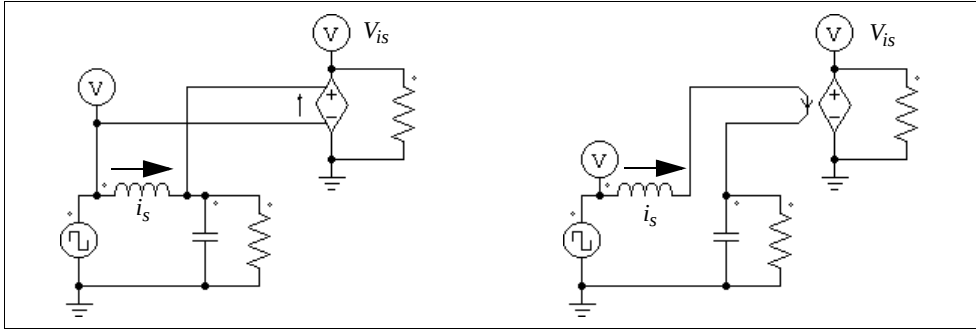
Example:

The circuits below illustrates the use of current controlled voltage sources VCCVS and VCCVS_1.

In the circuit on the left, the voltage source VCCVS is controlled by the inductor current

i_s . With a gain of 1, the waveform of the voltage v_{is} is equal to that of i_s . In this way, a current quantity can be converted to a voltage quantity.

The circuit on the right is equivalent to that on the left, except that the source VCCVS_1 is used instead.



4.2.11 Nonlinear Voltage-Controlled Sources

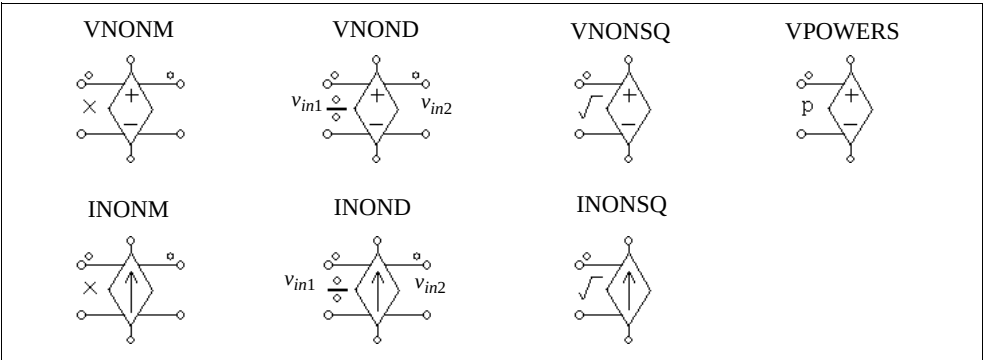
The output of a nonlinear voltage-controlled source is either the multiplication, division, or square-root of the inputs. They are defined as:

VNONM	- Voltage source where $v_o = k \cdot v_{in1} \cdot v_{in2}$
INONM	- Current source where $i_o = k \cdot v_{in1} \cdot v_{in2}$
VNOND	- Voltage source where $v_o = k \cdot \frac{v_{in1}}{v_{in2}}$
INOND	- Current source where $i_o = k \cdot \frac{v_{in1}}{v_{in2}}$
VNONSQ	- Voltage source where $v_o = k \cdot \sqrt{v_{in1}}$
INONSQ	- Current source where $i_o = k \cdot \sqrt{v_{in1}}$
VPOWERS	- Voltage source where $v_o = \text{sign}(v_{in}) \cdot k \cdot (k_1 \cdot v_{in})^{k_2}$

In VPOWERS, the term $\text{sign}(v_{in})$ is 1 if v_{in} is positive, and it is -1 if v_{in} is negative.

Note that these nonlinear sources can be used in the power circuit only.

Images:



Attributes:

For all the sources except VPOWERS:

Parameter	Description
Gain	Gain k of the source

For VPOWERS:

Parameters	Description
Gain	Gain k of the source
Coefficient k_1	Coefficient k_1
Coefficient k_2	Coefficient k_2

For VNOND and INOND, Input 1 is on the side of the division sign.

4.3 Voltage/Current Sensors

Voltage/current sensors measure the voltages/currents of the power circuit and send them to the control circuit. The current sensor has an internal resistance of $1 \mu\Omega$.

Images:



Attribute:

Parameter	Description
Gain	Gain of the sensor

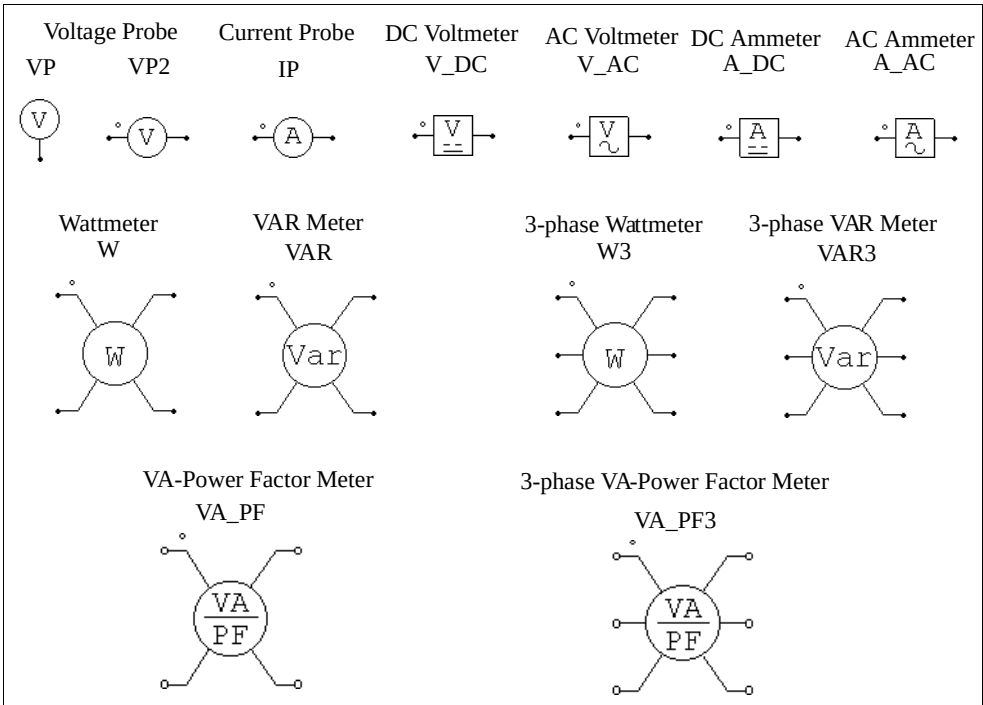
4.4 Probes and Meters

Probes and meters are used to measure voltages, currents, power, or other quantities. A voltage probe (VP) measures a node voltage with respect to ground. A two-terminal voltage probe (VP2) measures the voltage between two nodes. A current probe (IP) measures the current through the probe. Note that all the probes and meters, except the node-to-ground probe VP, are allowed in the power circuit only.

While probes measure a voltage or current quantity in its true form, meters can be used to measure the dc or ac voltage/current, or the real power and reactive power. These meters function in the same way as the actual meters.

A small resistor of 1 $\mu\Omega$ is used in the current probe internally to measure the current.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Operating Frequency	Operating frequency or fundamental frequency of the ac meter, in Hz
Cut-off Frequency	Cut-off frequency of the low-pass/high-pass filter, in Hz
VA Display Flag	Display flag for apparent power (0: no display; 1: display)
PF Display Flag	Display flag for power factor (0: no display; 1: display)
DPF Display Flag	Display flag for displacement power factor (0: no display; 1: display)

A low-pass filter is used in the dc meter and wattmeter models to filter out high-frequency components, whereas a high-pass filter is used in the ac meter and VAR meter models to filter out the dc component. The cut-off frequency determines the transient response of the filter.

Except the voltage and current probes (VP / VP2 / IP), the readings of all the meters are meaningful only when the readings reach the steady state.

For the single-phase VA-Power Factor meter, the apparent power (S), total power factor (PF), and the displacement power factor (DPF) are defined as follows.

Assume both the voltage and current contains harmonics, i.e.

$$v(t) = \sqrt{2}V_1 \sin(\omega_1 t + \phi_1) + \sqrt{2}V_2 \sin(\omega_2 t + \phi_2) + ..$$

$$i(t) = \sqrt{2}I_1 \sin(\omega_1 t + \theta_1) + \sqrt{2}I_2 \sin(\omega_2 t + \theta_2) + ..$$

where ω_1 is the fundamental frequency and all others are harmonic frequencies. We have the rms values of the voltage and current as:

$$V_{rms} = \sqrt{V_1^2 + V_2^2 + ..}$$

$$I_{rms} = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + ..}$$

The apparent power is defined as:

$$S = V_{rms} \cdot I_{rms}$$

The real power (or average power) is defined as:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T (v(t) \cdot i(t)) dt$$

where T is the fundamental period. The total power factor PF and the displacement power factor DPF are then defined as follow:

$$PF = \frac{P}{S}$$

$$DPF = \cos(\phi_1 - \theta_1)$$

For the three-phase circuit, the definitions are similar. Note that the meter VA_PF3 is for the 3-phase 3-wire circuit, and the summation of the three phase voltages or currents must be equal to zero, that is:

$$v_a + v_b + v_c = 0$$

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

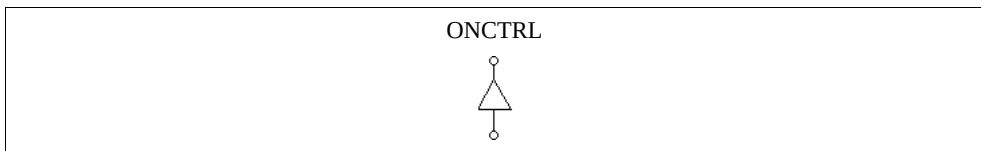
4.5 Switch Controllers

A switch controller has the same function as a switch gate/base drive circuit in an actual circuit. It receives the input from the control circuit, and controls switches in the power circuit. One switch controller can control multiple switches simultaneously.

4.5.1 On-Off Switch Controller

On-off switch controllers are used as the interface between control gating signals and power switches. The input, which is a logic signal (either 0 or 1) from the control circuit, is passed to the power circuit as the gating signal.

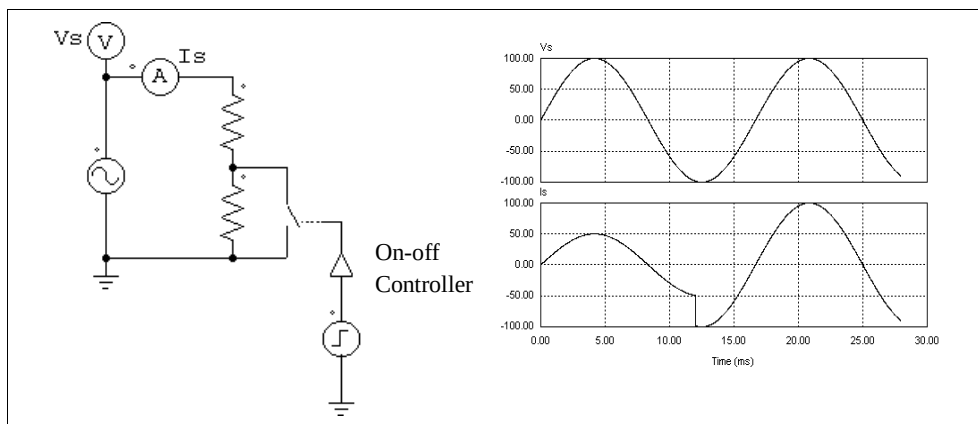
Image:



Example:

The circuit below implements the step change of a load. In the circuit, the on-off switch controller is used to control the bi-directional switch. The step voltage source, which is connected to the controller input, changes from 0 to 1 at the time of 12 ms. The closure

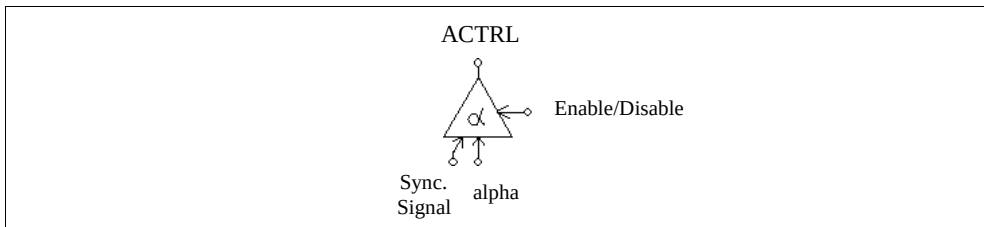
of the switch results in the short-circuit of the resistor across the switch and the increase of the current.



4.5.2 Alpha Controller

An alpha controller is used for delay angle control of thyristor switches or bridges. There are three input for the controller: the alpha value, the synchronization signal, and the gating enable/disable signal. The transition of the synchronization signal from low to high (from 0 to 1) provides the synchronization and this corresponds to the moment when the delay angle alpha equals zero. A gating with a delay of alpha degrees is generated and sent to the thyristors. The alpha value is updated instantaneously.

Image:



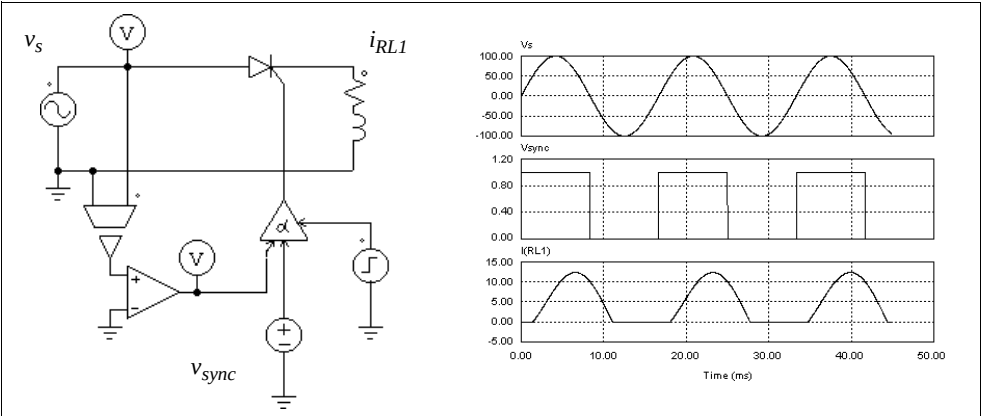
Attributes:

Parameters	Description
Frequency	Operating frequency of the controlled switch/switch module, in Hz
Pulse Width	On-time pulse width of the switch gating, in deg.

The input for the delay angle α is in deg.

Example:

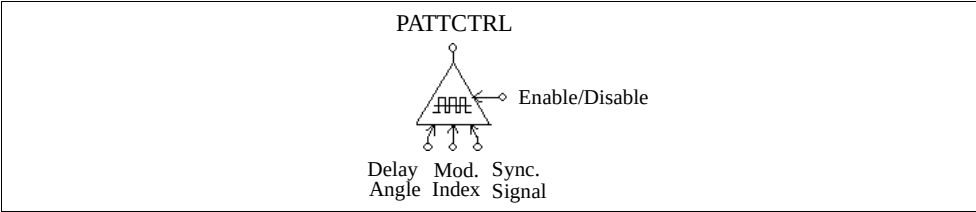
The figure below shows a thyristor circuit using delay angle control. In the circuit, the zero-crossing of v_s , which corresponds to the moment that the thyristor would start conducting naturally, is used to provide the synchronization. The delay angle is set at 30° . The gating signal is delayed from the rising edge of the synchronization signal by 30° .



4.5.3 PWM Lookup Table Controller

There are four input signals in a PWM lookup table controller: the modulation index, the delay angle, the synchronization signal, and the gating enable/disable signal. The gating pattern is selected based on the modulation index. The synchronization signal provides the synchronization to the gating pattern. The gating pattern is updated when the synchronization signal changes from low to high. The delay angle defines the relative angle between the gating pattern and the synchronization signal. For example, if the delay angle is 10 deg., the gating pattern will be leading the synchronization signal by 10 deg.

Image:



Attributes:

Parameters	Description
Frequency	Switching frequency, in Hz
Update Angle	Update angle, in deg., based on which the gatings are internally updated. If the angle is 360° , the gatings are updated at every cycle. If it is 60° , the gatings are updated at every 60° .
File Name	Name of the file storing the PWM gating pattern

A lookup table, which is stored in a file, contains the gating patterns. It has the following format:

$$\begin{aligned}
 &n, m_1, m_2, \dots, m_n \\
 &k_1 \\
 &G_{1,1}, G_{1,2}, \dots, G_{1,k_1} \\
 &\dots \dots \dots \\
 &k_n \\
 &G_{n,1}, G_{n,2}, \dots, G_{n,k_n}
 \end{aligned}$$

where n is the number of gating patterns; m_i is the modulation index correspondent to Pattern i ; and k_i is the number of switching points in Pattern i . The modulation index array m_1 to m_n should be monotonically increasing. The output will select the i_{th} pattern if the input is smaller than or equal to m_i . If the input exceeds m_n , the last pattern will be selected.

The following table shows an example of a PWM pattern file with five modulation index levels and 14 switching points.

```

5, 0.901, 0.910253, 0.920214, 1.199442, 1.21
14
7.736627  72.10303  80.79825  99.20176  107.8970  172.2634  180.
187.7366  252.1030  260.7982  279.2018  287.8970  352.2634  360.
14
7.821098  72.27710  80.72750  99.27251  107.7229  172.1789  180.
187.8211  252.2771  260.7275  279.2725  287.7229  352.1789  360.
14
7.902047  72.44823  80.66083  99.33917  107.5518  172.0979  180.

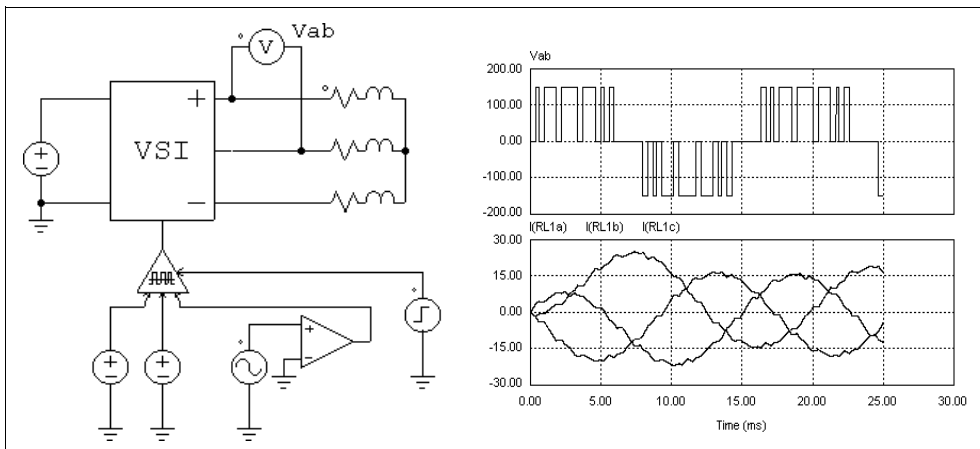
```

187.9021 252.4482 260.6608 279.3392 287.5518 352.0980 360.
14
10.186691 87.24225 88.75861 91.24139 92.75775 169.8133 180.
190.1867 267.2422 268.7586 271.2414 272.7578 349.8133 360.
14
10.189426 87.47009 88.97936 91.02065 92.52991 169.8106 180.
190.1894 267.4701 268.9793 271.0207 272.5299 349.8106 360.

In this example, if the modulation index input is 0.8, the controller will select the first gating pattern. If the modulation index is 0.915, the controller will select the third pattern.

Example:

This example shows a three-phase voltage source inverter (file: “vsi3pwm.sch”). The PWM for the converter uses the selected harmonic elimination. The gating patterns are described above and are pre-stored in File “vsi3pwm.tbl”. The gating pattern is selected based on the modulation index. The waveforms of the line-to-line voltage and the three-phase load currents are shown below.



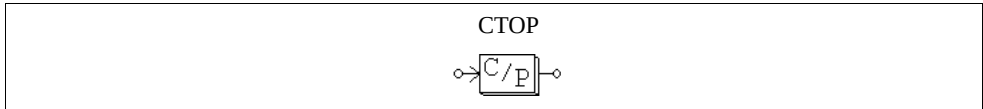
4.6 Function Blocks

4.6.1 Control-Power Interface Block

A control-power interface block passes a control circuit value to the power circuit. It is used as a buffer between the control and power circuit. The output of the interface block is treated as a constant voltage source when the power circuit is solved. With this block,

some of the functions that can only be generated in the control circuit can be passed to the power circuit.

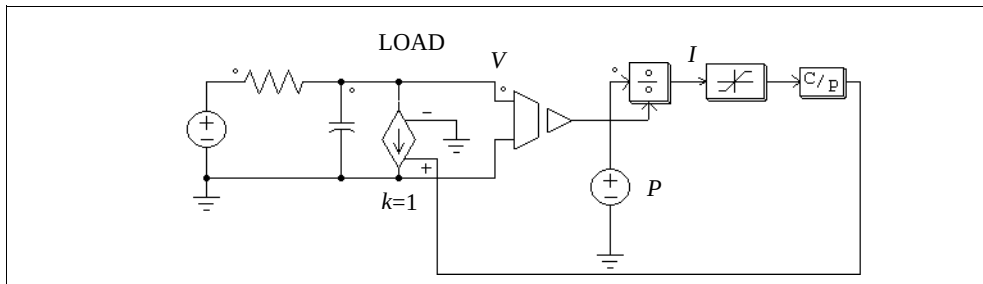
Image:



Example: A Constant-Power Load Model

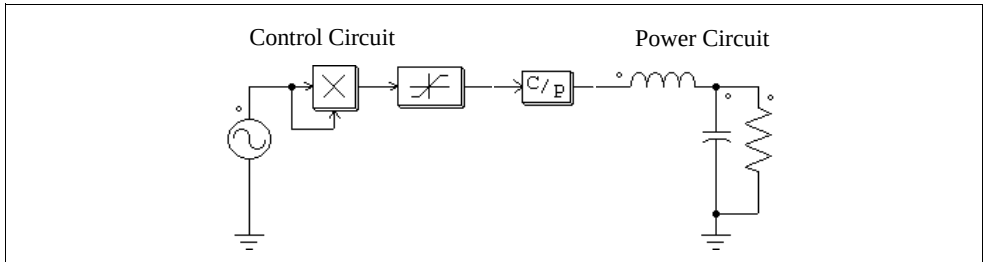
In a constant-power dc load, the voltage V , current I , and power P have the relationship as $P=V*I$. Given the voltage and the power, the current can be calculated as $I=P/V$. This can be implemented using the circuit as shown below.

The load voltage is measured through a voltage sensor and is fed to a divider. The output of the divider gives the current value I . Since the voltage could be zero or a low value at the initial stage, a limiter is used to limit the current amplitude. This value is converted into the load current quantity through a voltage-controlled current source.



Example:

The following circuit illustrates how a control circuit signal can be passed to the power circuit. As seen from the power circuit, the CTOP block behaviors as a grounded voltage source.



4.6.2 ABC-DQO Transformation Block

Function blocks ABC2DQO and DQO2ABC perform the abc-dqo transformation. They convert three voltage quantities from one coordinate to another. These blocks can be used in either the power circuit or the control circuit.

It should be noted that, in the power circuit, currents must first be converted into voltage quantities (using current-controlled voltage sources) before they can be transformed.

The transformation equations from abc to dqo are:

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_o \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \cdot \begin{bmatrix} \cos \theta & \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \sin \theta & \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix}$$

The transformation equations from dqo to abc are:

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 1 \\ \cos\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta - \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \\ \cos\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & \sin\left(\theta + \frac{2\pi}{3}\right) & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_o \end{bmatrix}$$

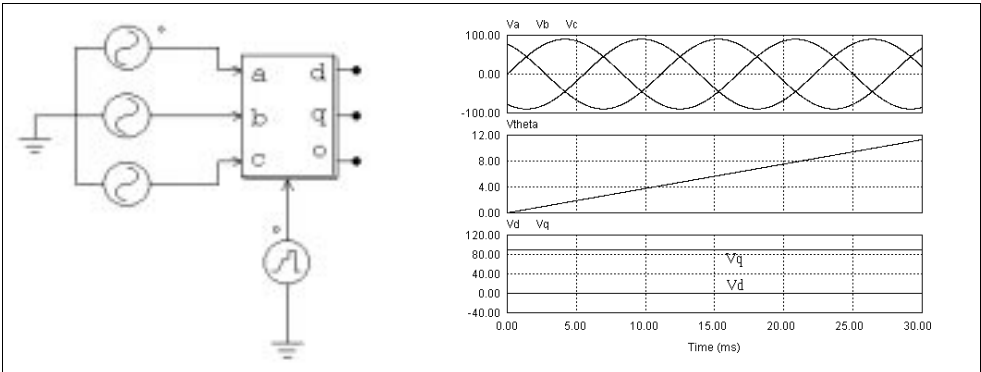
Images:



Example:

In this example, three symmetrical ac waveforms are transformed into dqo quantities. The angle θ is defined as $\theta = \omega t$ where $\omega = 2\pi \cdot 60$. Since the angle θ changes linearly with time, a piecewise linear voltage which has a ramp waveform is used to represent θ . The simulation waveforms show the three-phase ac (top), the angle θ (middle), and the

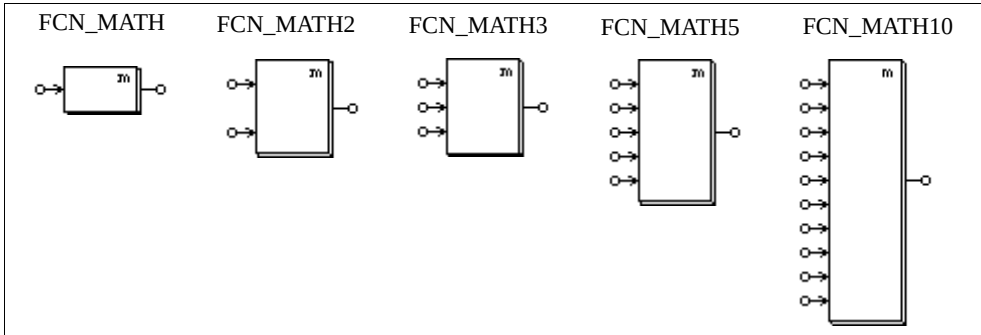
dqo output. In this example, the “q” component is constant, and both the “d” and the “o” components are zero.



4.6.3 Math Function Blocks

The output of a math function block is expressed as the mathematical function of the inputs. With this block, one can implement complex and nonlinear relationship easily. Blocks with 1, 2, 3, 5, and 10 inputs are provided.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Expression $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$	Expression of the output versus inputs where n is the number of inputs
Expression df/dx_i	Expression of the derivative of the function f versus the i_{th} input

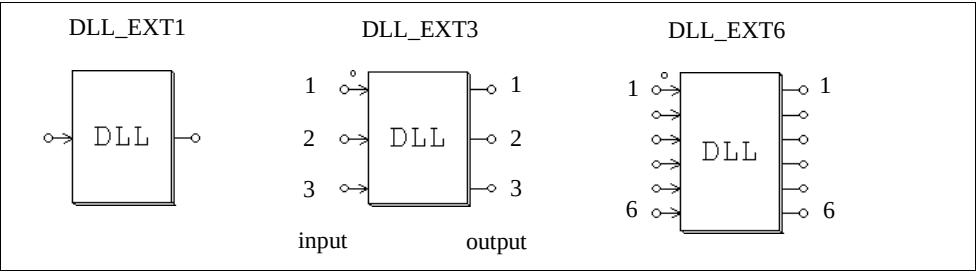
The derivative df/dx_i can be set to zero.

The variables that are allowed in the expression are: T or t for time, and x_i (i from 1 to n) which represents the i_{th} input. For example, for the 3-input math function block, the allowed variables are: T , t , x_1 , x_2 , and x_3 . For the 1-input math function block, the variable x , which refers to the only input, is also allowed.

4.6.4 External DLL Blocks

An external DLL (dynamic link library) block allows users to write code in C/C++ or Fortran language, compile it into DLL using either Microsoft C/C++, Borland C++, or Digital Visual Fortran, and link it with PSIM. These blocks can be used in either the power circuit or the control circuit.

Images:



Attribute:

Parameter	Description
File Name	Name of the DLL file

The node with a dot is for the first input (in[0]).

The name of the DLL file can be arbitrary. The DLL file, however, must be in the same directory as the schematic file that uses the DLL file.

A DLL block receives the values from PSIM as the input, performs the calculation, and sends the output back to PSIM. PSIM calls the DLL routine at each simulation time step. However, when the inputs of the DLL block are connected to one of these discrete elements (zero-order hold, unit delay, discrete integrators and differentiators, z-domain transfer function blocks, and digital filters), the DLL block is called only at the discrete sampling times.

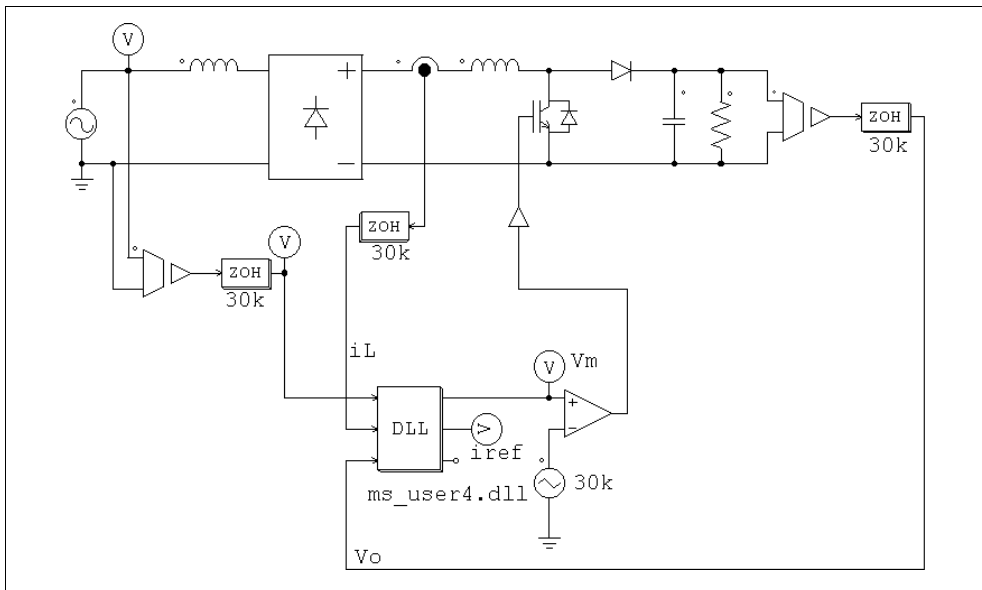
Sample files are provided for Microsoft C/C++, Borland C++, and Fortran routines. Users can use these files as the templates to write their own. Procedures on how to

compile the DLL routine and link with PSIM are provided in these files and in the on-line help.

Example:

The following shows a power factor correction circuit with the inductor current and the load voltage feedback. The input voltage is used to generate the current reference. The control scheme is implemented in a digital environment, with a sampling rate of 30 kHz. The control scheme is implemented in an external C code and is interfaced to the power circuit through the DLL block.

The input of the DLL block are the sampled input voltage, inductor current, and output voltage. One of the DLL block outputs is the modulation wave V_m , which is compared with the carrier wave to generate the PWM gating signal for the switch. The other output is the inductor current reference for monitoring purpose.



Part of the source code, which is in the file “pfc_vi_dll.c”, is shown below. Both the inner current loop and the outer voltage loop use a PI controller. Trapezoidal rule is used to discretize the controllers. Discretization using Backward Euler is also implemented but the codes are commented out.


```

// This sample program implement the control of the circuit "pfc-vi-dll.sch" in a C routine.
// Input: in[0]=Vin; in[1]=iL; in[2]=Vo
// Output: Vm=out[0]; iref=out[1]
// You may change the variable names (say from "t" to "Time").
// But DO NOT change the function name, number of variables, variable type, and sequence.
// Variables:
//   t: Time, passed from PSIM by value
//   delt: Time step, passed from PSIM by value
//   in: input array, passed from PSIM by reference
//   out: output array, sent back to PSIM (Note: the values of out[*] can be modified in PSIM)
// The maximum length of the input and output array "in" and "out" is 20.
// Warning: Global variables above the function simuser (t,delt,in,out) are not allowed!!!
#include <math.h>
__declspec(dllexport) void simuser (t, delt, in, out)
// Note that all the variables must be defined as "double"
double t, delt;
double *in, *out;
{
    // Place your code here.....begin
    double Voref=10.5, Va, iref, iL, Vo, Vm, errv, erri, Ts=33.33e-6;
    static double yv=0., yi=0., uv=0., ui=0.;
    // Input
    Va=fabs(in[0]);
    iL=in[1];
    Vo=in[2];
    // Outer Loop
    errv=Voref-Vo;
    // Trapezoidal Rule
    yv=yv+(33.33*errv+uv)*Ts/2.;
    iref=(errv+yv)*Va;
    // Inner Loop
    erri=iref-iL;
    // Trapezoidal Rule
    yi=yi+(4761.9*erri+ui)*Ts/2.;
    Vm=yi+0.4*erri;
    // Store old values
    uv=33.33*errv;
    ui=4761.9*erri;
    // Output
    out[0]=Vm;
    out[1]=iref;
    // Place your code here.....end
}

```

Analysis Specification

5.1 Transient Analysis

Parameters for the transient analysis are defined by selecting **Simulation Control** in the **Simulate** menu in PSIM, as follows.

Time Step	Simulation time step, in sec.
Total Time	Total simulation time, in sec.
Print Time	Time from which simulation results are saved to the output file. No output is saved before this time.
Print Step	Print step. If the print step is set to 1, every data point will be saved to the output file. If it is 10, for example, only one out of 10 data points will be saved. This helps to reduce the output file size.
Load Flag	Flag for the LOAD function. If the flag is 1, the previous simulation values will be loaded from a file (with the “.ssf” extension) as the initial conditions.
Save Flag	Flag for the SAVE function. If the flag is 1, values at the end of the current simulation will be saved to a file with the “.ssf” extension.

With the SAVE and LOAD functions, the circuit voltages, currents and other quantities can be saved at the end of a simulation session, and loaded back as the initial conditions for the next simulation session. This provides the flexibility of running a long simulation in several shorter stages with different time steps and parameters. Components values and parameters of the circuit can be changed from one simulation session to the other. The circuit topology, however, must remain the same.

In PSIM, the simulation time step is fixed throughout the simulation. In order to ensure accurate simulation results, the time step must be chosen properly. The factors that limit the time step in a circuit include the switching period, widths of pulses or waveforms, and intervals of transients. It is recommended that the time step should be at least one magnitude smaller than the smallest of the above.

In Version 6.0, an interpolation technique is implemented which will calculate the exact switching instants. With this technique, the error due to the misalignment of switching

instants and discrete simulation points is significantly reduced. It is possible to simulate with a large time step while still maintaining accurate results.

The allowable maximum time step is automatically calculated in PSIM. It is compared with the time step set by the user, and the smaller value of the two will be used in the simulation. If the selected time step is different from the one set by the user, it will be saved to the file “message.doc”.

5.2 AC Analysis

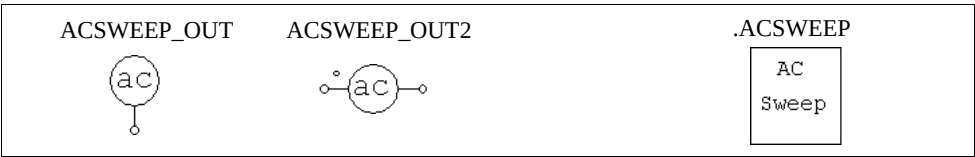
The frequency response of a circuit or a control loop can be obtained with the ac analysis. A key feature of the ac analysis in PSIM is that, a circuit can be in its original switchmode form, and no average model is required. Nevertheless, with the average model, the time it takes to perform the ac analysis will be shorter.

The following are the steps to set up the ac analysis:

- Identify a sinusoidal source (VSIN) as the excitation source for the ac sweep.
- Place ac sweep probes (ACSWEEP_OUT) at the desired output location. To measure the loop response of a closed control loop, use the node-to-node probe (ACSWEEP_OUT2).
- Place the .ACSWEEP element on the schematic, and define the parameters of the ac sweep.
- Run PSIM.

Below are the images of the ac sweep probes and the .ACSWEEP element.

Images:



Attributes:

Parameters	Description
Start Frequency	Start frequency of the ac sweep, in Hz
End Frequency	End frequency of the ac sweep, in Hz
No. of Points	Number of data points

Parameters	Description
Flag for Points	Flag to define how the data points is generated. Flag = 0: Points are distributed linearly in LOG10 scale Flag = 1: Points are distributed linearly in linear scale
Source Name	Name of the excitation source
Start Amplitude	Excitation source amplitude at the start frequency
End Amplitude	Excitation source amplitude at the end frequency
Freq. for extra Points	Frequencies of additional data points. If the frequency-domain characteristics change rapidly at a certain frequency range, one can add extra points in this region to obtain better data resolution.

The principle of the ac analysis is that a small ac excitation signal is injected into the system as the perturbation, and the signal at the same frequency is extracted at the output. To obtain accurate ac analysis results, the excitation source amplitude must be set properly. The amplitude must be small enough so that the perturbation stays in the linear region. On the other hand, the excitation source amplitude must be large enough so that the output signal is not affected by numerical errors.

In general, a physical system has low attenuation in the low frequency range and high attenuation in the high frequency range. A good selection of the excitation source amplitude would be to have a relatively small amplitude at the low frequency, and a relatively large amplitude at the high frequency.

Sometimes, after ac analysis is complete, a warning message is displayed as follows:

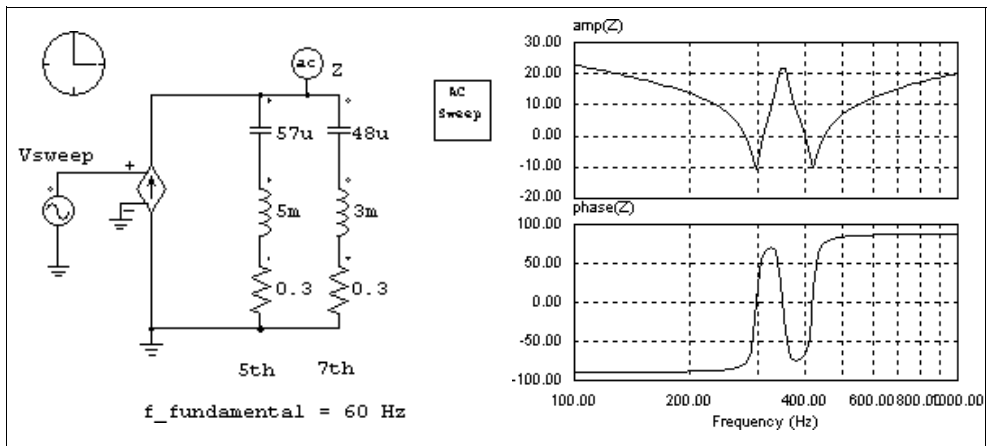
Warning: The program did not reach the steady state after 60 cycles. See File “message.doc” for more details.

This message occurs when the software fails to detect the steady state at the ac sweep output after 60 cycles. To address this problem, one may increase damping in the circuit (by including parasitic resistances, for example), or adjust the excitation source amplitude, or reduce simulation time step. The file “message.doc” gives the information on the frequency at which this occurs and the relative error. The relative error will indicate how far the data point is from reaching the steady state.

Example: Impedance of Shunt Filters

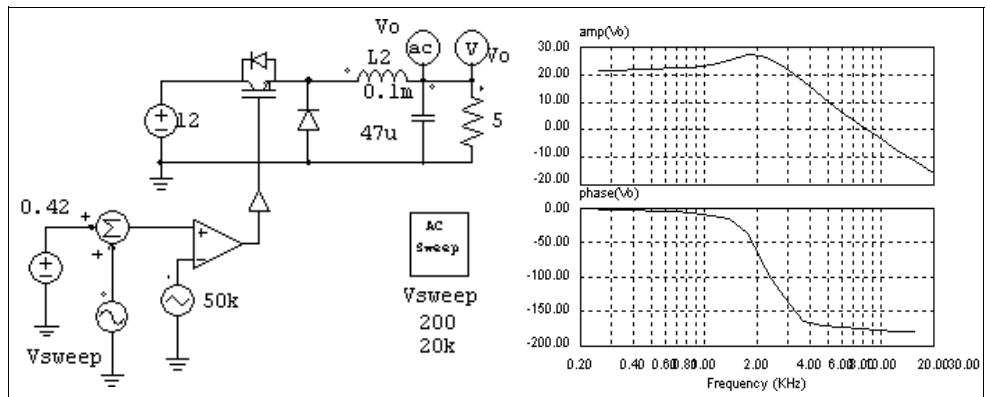
The circuit below consists of two shunt filters tuned at the 5th and 7th harmonics (the fundamental frequency is 60 Hz). By injecting the excitation source as the current and measuring the voltage, we obtain the impedance characteristics of the filters. The ac

analysis waveform on the right clearly shows two troughs at 300 Hz and 420 Hz.



Example: Open-Loop Response of a Buck Converter

The circuit on the left is an one-quadrant buck converter. An excitation source is injected to the modulation signal, and the output voltage is measured. The result of the ac analysis, on the right, shows the open-loop response of the output voltage versus the modulation signal.



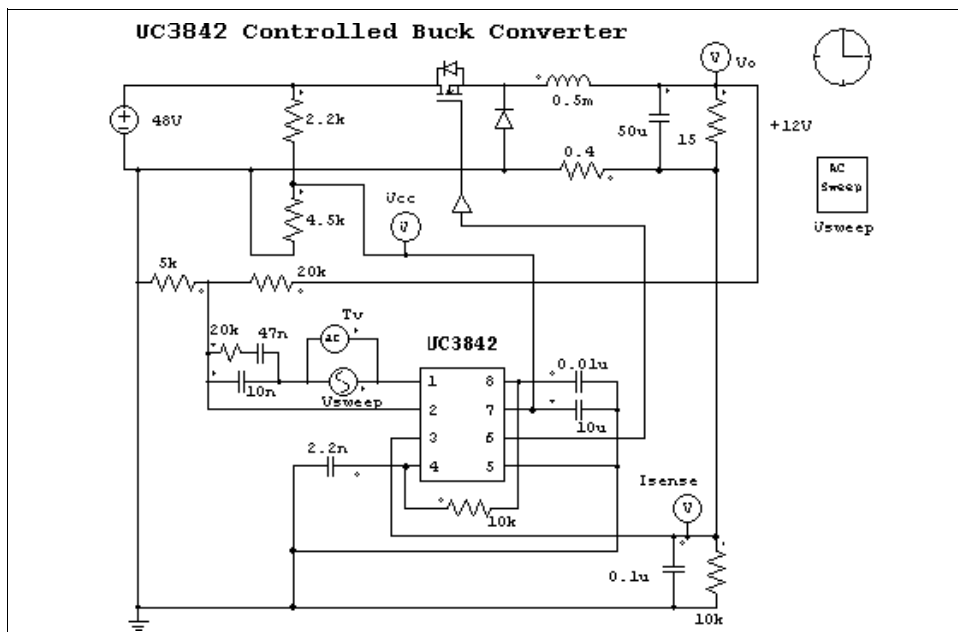
Example: Loop Transfer Function of a Closed-Loop Circuit

The ac analysis can be used to find out the loop response of a closed-loop system. The circuit below shows a buck converter with average current mode control. By injecting the excitation signal into the current feedback path, and using the node-to-node ac sweep probe (ACSWEAP_OUT2), we can obtain the loop transfer function directly. With the loop transfer function, one can determine the bandwidth of the control loop and

Please note that the ac sweep probe should be connected such that the dotted side is connected to the node after the excitation source injection.



AC Analysis 139



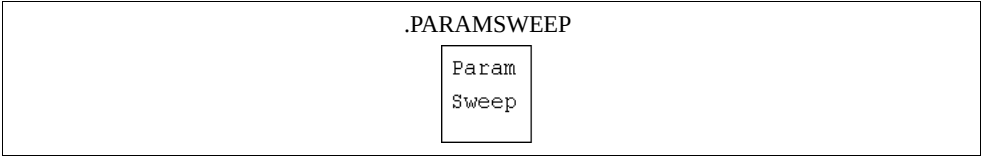
5.3 Parameter Sweep

Parameter sweep can be performed for the following parameters:

- Resistance, inductance, and capacitance of RLC branches
- Gain of proportional blocks (P)
- Time constant of integrators (I)
- Gain and time constant of proportional-integral controllers (PI)
- Gain, cut-off frequency, and damping ratio of 2nd-order low-pass and high-pass filters (FILTER_LP2 / FILTER_HP2)
- Gain, center frequency, and passing and stopping band of 2nd-order bandpass and bandstop filters (FILTER_BP2 / FILTER_BS2)

The image and parameters of the parameter sweep element are shown below.

Image:



Attributes:

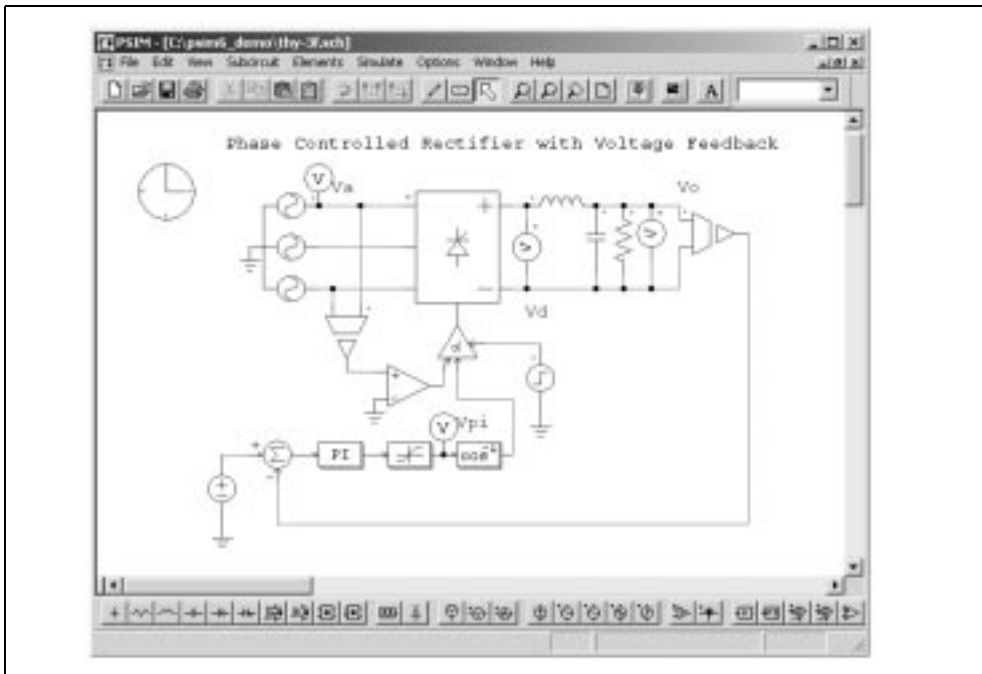
Parameters	Description
Start Value	Starting value of the parameter
EndValue	End value of the parameter
Increment Step	Increment step
Parameter to be Swept	Parameter to be swept

For example, let the resistance of a resistor be “Ro”. To sweep the resistance from 2 Ohm to 10 Ohm, with a step of 2 Ohm, the specification will be:

Start Value	2
EndValue	10
Increment Step	2
Parameter to be Swept	Ro

Circuit Schematic Design

PSIM's schematic program provides interactive and user-friendly interface for circuit schematic entry and editing. The following figure shows a rectifier circuit in the PSIM environment.



In PSIM, all the elements are stored under the menu **Elements**. The elements are divided into four groups: **Power** (for power circuit element), **Control** (for control elements), **Other** (for switch controllers, sensors, probes, interface elements, and elements that are common to both power and control), and **Sources** (for voltage and current sources).

6.1 Creating a Circuit

The following functions are provided in PSIM for circuit creation.

Get	To get an element from the element library, click on the Elements menu. Choose the submenu and highlight the element to be selected. For example, to get a dc voltage source, click on Element , Sources, and Voltage, then highlight DC.
Place	Once an element is selected from the menu, the image of the element will appear on the screen and move with the mouse. Click the left button of the mouse to place the element.
Rotate	Once an element is selected, select Rotate to rotate the element.
Wire	To connect a wire between two nodes, select Wire. An image of a pen will appear on the screen. To draw a wire, keep the left button of the mouse pressed and drag the mouse. A wire always starts from and end at a grid intersection. For easy inspection, a floating node is displayed as a circle, and a junction node is displayed as a solid dot.
Label	If two or more nodes are connected to the same label, they are connected. It is equivalent as though they were connected by wire. Using labels will reduce the cross-wiring and improve the schematic layout. The text of a label can be moved. To select the text, left click on the label, then press the Tab key.
Assign	To assign the parameters of an element, double click on the element. A dialog box will appear. Specify the values and hit the <Return> key or click on OK.

6.2 Editing a Circuit

The following functions are provided in the **Edit** menu and **View** menu for circuit editing:

Select	To select an element, click on the element. A rectangle will appear around the element. To select a block of a circuit, keep the left button of a mouse pressed and drag the mouse until the rectangle covers the selected area.

Copy	To copy an element or a block of the circuit, select the element or the region, and choose Copy . Then choose Paste place the element or circuit.
Delete	To delete an element, a block of a circuit, or a wire, select the item, and choose Cut , or hit the <Delete> key. Note that if Cut is used, the last deleted item can be pasted back. This is equivalent to un-do.
Move	To move an element or a circuit block, select the element/circuit block and drag the mouse while keeping the left button pressed.
Text	To place text on the screen, choose Text . Enter the text in the dialog box, and click the left button of the mouse to place it.
Disable	To disable an element or part of a circuit. When the element or the circuit is disabled, it will be grayed out and will be treated as non-existent as far as the simulation is concerned. This function is useful if an element or circuit needs to be excluded but not deleted from the circuit.
Enable	To enable a previously disabled element or circuit.
Zoom	Select Zoom In to zoom in the circuit, or Zoom In Selected to zoom in to a selected region. Choose Zoom Out to zoom out, or Fit to Page to zoom out to fit the entire circuit to the screen.
Escape	Quit from any of the above editing modes by choosing Escape .

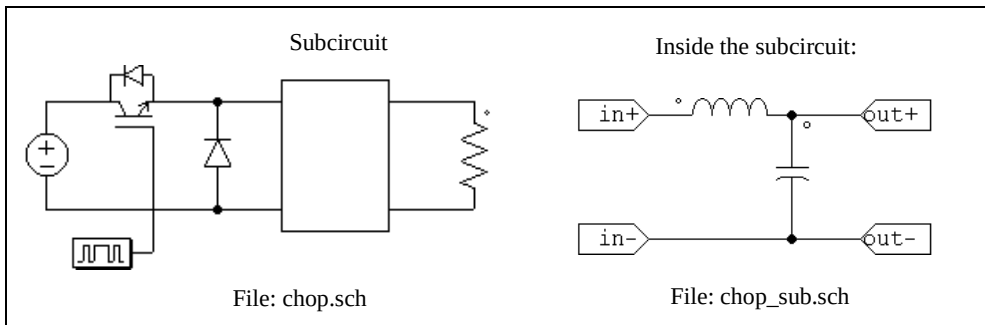
6.3 Subcircuit

The following functions are provided for subcircuit editing and manipulation.

New Subcircuit	To create a new subcircuit
Load Subcircuit	To load an existing subcircuit. The subcircuit will appear on the screen as a block.
Edit Subcircuit	To edit the size and file name of the subcircuit
Set Size	To set the size of the subcircuit
Place Port	To place the connection port between the main circuit and the subcircuit
Display Port	To display the connection port of the subcircuit
Edit Default Variable List	To edit the default variable list of the subcircuit

Edit Image	To edit the subcircuit image
Display Subcircuit Name	To display the subcircuit name
Show Subcircuit Ports	To display the port names of the subcircuit in the main circuit
Hide Subcircuit Ports	To hide the port names of the subcircuit in the main circuit
Subcircuit List	To list the file names of the main circuit and the subcircuits
One Page up	To go back to the main circuit. The subcircuit is automatically saved.
Top Page	To jump from a lower-level subcircuit to the top-level main circuit. This is useful for circuits with multiple layers of subcircuits.

The one-quadrant chopper circuit below illustrates the use of the subcircuit.



6.3.1 Creating Subcircuit - In the Main Circuit

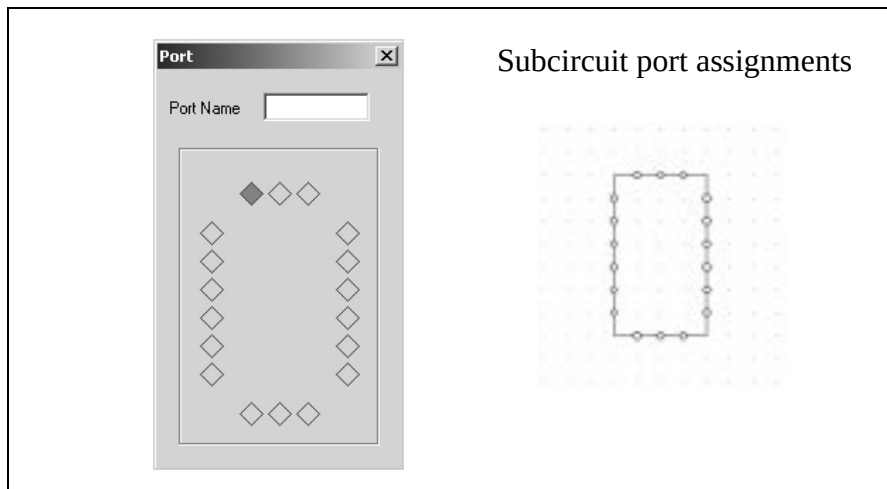
The following are the steps to create the subcircuit “chop_sub.sch” in the main circuit “chop.sch”.

- Open or create the main circuit “chop.sch”.
- If the file “chop_sub.sch” does not exist, go to the **Subcircuit** menu, and select **New Subcircuit**. If the file exists, select **Load Subcircuit** instead.
- A subcircuit block (rectangle) will appear on the screen. Place the subcircuit.

6.3.2 Creating Subcircuit - Inside the Subcircuit

To enter the subcircuit, double click on the subcircuit block.

- Create/edit the content of the subcircuit circuit exactly the same way as in the main circuit.
- To specify the subcircuit size, select **Set Size** in the **Subcircuit** menu. In this example, the size is set to 4x7 (width of 4 divisions and height of 7 divisions). Note that the size of the subcircuit should be chosen such that it gives the proper appearance and allows easy wire connection in the main circuit.
- Once the subcircuit is complete, define ports to connect the subcircuit nodes with the corresponding nodes in the main circuit. Choosing **Place Port** in the **Subcircuit** menu, and a port image will appear. After the port is placed in the circuit, a pop-up window (shown on the left below) will appear.



The diamonds on the four sides represent the connection nodes and the positions of the subcircuit. They correspond to the connection nodes of the subcircuit block on the right. There are no diamonds at the four corners since connections to the corners are not permitted.

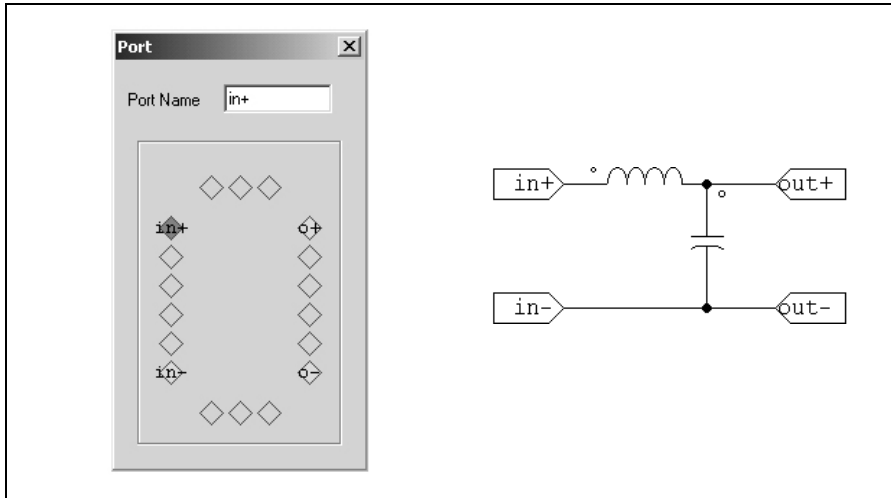
When a diamond is selected, it is colored red. By default, the left diamond at the top is selected and marked with red color. Click on the desired diamond to select and to specify the port name.

In this example, in the main circuit “chop.sch”, there are four linking nodes, two on the left side and two on the right side of the subcircuit block. The relative position of the nodes are that the upper two nodes are 1 division below

the top and the lower two nodes are 1 division above the bottom.

To specify the upper left linking node, click on the top diamond of the left side, and type “in+”. The text “in+” will be within that diamond box and a port labelled with “in+” will appear on the screen. Connect the port to the upper left node. The same procedure is repeated for the linking nodes “in-”, “out+”, and “out-”.

- After the four nodes are placed, the node assignment and the subcircuit appear in PSIM as shown below.



The creation of the subcircuit is now complete. Save the subcircuit, and go back to the main circuit.

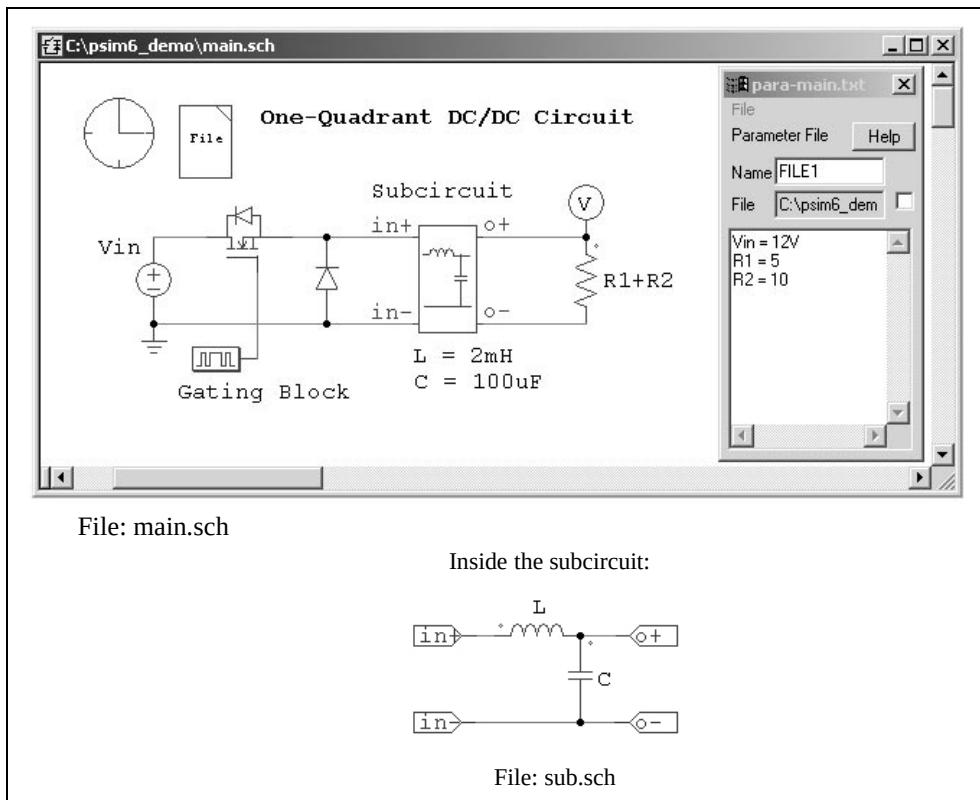
6.3.3 Connecting Subcircuit - In the Main Circuit

Once the subcircuit is created and connection ports are defined, complete the connection to the subcircuit block in the main circuit.

- In the main circuit, the connection points on the borders of the subcircuit block appear as hollow circles.
- Select the subcircuit block, and select **Show Subcircuit Port** in the Subcircuit menu to display the port names as defined inside the subcircuit.
- Connect the wires to the connection points accordingly.

6.3.4 Other Features of the Subcircuit

This section describes other features of the subcircuit through an example.



6.3.4.1 Passing Variables from the Main Circuit to Subcircuit

In this example, the main circuit "main.sch" uses a subcircuit "sub.sch". In the subcircuit, the inductance value is defined as "L" and the capacitance is defined as "C". The default values of L and C can be set by selecting **Subcircuit | Set Default Variable List**. In this case, L is set to 5mH and C is set to 100uF.

When the subcircuit is loaded into the main circuit the first time, this default variable list will appear in the tab "Subcircuit Variables" in **Subcircuit | Edit Subcircuit** from the main circuit "main.sch". New variables can be added here and variable values can be changed. In this case, L is changed to 2mH, and C is kept the same as the default value.

Note that the variables and the values are saved to the netlist file and used in simulation.

The default variable list inside the subcircuit is not saved to the netlist and is not used for simulation.

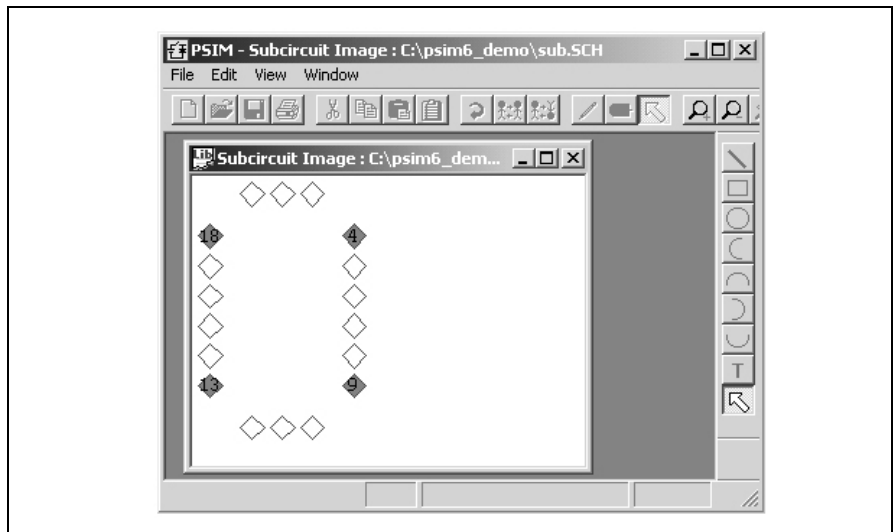
This feature allows the parameters of a subcircuit to be defined at the main circuit level. In the case where the same subcircuit is used several times in one main circuit, different parameters can be assigned to the same variable. For example, if the subcircuit “sub.sch” is used two times in above example, in one subcircuit L can be defined as 3mH, and in another subcircuit L can be defined as 1mH.

Note that this example also illustrates the feature that parameters can be defined as a variable (for example “Vin” for the input dc voltage source) or a mathematical expression (for example “R1+R2” for the load resistance). The variables “Vin”, “R1”, and “R2”, are defined in the parameter file “para-main.txt”. See Section 4.1 for more details.

6.3.4.2 Customizing the Subcircuit Image

The following are the procedures to customize the subcircuit image of “sub.sch”:

- In the subcircuit, select **Edit Image** in the **Subcircuit** menu. A window will pop-up, as shown below

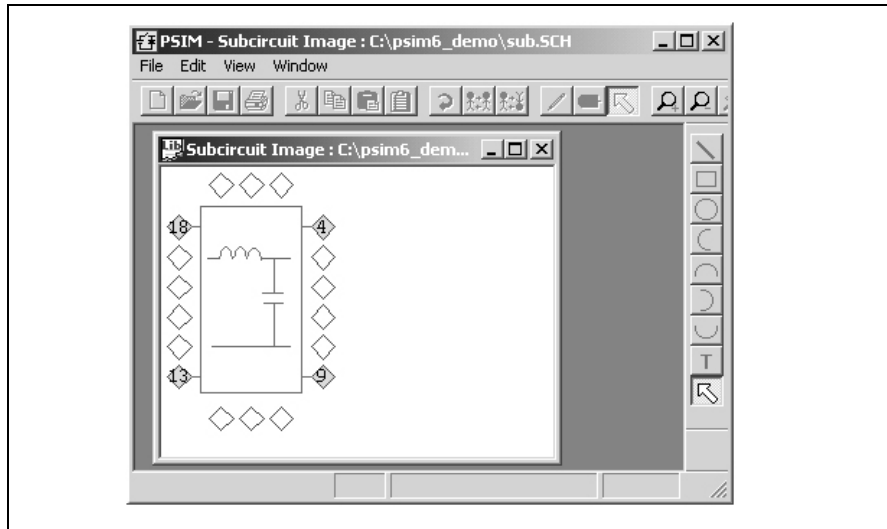


In the window, the diamonds marked red are the connection nodes of the subcircuit block, in exactly the same positions as appearing in the main circuit.

- Use the drawing tool to create/edit the image for the subcircuit block. If the drawing tool is not already displayed, go to the **View** menu and check **Drawing**

Tools. Click on **Zoom In** and **Zoom Out** icons on the toolbar to adjust the size of the image working area.

After the image is created, the pop-out window will appear as follows.



- Go back to the subcircuit window ("sub.sch" in this case), and save the subcircuit. The new subcircuit block image should appear in the main circuit.

6.3.4.3 Including Subcircuits in the PSIM Element List

If you create a directory called "User Defined" under the PSIM directory, and place subcircuits inside this directory. subcircuits will appear as items in the **Element** menu, under **Elements | User Defined**, just like any other PSIM elements. You can also create subdirectories under the directory **User Defined**, and place subcircuits inside the subdirectories. For example, the **Element** menu may look like this:

- **Power**
- **Control**
- **Other**
- **Sources**
- **Symbols**
- **User Defined**
 - Subcircuit 1

- **Project A**

- Subcircuit 2

- Subcircuit 3

- **Project B**

- Subcircuit 4

In this way, common-used custom-built subcircuits can be grouped together and easily managed and accessed.

6.4 Other Options

6.4.1 Running the Simulation

To run the simulation, choose **Run PSIM** from the **Simulate** menu. This will start the PSIM simulator.

To view the simulation results, choose **Run SIMVIEW** from the **Simulate** menu. Refer to Chapter 7 for the use of SIMVIEW.

6.4.2 Generate and View the Netlist File

To generate the netlist, choose **Generate Netlist File** from the **Simulate** menu. This will create the netlist file with the “.cct” extension. The netlist file will be saved to the same directory as the schematic file.

To view the netlist file, choose **View Netlist File** from the **Simulate** menu.

6.4.3 Define Runtime Display

One can view selected waveforms as the simulation runs. This is useful if one wishes to monitor and abort a simulation if needed. The waveforms that can be displayed in the runtime will be selected from the list of outputs defined in the circuit.

6.4.4 Settings

Grid display, rubber band feature, text fonts, simulation warning, and colors can be set in the **Settings...** in the **Option** menu.

Before a circuit is printed, its position on the paper can be viewed by selecting **Print Page Border** in the **Settings...** option. If a circuit is split into two pages, it can be moved into one single page. If the circuit is too big to fit in one page, one can zoom out and reduce the circuit size by clicking the **Zoom Out** button.

Print page legend, such as company name, circuit title, designer's name, date, etc., can be specified by choosing **Print Page Setup** in the **File** menu. It can be disabled in the **Settings...** option.

Also in the **Settings...** option, if **Disable simulation warning message** is checked, warning messages generated during the simulation will be suppressed. Otherwise, warning messages will be shown before waveforms are displayed in SIMVIEW.

6.4.5 Printing the Circuit Schematic

The circuit schematic can be printed from a printer by choosing **Print** in the **File** menu. It is also possible to print the selected region of a circuit by choosing **Print Select** .

The schematic can also be saved to the clipboard which can be imported into a word processor (such as Microsoft Word). By default, the schematic image is saved in monochrome in order to save memory space. One can save the image in color by selecting **Edit/Copy to Clipboard/Color**.

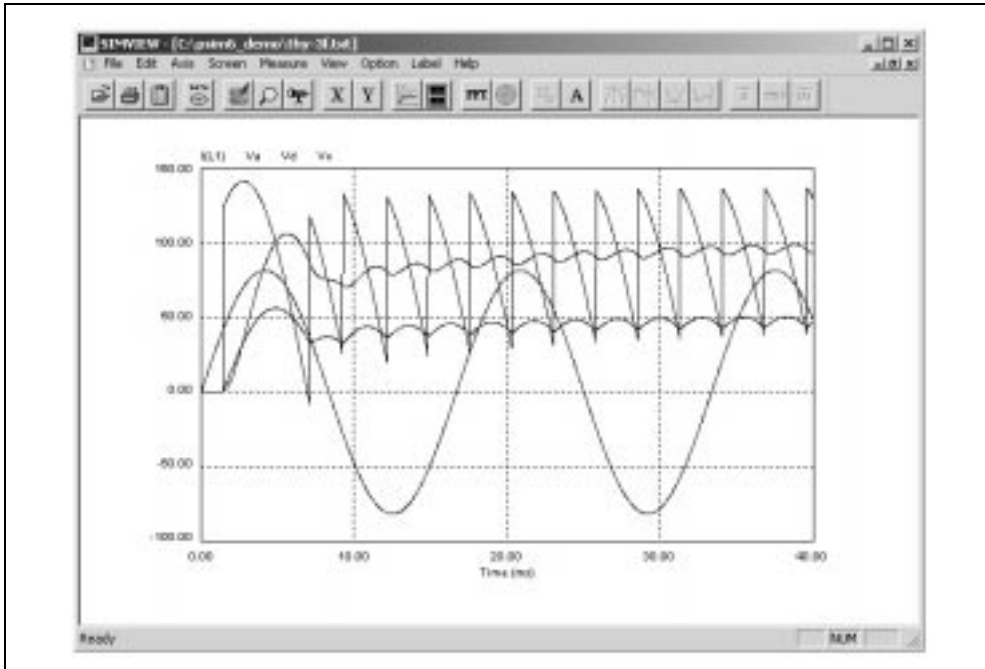
6.5 Editing PSIM Library

The PSIM library consists of two parts: one is the image library (psimimage.lib) and the other is the netlist library (psim.lib). The netlist library can not be modified. But users can modify the image library, or create their own image library.

To create or modify the image library, go to **Edit / Edit Library / Edit Library Files**, and follow the instructions on the screen.

Waveform Processing

SIMVIEW is PSIM's waveform display and post-processing program. The following shows simulation waveforms in the SIMVIEW environment.



SIMVIEW reads data in either ASCII text format or SIMVIEW binary format. The following shows a sample text data file:

```
Time I(L1) V(o) V(a) V(pi)
0.1000000E-04 0.000000E+00 -0.144843E-18 0.307811E+00 0.100000E+01
0.2000000E-04 0.000000E+00 -0.289262E-18 0.615618E+00 0.100000E+01
0.3000000E-04 0.000000E+00 -0.576406E-18 0.923416E+00 0.100000E+01
0.4000000E-04 0.000000E+00 -0.860585E-18 0.123120E+01 0.100000E+01
0.5000000E-04 0.000000E+00 -0.114138E-17 0.153897E+01 0.100000E+01
... ..
```

Functions in each menu are explained below.

7.1 File Menu

The **File Menu** has the following functions:

Open	Load text data file
Open Binary	Load SIMVIEW binary file
Merge	Merge another data file with the existing data file for display
Re-Load Data	Re-load data from the same text file
Save	In the time display, save waveforms to a SIMVIEW binary file with the .smv extension. In the FFT display, save the FFT results to a text file with the .fft extension. The data range saved will be the same as shown on the screen.
Save As	In the time display, save waveforms to a SIMVIEW binary file specified by the user. In the FFT display, save the FFT results to a text file specified by the user.
Print	Print the waveforms
Print Setup	Set up the printer
Print Page Setup	Set up the hardcopy printout size
Print Preview	Preview the printout
Exit	Quit SIMVIEW

When the data of a text file are currently being displayed, after new data of the same file have become available, by selecting **Re-Load Data**, waveforms will be re-drawn based on the new data.

By using the **Merge** function, data from multiple files can be merged together for display. For example, if one file contains the curves “I1” and “I2”, and another file contains the curves “V1” and “V2”, all four curves can be merged and displayed on one screen. Note that if the second file also contains a curve with the same name “I1”, it will be modified to “I1_1” automatically.

7.2 Edit Menu

The **Edit Menu** has the following functions:

Copy to Clipboard Copy the waveforms to the clipboard

Edit Title Edit the printout title. By default, the title shows the file name and path.

7.3 Axis Menu

The **Axis Menu** has the following functions:

X Axis Change the settings of the X axis

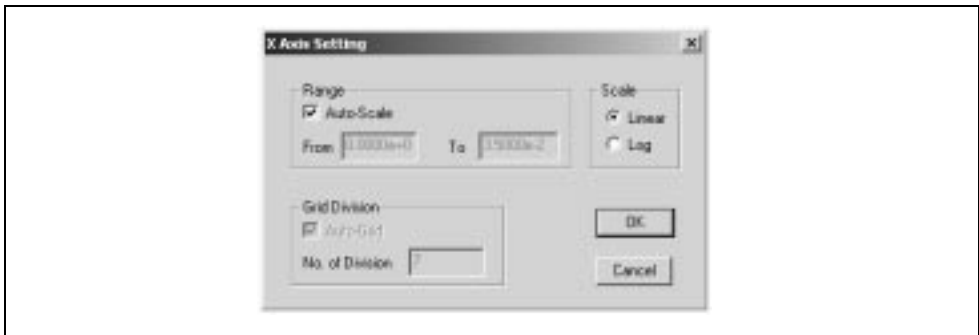
Y Axis Change the settings of the Y axis

Axis Label Setting Change the settings of the X/Y axis label

Edit Default If the item is checked, the first column, which is usually Time, will be

Variable List used as the X axis

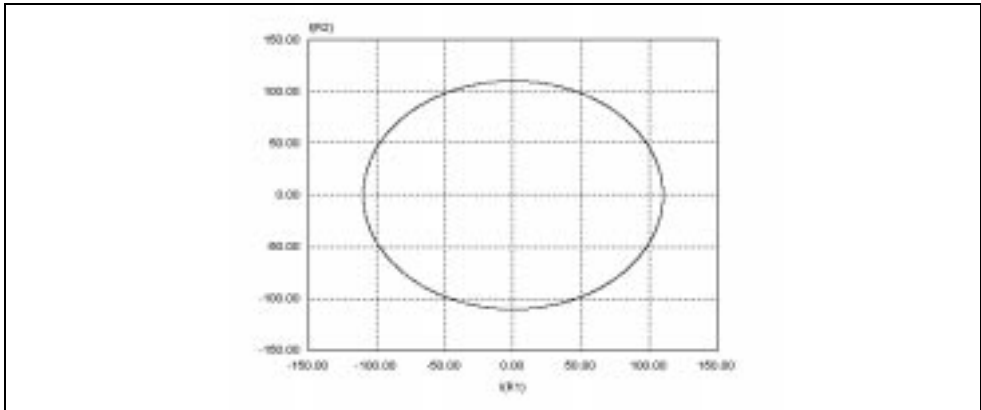
The dialog box of the X/Y axis settings are shown below.



If the *Auto-Scale* box is checked and the *Grid Division* is chosen as default, the maximum data range will be selected and the number of axis divisions will be automatically determined. Both the data range and grid division, however, can be manually set.

In the **Axis Label Setting**, the label font size can be changed, and the display of the label can be disabled.

By default, the option **Default X-Axis: Time** is selected. That is, the first column of the data, which is usually Time, is used as the X axis. If this option is not selected, any other column of the data can be used as the X axis. For example, the following figure shows a sine waveform as the X-axis versus a cosine waveform in the Y-axis.



Note that this option can only be selected or de-selected when there are no documents in the SIMVIEW environment.

7.4 Screen Menu

The **Screen Menu** has the following functions:

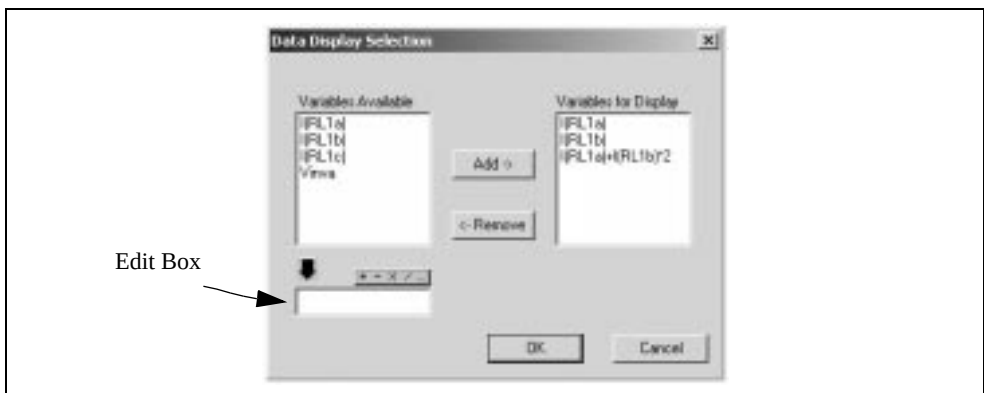
Add/Delete Curves Add or delete curves from the selected screen

Add Screen Add a new screen

Delete Screen Delete the selected screen

A screen is selected by clicking the left mouse on top of the screen.

The dialog box of the **Add/Delete Curves** function is shown below.



All the data variables available for display are in the *Variables Available* box, and the

variables currently being displayed are in the *Variables for Display* box. After a variable is highlighted in the *Variables Available* box, it can be added to the *Variables for Display* box by clicking on “Add ->”. Similarly, a variable can be removed from display by highlighting the variable and clicking on “<- Remove”.

In the Edit Box, an mathematical expression can be specified.

A mathematical expression can contain brackets and is not case sensitive. The following math functions are allowed:

+	addition
-	subtraction
*	multiplication
/	division
^	to the power of [Example: $2^3 = 2*2*2$]
SQRT	square-root function
SIN	sine function
COS	cosine function
TAN	tangent function
ATAN	inverse tangent function
EXP	exponential (base e) [Example: $EXP(x) = e^x$]
LOG	logarithmic function (base e) [Example: $LOG(x) = \ln(x)$]
LOG10	logarithmic function (base 10)
ABS	absolute function
SIGN	sign function [Example: $SIGN(1.2) = 1$; $SIGN(-1.2) = -1$]
AVG	average function
INT	integration function

Type this expression in the Edit Box, and click on “Add ->”. Highlight the expression on the right, click on “<- Remove”, and the expression will be moved into the Edit Box for further editing.

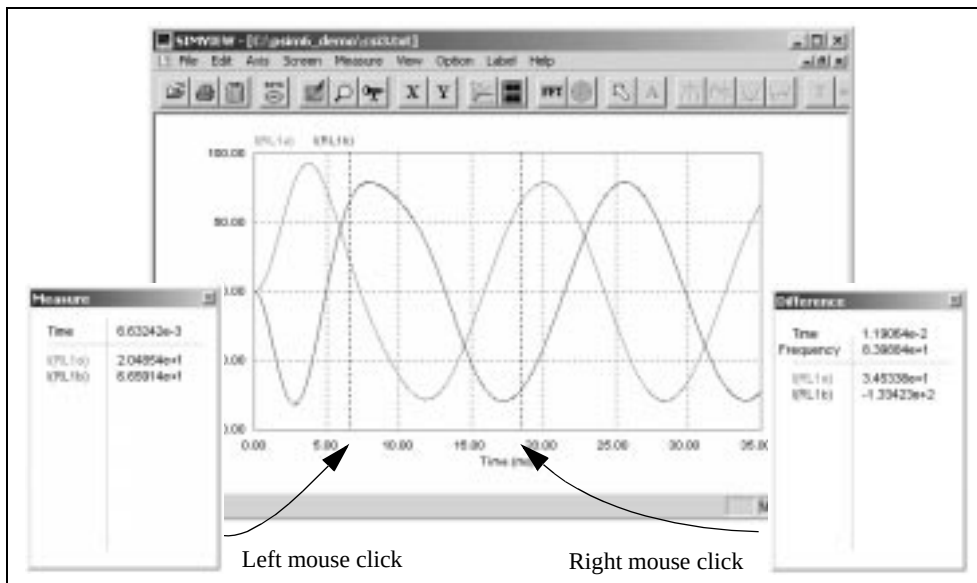
7.5 View Menu

The **View Menu** has the following functions:

Zoom	To zoom into a selected region
Re-Draw	To re-draw the waveform using the auto-scale
Measure	To measure the values of the waveforms
Escape	To escape from the Zoom or Measure mode
Max	To find the global maximum of a selected curve
Min	To find the global minimum of a selected curve
Next Max	To find the next local maximum of a selected curve
Next Min	To find the next local minimum of a selected curve
Toolbar	To enable/disable toolbar
Status Bar	To enable/disable status bar

A region is selected by pressing the left button of the mouse and, at the same time, drag the mouse.

The **Measure** function allows the measurement of waveforms. After **Measure** is selected, the measurement dialog box will appear. By clicking the left mouse, a line will appear and the values of the waveforms will be displayed. By clicking the right mouse, another line will appear and the different between the current position and the previous position, which is marked by the left mouse, will be measured. A SIMVIEW window with the measurement boxes in these two modes are shown below.



Once **Measure** is selected, an individual curve can be selected by clicking on the name of the curve at the left top of the graph, and the four functions, **Max**, **Min**, **Next Max**, and **Next Min** can be used to evaluate the curve. Note that these four functions are only enabled in the **Measure** mode and after a curve is selected.

In the zoom-in mode, waveforms can be shifted horizontally or vertically. There are left and right arrows below the x-axis, and up and down arrows in the far right axis. By clicking on the arrow, the waveforms will be shifted by one division.

7.6 Option Menu

The **Option Menu** has the following functions:

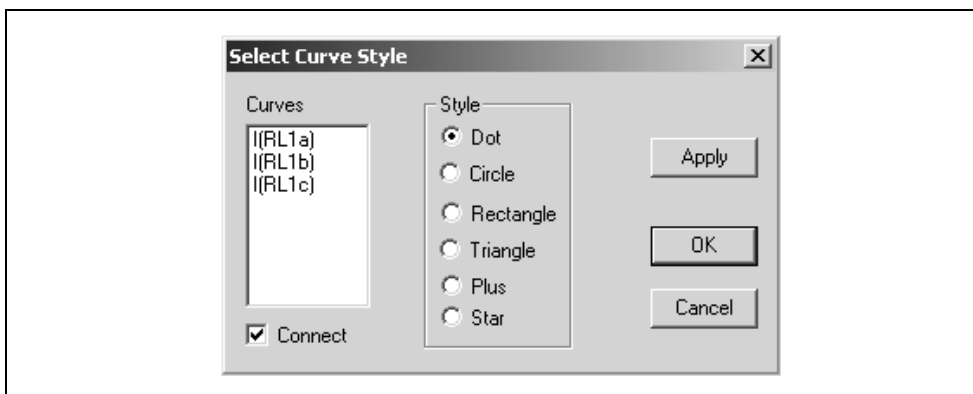
FFT	Perform the Fast Fourier Transform analysis
Time	Switch from the frequency spectrum display to time domain display
Set Text Fonts	Change the text font type and size
Set Curves	Change the display of curves
Set Background	Set the screen background to be either Black (default) or White
Grid	Enable or disable the grid display
Color	Set the curves to be either Color (default) or Black and White

By selecting **FFT**, the harmonic amplitudes of time domain waveforms can be calculated and displayed. Note that, in order to obtain correct FFT results, the simulation should reach the steady state, and the simulation data should be restricted (using the manual range setting in the **X Axis** function) to have the integer number of the fundamental period.

The display of a curve can be changed through **Set Curves**. The data points of a curve can have either no symbol, or one of the following symbols: Circle, Rectangle, Triangle, Plus, and Star. Also, data points can be either connected or discrete.

To change the settings of a curve, first select the curve using the left mouse, then choose the proper settings, and click on *Apply*. After all the settings are selected, Click on *OK*.

The dialog box of the **Set Curves** function is shown below.



Once “Color” is de-selected, the display becomes black-and-white. If the waveform screen is copied to the clipboard, the bitmap image will be in monochrome. This will result a much smaller memory size as compared to the image in color display.

7.7 Label Menu

The **Label Menu** has the following functions:

Text	Place text on the screen
Line	Draw a line
Dotted Line	Draw a dotted line
Arrow	Draw a line with arrow

To draw a line, first select **Line** from the Label menu. Then click the left mouse at the position where the line begins, and drag the mouse while keeping the left button pressed. Dotted lines and lines with arrows are drawn in the same way.

If one is in the Zoom or Measure mode, and wishes to edit a text or a label, one should first escape from the Zoom/Measure mode by selecting “Escape” in the “View” menu.

7.8 Exporting Data

As stated in Section 7.1, FFT results can be saved to a text file. Both simulation results (*.txt) and FFT results (*.fft) are in text format and can be edited using a text editor (such as Microsoft NotePad), or exported to other software (such as Microsoft Excel).

For example, to load a simulate result file “chop-1q.txt” in Microsoft Excel, follow these steps:

- In Microsoft Excel, select **Open** from the File menu. Open the file “chop-

1q.txt”.

- In the dialog window **Text Import Wizard - Step 1 of 3**, under **Original data type**, choose **Delimited**. Click on **Next**.
- In the dialog window **“Text Import Wizard - Step 2 of 3”**, under **Delimiters**, choose **Space**. Click on **Next**.
- In the dialog window **“Text Import Wizard - Step 3 of 3”**, under **Column data format**, choose **General**. Click on **Finish**.

Error/Warning Messages and Other Simulation Issues

8.1 Simulation Issues

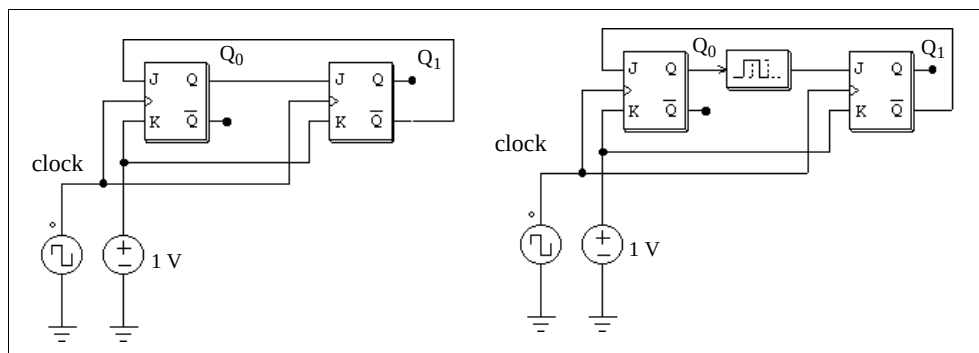
8.1.1 Time Step Selection

PSIM uses the fixed time step in the simulation. In order to assure accurate results, the simulation time step should be properly chosen. The factors that limit the time step in a circuit include the switching period, widths of pulses or square waveforms, and intervals of fast transients. It is recommended that the time step should be at least one magnitude smaller than the smallest of the above.

8.1.2 Propagation Delays in Logic Circuits

The logic elements in PSIM are ideal, i.e. there is no propagation delay. If a logic circuit uses the propagation delays for its operation, a function block in PSIM, called the Time Delay block (TDELAY), needs to be added to represent the effect of the propagation delay.

To illustrate this, take a two-bit counter circuit as an example.



In the circuit on the left, the initial values of both Q0 and Q1 are assumed to be zero. At the clock rising edge, Q0 will change to 1. Without delay, the position of Q1, which should remain at 0, will toggle to 1 at the same time.

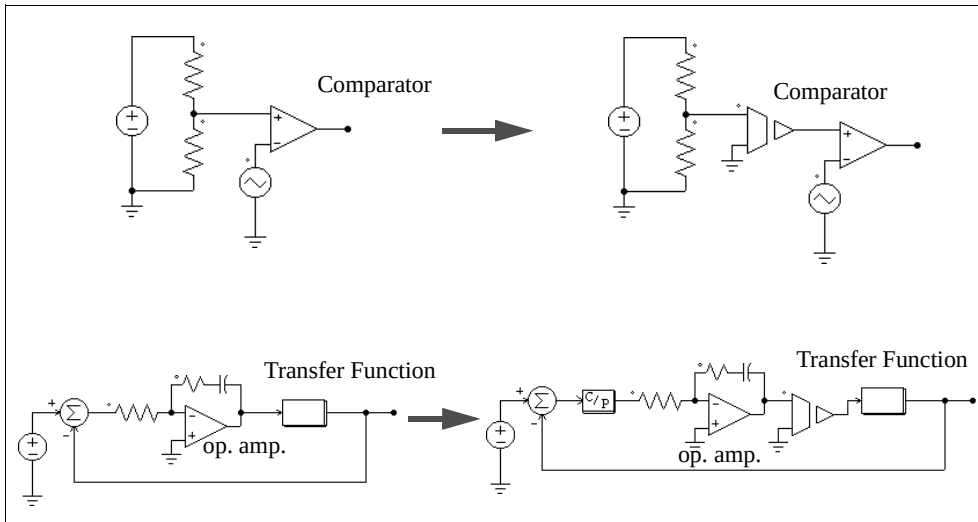
To prevent this, a time delay element with the delay period of one time step needs to be

inserted between Q0 and the input (J) of the second flip-flop.

8.1.3 Interface Between Power and Control Circuits

In PSIM, power circuits are represented in the discrete circuit form, and control circuits are represented in function block diagram. Power circuit components, such as RLC branches, switches, transformers, mutual inductors, current sources, floating voltage sources, and all types of controlled sources are not allowed in the control circuit. Similarly, control circuit components, such as logic gates, PI controllers, lookup tables, and other function blocks, are not allowed in the power circuit.

If there is a direct connection between the power circuit and the input of a control circuit element, a voltage sensor will be automatically inserted by the program. Similarly, if there is a direct connection between the output of a control circuit element and the power circuit, a control-power interface block (CTOP) will be automatically inserted. This is illustrated in the examples below.



It should be noted that, in PSIM, the power circuit and the control circuit are solved separately. There is one time step delay between the power and the control circuit solutions.

8.1.4 FFT Analysis

When using FFT for the harmonic analysis, one should make sure that the following requirements are satisfied:

- The waveforms have reached the steady state;

- The length of the data selected for FFT should be the multiple integer of the fundamental period.

For a 60-Hz waveform, for example, the data length should be restricted to 16.67 msec. (or multiples of 16.67 msec.). Otherwise, the FFT results will be incorrect. The data is selected by clicking on **X Axis** in SIMVIEW, de-selecting **Auto-scale** in **Range**, and specifying the starting time and the final time. The FFT analysis is only performed on the data that are displayed on the screen.

Note that the FFT results are discrete. The FFT results are determined by the time interval between two consecutive data points, Δt , and the data length T_{length} . The data point interval Δt is equal to the simulation time step multiplied by the print step. In the FFT results, the frequency incremental step will be $1/T_{\text{length}}$, and the maximum frequency will be $1/(2*\Delta t)$.

For example, if you take the FFT of a 1-kHz square waveform with a data length of 1 ms and a data point interval of 10 us, that is, $T_{\text{length}} = 1 \text{ ms}$, and $\Delta t = 10 \text{ us}$, the frequency incremental step will be: $\Delta f = 1/T_{\text{length}} = 1 \text{ kHz}$. The maximum frequency will be: $f_{\text{max}} = 1/(2*\Delta t) = 50 \text{ kHz}$.

8.2 Error/Warning Messages

The error and warning messages are listed in the following.

E-1 Input format errors occurred in the simulation.

It may be caused by one of the following:

- Incorrect/Incomplete specifications
- Wrong input for integers and character strings

Make sure that the PSIM library is not modified, and the PSIM simulator is up-to-date.

In the circuit file, character strings should be included between two apostrophes (like 'test'). Also, make sure an integer is specified for an integer variable. The specification of a real number (like 3. instead of 3) for an integer will trigger the error message.

E-2 Error message: The node of an element is floating.

This can also be caused by a poor connection in PSIM. When drawing a wire between two nodes, make sure that the wire is connected to the terminal of the element.

E-3 Error message: No. of an element exceeds the limit.

This error message occurs when the total number of a particular element exceeds the limit specified by the program. This problem can only be solved by re-compiling the PSIM simulator with increased array dimensions. Please contact Powersim Technologies Inc. for assistance.

W-1 Warning!!! The program failed to converge after 10 iterations when determining switch positions. The computation continues with the following switch positions:

This warning occurs when the program fails to converge when determining switching positions. Since the computation continues based on the switch positions at the end of the 10th iteration, results could be inaccurate. One should be cautious when analyzing the results.

There are many factors that cause this problem. The following measures can be taken to isolate and solve the problem:

- Check the circuit and make sure the circuit is correct.
- Check the switch gating signals.
- Connect small resistors/inductors in series with switches and voltage sources.

W-2 Warning!!! The program did not reach the steady state after 60 cycles when performing the ac sweep.

This warning occurs when the program fails to reach the steady state after 60 cycles when performing the ac sweep. The cause of the problem could be that the system is poorly damped at that particular frequency or the signal amplitude is too small.

You may try the following to isolate and solve the problem:

- Run the time-domain simulation with the excitation source at that frequency and see if time-domain waveforms are oscillatory.
- Increase the excitation voltage amplitude for larger signal level, or
- Reduce the time step for better accuracy and resolution.

8.3 Debugging

Some of the approaches in debugging a circuit is discussed in the following.

Symptom:

Simulation results show sudden changes (discontinuity) of inductor currents and capacitor voltages.

Solution:

This may be caused by the interruption of inductor current path and short-circuit of capacitor (or capacitor-voltage source) loops. Check the switch gating signals. If necessary, include overlap or dead time pulses to avoid open-circuit or shooting-through.

If an initial current is assigned to an inductor, initial switch positions should be set such that a path is provided for the current flow. Otherwise, the inductor current will be forced to start from zero.

Symptom:

Simulation waveforms look incorrect or inaccurate, or the waveform resolution is poor.

Solution:

This may be caused by two reasons. One is the time step. Since PSIM uses the fixed time step during the entire simulation, one should make sure that the time step is sufficiently small. As a rule of thumb, the time step should be several tens times smaller than the switching period.

Another reason is the problem of waveform display. One should make sure that the print step is not too big. To display all the data points, set the print step to 1.

FUJI GENERAL-PURPOSE INVERTER FVR-E9S Series

Three-phase 200 V FVR0.1~3.7E9S-2
FVR0.1~3.7E9S-2JE
Three-phase 400 V FVR0.4~3.7E9S-4
FVR0.4~3.7E9S-4JE
Single-phase 200 V FVR0.1~2.2E9S-7
FVR0.1~2.2E9S-7JE



CAUTION

- Make sure you read this instruction manual thoroughly before installing, wiring, operating and inspecting this Inverter.
- Please make sure that this Instruction manual accompanies the Inverter to the end user.
- Keep this instruction manual in order not to lose so that it will always be available for the duration of the Inverter's operating life.
- Product specifications are subject to change for improvement without notice.

Foreword

Thank you for purchasing a Fuji FVR-E9S Series Inverter.

This Inverter is designed for variable-speed operation of three-phase induction motors. Before use, read this instruction manual thoroughly to gain a full understanding of the correct operation procedures.

Incorrect handling of the Inverter may cause problems or may give damages to the Inverter and may reduce the Inverter's operating life.

This instruction manual does not contain instructions regarding optional components such as interface cards. For details on such optional components, please refer to the separate instruction manuals for each component.

Please keep this instruction manual carefully and accompany to the end user who uses this Inverter.

Contents

1	Introduction	1	11-2	Keypad panel operation modes and displays	24
2	Safety Precautions	1	11-3	Explanation of keypad panel operation	27
3	Inspection Points upon Delivery	5	11-4	Function table	31
4	Product Inquiries and Warranty Information	6	11-5	Description of functions	35
4-1	When making inquiries	6	11-6-1	Description of torque boost	60
4-2	Product warranty	6	11-6-2	Description of torque limit	61
5	Construction and Handling	7	11-6-3	Description of braking torque selection	61
5-1	Construction and part names	7	11-6-4	Description of torque vector control	62
5-2	Handling	8	11-6-5	Description of automatic tuning procedure	63
6	Transportation	9	12	Maintenance and Inspection	64
7	Storage	9	12-1	Daily inspection	64
8	Installation	9	12-2	Periodic inspection	64
8-1	Installation environment	9	12-3	Measuring main circuit power	65
8-2	Installation method	10	12-4	Megger test	65
9	Wiring Procedures	11	12-5	Parts replacement	69
9-1	Main circuit wiring and ground terminal wiring	12	13	Troubleshooting	69
9-2	Control circuit wiring	14	13-1	Protective function	69
9-3	Notes when wiring	16	13-2	Troubleshooting when protective function operates	72
9-4	Basic wiring diagrams	18	13-3	Troubleshooting when motor problem occurs	75
10	Inverter Operation	20	14	Standard specifications	76
10-1	Pre-operation inspection	20	15	External dimensions	80
10-2	Operation method	20	16	Optional equipment	84
10-3	Test operation	21	17	Attention to prevent from failure	86
11	Keypad Panel Operation and Explanation of Functions	22	18	Optional equipment (chinese)	87
11-1	External view	22	19	Attention to prevent from failure (chinese)	88

1. Introduction

This Inverter is designed for variable-speed operation of three-phase induction motors. This instruction manual contains descriptions of the correct procedures for installation, wiring, Inverter operation, keypad panel operation and maintenance and inspection for the Inverter.

2. Safety Precautions

Before carrying out installation, wiring, operation, maintenance or inspection of the Inverter, read this instruction manual thoroughly to gain a full understanding of the correct operation procedures. Make sure that you have read all product details, safety information, warnings and cautions before use.

The following classifications for warnings and cautions are used throughout this manual.

 WARNING	Denotes operating procedures and practices that may result in severe injury or loss of life if not correctly followed.
 CAUTION	Denotes operating procedures and practices that, if not strictly observed, may result in personal injury or damage to the equipment.

The severity of injury or damage that can result from failure to follow a caution given can increase in severity depending on conditions. In any case, the instructions given are very important and should be followed at all times.

APPLICATIONS



WARNING - FIRE AND PERSONAL INJURY HAZARD

- This Inverter is designed for variable-speed operation of three-phase induction motors. It cannot be used with single-phase motors or for any other applications, otherwise fire may result.
- The Inverter cannot be used by itself for elevators, life-preservation equipment or other equipment which is directly related to human safety. In such situations, sufficient consideration should be given to overall system configuration, not just to the Inverter, otherwise serious accidents could result.

 WARNING - FIRE AND PERSONAL INJURY HAZARD	Reference page
● Install the Inverter to a non-flammable surface such as a metal surface, otherwise fires may result.	1 0
● Do not place the Inverter near flammable materials, otherwise fires may result.	1 0
● Do not hold the Inverter by the Inverter cover when transporting it, otherwise the Inverter may fall down, which could cause severe injury.	9
● Do not let any scraps of thread, paper, sawdust, dirt, metal shavings or other foreign objects get inside the Inverter or onto the cooling fins, otherwise fires or problems with operation may result.	1 1
● Do not install and operate the Inverter if it is damaged or if some of the parts are missing. Doing so may result in severe personal injury.	

WIRING

 WARNING - FIRE AND ELECTRIC SHOCK HAZARD	Reference page
● When connecting the Inverter to a power supply, be sure to connect it via a circuit breaker, a leakage current breaker or a fuse, otherwise fires may result.	1 2
● Use only fuses and circuit breakers with rated capacities that are suitable for use with the Inverter. Failure to do so may result in fire.	1 2
● Connect the Inverter with a secure ground, otherwise electric shocks or fires may result.	1 1
● Wiring work should only be carried out by suitably qualified personnel, otherwise electric shocks may result.	1 1
● Make absolutely sure that the power supply is turned off (open) before wiring, otherwise electric shocks may result.	1 1
● Wiring work should only be carried out after the Inverter itself has been installed, otherwise electric shocks or injury may result.	

 CAUTION	Reference page
● Check that the phase and voltage of the AC power supply being connected matches the input phase and rated input voltage of the Inverter. Using an improper power supply may cause injury or damage to equipment.	1 3
● Do not connect AC power to the output terminals (U, V, W), otherwise injury may result.	1 3
● The Inverter, motor and wiring produce electromagnetic noise during operation. Make sure that this does not interfere with the operation of any sensors or other equipment which may be nearby, otherwise accidents may result.	1 7

 WARNING - ELECTRIC SHOCK HAZARD	Reference page
● Always install the Inverter cover before turning on the power supply. In addition, do not remove the Inverter cover while the power is on. Failure to observe these precautions may result in electric shocks.	2 0
● Do not operate any of the switches with wet hands, otherwise electric shocks may result.	2 0

 WARNING - ELECTRIC SHOCK AND PERSONAL INJURY HAZARD	Reference page
● If the retry function has been activated and a trip occurs, the Inverter will restart automatically depending on the cause of the trip. Make sure that the system is set up properly so that there will be no danger to personnel when the Inverter starts, otherwise accidents may occur.	3 9
● If the torque limit function has been selected, the Inverter may start running with differences in the acceleration/deceleration time and speed settings. Make sure that the system is set up properly so that there will be no danger to personnel when the Inverter starts, otherwise accidents may occur.	4 6
● The STOP key is only effective when keypad panel operation has been selected in the function settings. A separate switch should be installed for emergency stopping purposes. If operation by means of the external signal terminals has been selected, the STOP key on the keypad panel cannot be used to stop Inverter operation.	1 4, 2 2
● If an alarm reset is carried out while a run signal [FWD/REV] is being input, the Inverter will suddenly restart. Always check that the run signal is not being input before carrying out the alarm reset, otherwise accidents may occur.	2 2, 3 0
● Never touch the Inverter terminals while the power is fed to the Inverter, regardless of whether the Inverter is running or not.	

 CAUTION	Reference page
● Do not touch the cooling fins and braking resistor, as they become hot during Inverter operation.	2 2
● Because it is relatively easy to set the Inverter to high-speed operation, be sure to check the capacity of the motor and the equipment being operated before changing the Inverter function setting.	3 5, 3 6
● The Inverter braking function cannot be substituted for mechanical means. Attempting to do so may result in injury.	4 2

 WARNING - ELECTRIC SHOCK HAZARD	Reference page
● Wait at least five minutes after turning off the power before carrying out inspection. Check that the charge indication lamp has gone out. Do not touch the Inverter parts if the lamp is still lit, otherwise electric shocks may result.	6 4
● Maintenance, inspection and part replacement should only be carried out by suitably qualified personnel. Remove any metallic accessories such as watches and rings before starting work, and use only properly-insulated tools, otherwise electric shocks may result.	6 4

DISPOSAL

 CAUTION
● Disposal of the Inverter should be entrusted to a suitably-qualified disposal agency, otherwise injury may result.

PACKING

 CAUTION
● Do not stand or sit on the Inverter, otherwise injury may result. ● The number of packing cartons that can be stacked together is printed on the packing container. Do not stack the containers any higher than this, or injury may result.

OTHER

 WARNING - ELECTRIC SHOCK AND PERSONAL INJURY HAZARD	Reference page
● Do not carry out any modifications to the Inverter. Doing so may result in electric shocks and injury.	6 4

GENERAL CAUTION

All of the illustrations in this instruction manual show the Inverter with the covers and other protective equipment removed in order to facilitate explanation of detailed parts of the Inverter. Be absolutely sure to return all covers and protective equipment to the prescribed positions before operating the Inverter, and make sure that all operations are carried out in accordance with the instructions in this manual.

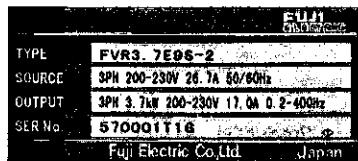
3. Inspection Points upon Delivery

Please inspect the following points after unpacking your Inverter.

If you have any problems or questions regarding the Inverter, please contact the nearest Fuji sales office or the distributor you purchased the unit from.

- ① Check the nameplate on the Inverter cover to ensure that the specifications correspond to those you ordered.

TYPE : Inverter type
SOURCE : Phase, voltage and frequency of input power supply
OUTPUT : Rated capacity, rated output current, output frequency range
SER.NO. : Serial No.



TYPE : Inverter type

FVR 0.75 E9S - 2 JE

Variation

blank : Standard

S : without keypad panel

JE : JE version

JS : JE version without keypad panel

Power supply voltage system:

2 : 3-phase 200V grade, 4 : 3-phase 400V grade

7 : Single-phase 200V grade

Series name: E9S

Standard applied motor: 0.1 → 0.1kW, ., 3.7 → 3.7kW

Product type: FVR

SER.NO. : Serial No.

6 1 0001T1

Lot No.

Production month : 1~9 → Jan. , . . , Sept.

X → Oct., Y → Nov., Z → Dec.

Production year : Last digit of year (e.g. 6 → 1996)

- ② Inspect the unit for any damage, disconnection or bending of the cover or main unit panels which may have occurred during shipping.

4. Product Inquiries and Warranty Information

4-1. When making inquiries

If the Inverter is damaged or if you have any other problems or questions regarding the Inverter, please make a note of the following items and then contact the nearest Fujl sales office or the distributor where the unit was purchased.

- a. Inverter type
- b. Serial No.
- c. Date of purchase
- d. The nature of the problem (for instance, the location and extent of damage, the point which is unclear or the circumstances under which the malfunction occurred)

4-2. Product warranty

This product is guaranteed against defects in workmanship for 12 months from the date of purchase or for 18 months from the date of manufacture indicated on the nameplate, whichever comes first. However, problems caused by the following reasons are not covered by the warranty even if the warranty period has not yet expired.

- ① Problems caused by incorrect operation or by unauthorized repairs or modifications
- ② Problems resulting from using the Inverter under conditions outside the standard specifications
- ③ Damage to the Inverter after purchase or during delivery
- ④ Damage caused by earthquakes, fire, floods, lightning, abnormal voltage fluctuations or other natural disasters and secondary disasters.

5. Construction and Handling

5-1. Construction and part names

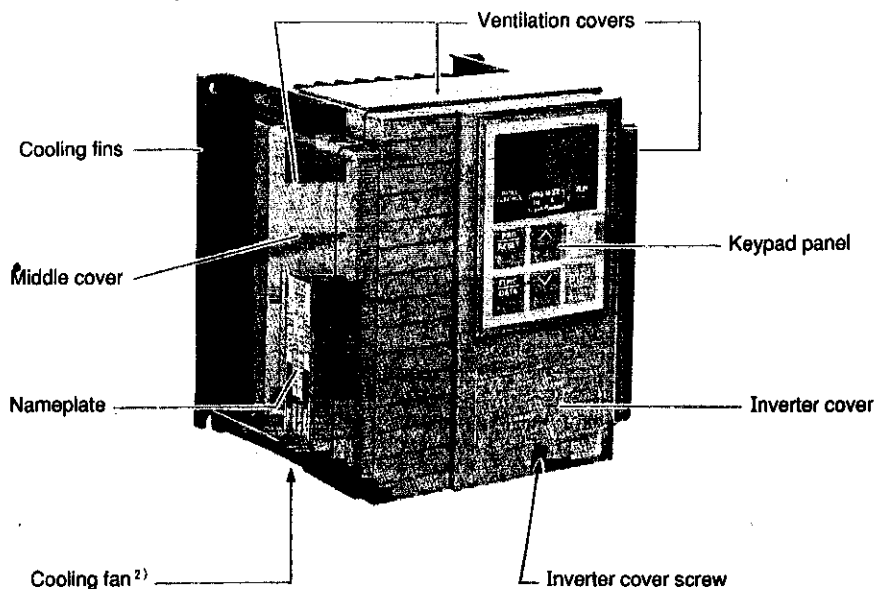


Fig. 5-1-1 Inverter appearance¹⁾

- 1) The appearance and external dimensions of each Inverter model vary according to the input phase, input voltage and output capacity of each model. For details, refer to "15. External dimensions" on page 80.
- 2) No cooling fan is attached to the Inverter model with an output rating of less than 0.75kW.

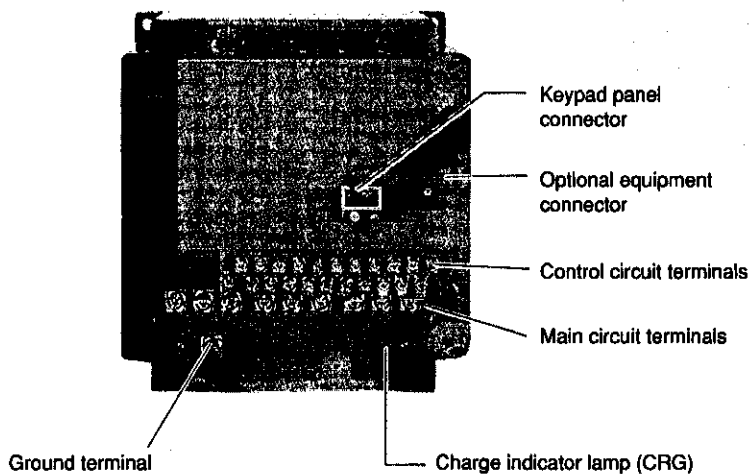


Fig. 5-1-2 Internal Inverter parts (shown with Inverter cover removed)

5-2. Handling

(1) Removing the Inverter cover

Loosen the Inverter cover screw (refer to Fig. 5-1-1), and then remove the cover as shown in Fig. 5-2-1. The Inverter cover can be removed with the keypad panel still attached.

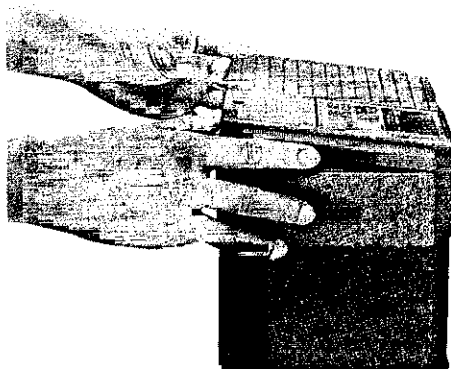


Fig. 5-2-1 Removing the Inverter cover

(2) Removing the keypad panel

After removing the Inverter cover as described in (1) above, loosen the two keypad panel fixing screws on the reverse side of the cover (refer to Fig. 5-2-2), and then remove the keypad panel.

If the optional connection cable (sold separately) is used, remote control operation is possible. (Refer to Fig. 5-2-3.)

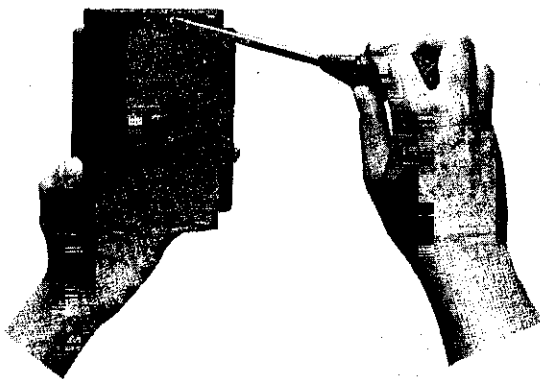
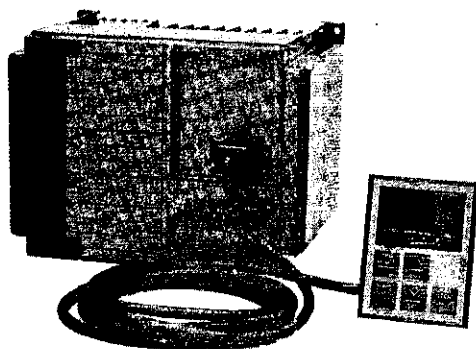


Fig. 5-2-2 Removing the keypad panel

Fig. 5-2-3



6. Transportation

Be sure to hold the main unit when carrying the Inverter.

If you hold the cover or other parts, the Inverter may become damaged or fall down.

Because the Inverter cover is made from plastic, be careful not to apply too much force to it during transportation.

7. Storage

Store under the conditions listed in Table 7-1-1.

Table 7-1-1 Storage conditions

Item	Conditions	
Ambient temperature	-10 ~ 50 °C	Avoid places where sudden changes in temperature occur which could cause freezing or condensation.
Storing temperature ¹⁾	-20 ~ 65 °C	
Relative humidity	20 ~ 95 % ²⁾	
Environment	The place should be away from direct sunlight and free from dust, corrosive gases, inflammable gases, oil mists, steam, dripping water or vibration. Salty environments should preferably be avoided.	

① : The storing temperature means short-term temperature conditions for transportation.

② : Condensation or freezing may occur in places where large variations in temperature occur, even if the relative humidity is within the specified range in Table 7-1-1.

Such places should be avoided.

- ① Do not place the Inverter directly onto the floor. It should always be placed on top of a stand or shelf.
- ② If the Inverter is being stored in an environment which does not satisfy the conditions in Table 7-1-1, cover it with a plastic sheet to protect it.
- ③ If you are worried about humidity affecting the Inverter, place some desiccating agent (such as silica gel) with the Inverter, and then cover it as explained in ② above.

8. Installation

8-1. Installation environment

Install the Inverter in a location that meets the following requirements:

Table 8-1-1 Installation environment

Item	Condition
Place	Indoors
Ambient temperature	-10 ~ +50 °C (Remove the ventilation covers when the temperature exceeds +40 °C)
Relative humidity	20 ~ 95 %
Environment	Avoid any location subject to dust, direct sunlight, corrosive gas, inflammable gas, oil mist, steam or dripping water. Salty environments should preferably be avoided. Avoid places where condensation may occur in places where large variations in temperature occur.
Altitude	1000 meters or less
Vibration	5.9 m/s ² {0.6G} or less

8-2. Installation method

- ① Place the Inverter vertically so that the "FVR-E9S" letters can be seen at the front, and then bolt it firmly to a steady structure.

Do not install the Inverter upside down or horizontally.

- ② The Inverter will generate heat during operation. Allow sufficient space around the unit as shown in Fig. 8-2-1 to ensure adequate ventilation.

Because the air heated by the Inverter is let out upwards by the built-in cooling fans, do not place the Inverter underneath low heat resistance material.

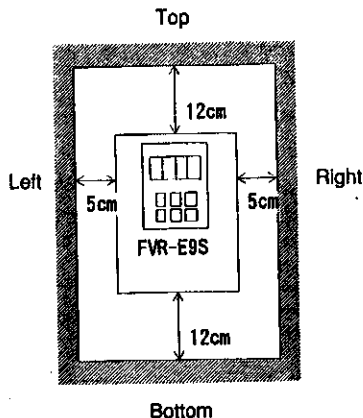


Fig. 8-2-1 Installation direction and mounting space

- ③ The cooling fin temperature will reach around 90°C during operation. Please use non-flammable material for the Inverter mounting plate.

 WARNING	Install the Inverter to a non-flammable surface such as a metal surface, otherwise fires may result.

- ④ If placing the Inverter in an Inverter panel, be sure to allow adequate ventilation to prevent the ambient temperature for the Inverter from exceeding the range given in Table 8-1-1. Do not place the Inverter into small enclosed areas which do not allow proper ventilation.
- ⑤ When two or more Inverters are installed in an Inverter panel, locate them side by side in order to avoid the influence of heat generated by other Inverters. If the Inverters must be installed in a vertical row, provide a partition plate between them to prevent the heat from the lower Inverter from affecting the upper Inverter.

- ⑥ If the ambient temperature around the Inverter becomes greater than 40°C, remove the ventilation covers at the top and at both sides of the Inverter.

The Inverter should not be used under ambient temperatures which exceed 50°C, even if the covers are removed.



CAUTION

Do not let any scraps of thread, paper, sawdust, dirt, metal shavings or other foreign objects get inside the Inverter or onto the cooling fins, otherwise fires or problems with operation may result.

9. Wiring Procedures

Remove the Inverter cover to expose the terminal board. Pay attention to the following points during wiring to avoid making incorrect connections.

- ① Always connect the power supply to the main power supply terminals R, S and T (S is not provided for single-phase input models). Connecting the power supply to any other terminals will damage the Inverter.
- ② Be sure to make the Inverter ground terminal being connected with ground in order to prevent accidents such as electric shocks or fire and to reduce electromagnetic noise.
- ③ Use crimp terminals for wiring to ensure high reliability.
- ④ Once the wiring has been completed, check the following.
 - a. Have all wires been connected correctly?
 - b. Have any connections been omitted?
 - c. Are there any short circuit(s) between terminals and wires or to ground?
- ⑤ If changing the wiring after the power has been turned on, note that it takes some time for the smoothing capacitor in the DC section of the main circuit to be fully discharged. To avoid danger, wait for 5 minutes or more after the power supply has been turned off before removing the Inverter cover, and check that the charge lamp has been extinguished before doing any work.



WARNING

- Wait at least five minutes after turning off the power before carrying out inspection. Check that the charge indication lamp has gone out. Do not touch the Inverter parts if the lamp is still lit, otherwise electric shocks may result.
- Wiring work should only be carried out by suitably qualified personnel, otherwise electric shocks may result.
- Connect the Inverter with a secure ground, otherwise electric shocks or fires may result.

9-1. Main circuit wiring and ground terminal wiring

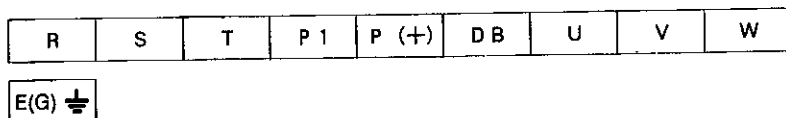


Fig.9-1-1 Main circuit terminal layout (for 3-phase 200V/400V input)

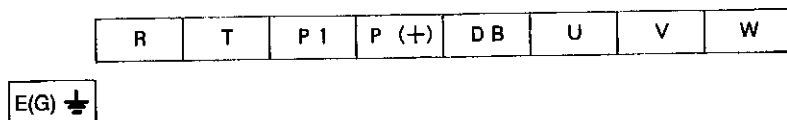


Fig.9-1-2 Main circuit terminal layout (for single-phase 200V input)

Table 9-1-1 Explanation of main circuit terminal and ground terminal functions

Terminal Symbol	Terminal Name	Explanation
R, S, T *	Main circuit power terminals	Connect the power supply.
U, V, W	Inverter output terminals	Connect a three-phase induction motor.
P 1, P (+)	DC reactor connection terminals	Connect a power factor correcting DC reactor (option)
P (+), DB	External braking resistor terminals	Connect an external braking resistor (option) Note : 200W or lower models have no DB terminal.
E (G) ↓	Inverter ground terminal	Ground terminal for Inverter chassis

* : "S" terminal is not provided for single phase input models

(1) Main power supply terminals [R, S, T]

- ① Connect the power supply to the main power supply terminals R, S and T (in case of single-phase input type, R and T) via a circuit breaker, leakage current breaker or fuse. There is no need to match the phase when connecting. (Refer to page 85.)
- ② It is recommended that the main power supply is fed to the Inverter through a magnet contactor to prevent further problems or damage to the Inverter in the event of a failure. (Refer to page 85.)

 WARNING	●When connecting the Inverter to a power supply, be sure to connect it via a circuit breaker, a leakage current breaker or a fuse, otherwise fires may result. ●Use only fuses and circuit breakers with rated capacities that are suitable for use with the Inverter. Failure to do so may result in fire.

(2) Inverter output terminals [U, V, W]

- ① Connect a 3-phase motor to the Inverter output terminals U, V and W in correct order.
If the direction of operation is reversed, interchange any two of the U, V or W connections.
- ② Do not connect a power factor improving capacitor or a surge absorber to the output side of the Inverter.

(3) DC reactor terminals [P1, P(+)]

- ① These terminals are used to connect an optional power factor improving DC reactor.
- ② These terminals are connected by a short-circuiting conductor at the time of shipment from the factory, so remove this conductor before connecting the DC reactor.
- ③ Make sure that the short-circuiting conductor between terminals P1 and P(+) is fastened when a DC reactor is not being used.
- ④ Use wires with a length of 2 meters or less to connect the DC reactor.

(4) External braking resistor terminals [P(+), DB]

- ① These terminals are used to connect an optional external braking resistor.
- ② Use two twisted wires with a length of less than 5 meters to connect the external braking resistor.
- ③ Never short-circuit the P(+) and DB terminals, otherwise damage to the Inverter will occur.

(5) Ground terminal [E(G) ⚡]

The ground terminal should always be connected to the ground for safety reasons and to reduce electromagnetic noise.

- ① The grounding wire should be as thick and as short as possible, and it should be connected to a ground terminal which is provided for use with Inverter systems.
- ② It is the responsibility of the user or the person installing the Inverter to provide proper grounding according to National Electric Code and local codes.



CAUTION

- Check that the phase and voltage of the AC power supply being connected matches the input phase and rated input voltage of the Inverter. Using an improper power supply may cause injury or damage to equipment.
- Do not connect AC power to the output terminals (U, V, W), otherwise injury may result.

9-2. Control circuit wiring

30A	30B	Y1	FMA	PLC	BX	RST	C1	13	12	11
30C	FMP	X1	X2	X3	X4	REV	FWD	THR	CM	

Fig.9-2-1 Control circuit terminal layout

Descriptions of the functions of each control circuit terminal are given in Table 9-2-1.

The connection methods for the control circuit terminals differ according to the function settings. Connect according to the functions being used.

- (1) Control input terminals [FWD, REV, BX, THR, RST, X1, X2, X3, X4]

The equivalent circuit diagram is shown in Fig. 9-2-2.

If you use a contactor for input, use a contactor with high reliability which does not have any closing defects.

- (2) RUN command terminals [FWD, REV]

The RUN command terminals FWD and CM are shorted with a shorting bar at the time of shipment. In this condition, the Inverter starts when the RUN key on the keypad panel is pressed, and it stops when the STOP key is pressed.

- (3) Trip command terminal (External fault) [THR]

The THR and CM terminals are shorted with a shorting bar at the time of shipment.

To use the THR terminal, remove the shorting bar and connect a relay which turns off when there is an abnormality in the external unit.

If a switch which can be turned off by pressing a button is connected, it can be used as an emergency stop switch.

- (4) Open collector output terminal [Y1]

The equivalent circuit diagram is shown in Fig. 9-2-3.

When connecting a control relay, connect surge absorption diodes in parallel to the solenoid coil.

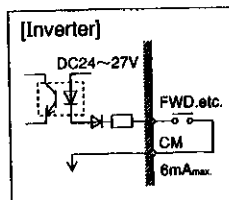


Fig.9-2-2

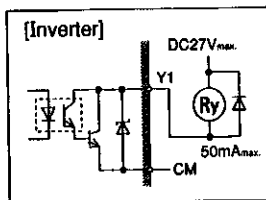


Fig.9-2-3

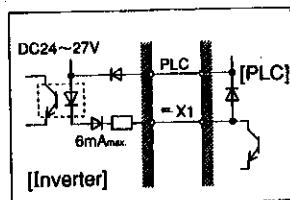


Fig.9-2-4



WARNING

The STOP key is only effective when keypad panel operation has been selected in the function settings. A separate switch should be installed for emergency stopping purposes.

Table 9-2-1 Description of control circuit terminal

Classification	Symbol	Terminal name	Description
Frequency setting	1 3	Potentiometer power supply	+10V DC power supply for frequency setting potentiometer (maximum output current : 10mA)
	1 2	Voltage input	0 to +10V DC / 0 to (maximum output frequency)
	1 1 ¹⁾	Common terminal	Common terminal for terminals 12, 13, C1 and FMA.
	C 1	Current input	DC 4 to 20mA/0 to 100% (input resistance 250 Ω)
Control input	F W D	Forward operation command	FWD-CM CLOSE : The motor runs in the forward direction. ²⁾ OPEN : The motor decelerates and stops.
	R E V	Reverse operation command	REV-CM CLOSE : The motor runs in the reverse direction. ²⁾ OPEN : The motor decelerates and stops.
	B X	Coast-to-stop command	Inverter output will be stopped and the motor will coast to a stop when BX-CM is closed. No alarm signal will be output.
	T H R	Trip command (External fault)	- When THR-CM is open while the Inverter is running, the Inverter output will be stopped (the motor will coast to a stop) and an alarm signal will be output. This alarm signal is held internally until reset command is issued. - Functions as an edit permit command by means of function change.
	R S T	Alarm reset	The hold condition after an Inverter trip is reset when RST-CM is closed.
	X1,X2,X3	Multistep freq. select	Terminals 1 - 3 function as multistep frequency terminals.
	X 4	Function extension	Functions as indicated below depending on the function setting. 1) RT1 : Acceleration/deceleration time 2 selection 2) X4 : Multistep frequency selection terminal 4 3) VF2 : V/F 2 selection 4) HLD : Hold signal for 3-wire operation
	P L C	PLC terminal	Connect the power supply terminal from a PLC.
	C M ¹⁾	Common terminal	Common terminal for control input signal and FMP.
Monitor output	F M A	Analog monitor	- Outputs one of the following signals in terms of DC voltage signal depending on function setting. 1) Output frequency , 2) Output current 3) Output torque , 4) Load factor - Up to 2 meters rated at DC 10V·1mA can be connected.
	F M P	Frequency monitor (Pulse output)	Outputs the frequency pulse which is proportional to Inverter output frequency. The factor can be set between 10 to 100 (for 6kHz or lower only).
Control output	Y 1	Open collector output	- Outputs one of the following signals depending on function change setting. 1) Inverter running mode (RUN) 2) Frequency level detection (FDT) 3) Frequency equivalence signal (FAR) 4) Undervoltage stop mode (LV) 5) Torque limiting mode (TL) 6) Auto-restart mode after momentary power loss (IP) - Allowable load : Max. DC 27V, max. DC 50mA
	30A,30B 30C	Alarm output (any fault)	Outputs a contact signal(1c) when a protective function is activated. (Contact rating: AC 250V, 0.3A, $\cos \phi = 0.3$)

¹⁾ : Terminals "11" and "CM" have the same potential.²⁾ : During both FWD and REV are ON, the motor decelerates and stops.

9-3. Notes when wiring

Take note of the following points when carrying out wiring.

(1) Connecting the surge absorbers

The sudden changes in current which are caused by the solenoid coils in magnet contactors and relays in the control circuit and other Inverter circuits may cause surge voltages (noise), and such surge voltages can cause malfunction of the control circuit and other Inverter circuits. In such cases, connect surge absorbers in parallel to the solenoid coil which is producing the surge voltage as shown in Fig. 9-3-1.

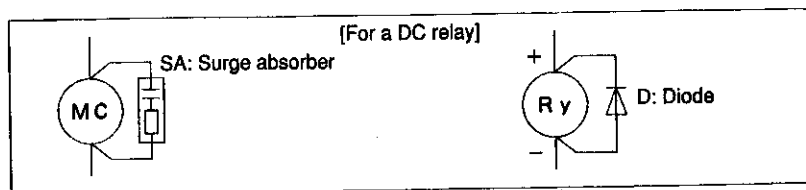


Fig. 9-3-1 Surge protector connection diagram

(2) Control circuit wiring

- ① The wires which are connected to the control circuit terminals should be shielded wires of a 0.75 mm² or more cross-section.
- ② The control circuit wiring should be kept as far away as possible from the main circuit and external sequence circuit wiring. If the control circuit wiring must cross the main circuit or other wiring, it should be so arranged that the wires cross at a right angle.
- ③ If long wires are being used, they should be shielded wires.
- ④ The control circuit wires shall be routed so that they do not touch the main circuit terminal blocks directly.

(3) Shield covering connection

One end of the shield of shielded wires should be connected to a common terminal as shown in Fig.9-3-2. Do not connect it to the ground terminal E(G) ⚡ or to any other ground. The other end should be left open.

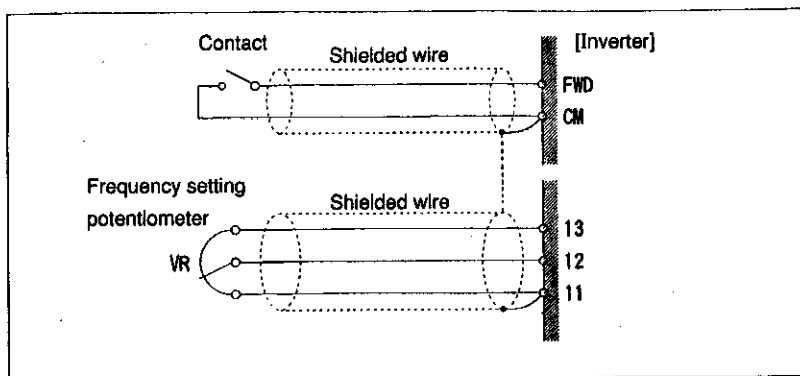


Fig.9-3-2 Connection of the shielded wire covering



CAUTION

● The Inverter, motor and wiring produce electromagnetic noise during operation. Make sure that this does not interfere with the operation of any sensors or other equipment which may be nearby, otherwise accidents may result.

9-4. Basic Wiring Diagrams

1) Keypad Panel Operation

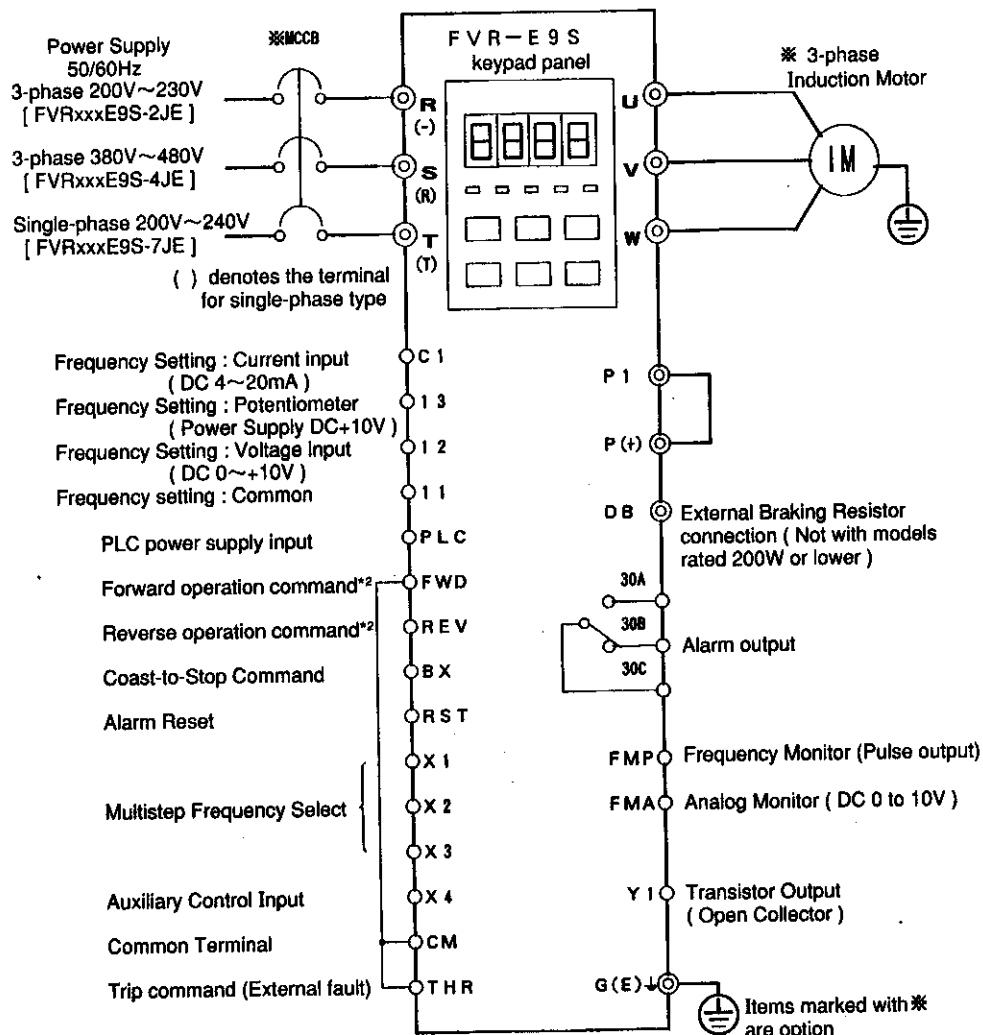


Fig.9-4-1 Basic Circuit Diagram for Keypad Panel Operation

- *1 When the Inverter is shipped from the factory, you can change the frequency setting by pressing the and keys and operate and stop the Inverter by pressing the and keys, simply by connecting a power supply and a motor.
- *2 The Inverter runs in the forward direction when FWD = ON and REV = OFF, and runs in reverse when FWD = OFF and REV = ON. If both FWD and REV are ON or OFF simultaneously, the Inverter will not run.
- *3 If connecting a power supply with a capacity that exceeds 500kVA, connect the optional matching reactor (ACR) to the power supply side of the Inverter.
- *4 Connect any magnet switches and solenoids which are near the Inverter to a surge absorber in parallel.

2) External Operation

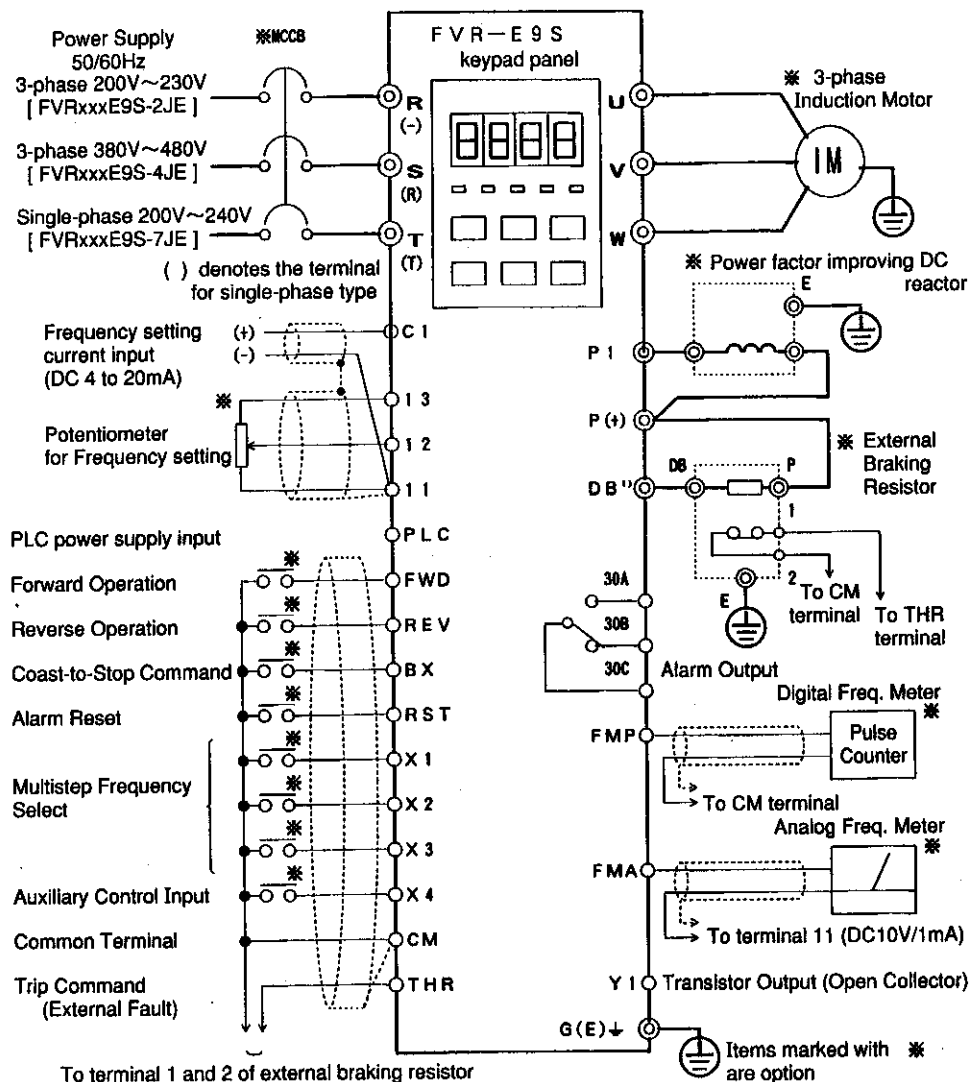


Fig.9-4-2 Basic Circuit Diagram for External Operation

1) "DB" terminal is provided for 400W or more models only

- *1 Frequency setting and Inverter operation can be carried out externally by using the analog frequency meter and contact signals. For function settings, set F01:1 and F02:1.
- *2 If connecting a power supply with a capacity that exceeds 500kVA, connect the optional matching reactor (ACR) to the power supply side of the Inverter.
- *3 Connect any magnet switches and solenoids which are near the Inverter to a surge absorber in parallel.
- *4 If connecting a power factor improving DC reactor, remove the shorting bar from the P1 and P(+) terminals.
- *5 The wires which are connected to the control circuit terminals should be shielded wires.

10. Inverter Operation

10-1. Pre-operation inspection

Check the following items before supplying power to the Inverter.

① Check the wiring for errors.

In particular, check that Inverter terminals U, V and W are not connected to the power supply, and also check that the ground terminal E(G) $\star$ is connected to a secure ground.

② Make sure that there are no short circuits or accidental ground connections between the terminals or between uncovered charging sections.

③ Make sure that all screw and terminal connections are tight.

④ Make sure that the motor and the machine are separated.

⑤ Turn all switches off before turning on the power to make sure that the Inverter doesn't start up or operate incorrectly when the power is turned on.

⑥ Check the following after turning on the power supply:

a. Is the charging indicator illuminated?

b. Does the keypad panel appear as shown in Fig. 11-1-2 (with no abnormality being indicated)?

c. Are the Inverter fans operating? (1.5 kW or above)



WARNING

●Always install the Inverter cover before turning on the power supply. In addition, do not remove the Inverter cover while the power is on. Failure to observe these precautions may result in electric shocks.

●Do not operate any of the switches with wet hands, otherwise electric shocks may result.

10-2. Operation method

There are several operation methods which are available.

Select the most appropriate method to suit your application and operating specifications, while referring to

"11. Keypad panel operation and explanation" on page 22.

Table 10-2-1 shows the most commonly-used operation methods.

Table 10-2-1 Common operation methods

Operation method	Frequency setting	Operation commands
Operation using the keypad panel	 , 	 . 
Operation using external signal terminals	Potentiometer, analog voltage or analog current	Contact input (switch) FWD-CM terminals REV-CM terminals

* Apart from the combinations given in Table 10-2-1, combinations where frequency settings are made using potentiometer and operation commands are given using the keypad panel are also possible.

10-3. Test operation

If frequency settings and operation commands are given from either the keypad panel or external signal terminals, the motor will operate. Operate according to the instructions in Table 10-3-1.

Test operation should be carried out at a low frequency of not greater than 5 Hz.

The Inverter is set to operation by means of the keypad panel at the time of shipment.

Table 10-3-1 Operation commands

Operation method	Frequency setting	Operation commands
Operation using the keypad panel	(When using the ☐ and ☐ keys) When ☐ is pressed, the frequency setting increases. When ☐ is pressed, it decreases. If ☐ pressed while the motor is run the motor accelerates, and if ☐ is pressed, the motor decelerates. (When using a frequency setting potentiometer)	If ☐ is pressed, the Inverter starts. If ☐ is pressed, the Inverter decelerates to a stop.
Operation using external signal terminals	When the potentiometer is turned clockwise, the frequency setting increases, and when it is turned counterclockwise, the frequency setting decreases. If the potentiometer is turned clockwise while the motor is running, the motor accelerates, and if it is turned counterclockwise, the motor decelerates.	When FWD (REV) is on (close), the Inverter starts. When it is off (open), the Inverter decelerates to a stop. Note : The Inverter will not stop by pressing ☐ key.

Check the following points

- Direction of operation
- Whether operation is smooth (without abnormal noise or vibration)
- Whether acceleration and deceleration are smooth

If there are no problems, Increase the operation speed and check again.

If an abnormality occurs in Inverter or motor operation, stop operation immediately and check the cause of the problem by referring to "13. Troubleshooting (see page 69)".

If voltage is still being applied to the main circuit power supply terminals R, S and T (R, T), you will get an electric shock if you touch Inverter output terminals U, V and W, even if the Inverter output has stopped.

In addition, the smoothing capacitor will still be charged when the power supply is turned off, and it takes some time for it to fully discharge. To avoid any danger, wait at least five minutes after turning off the power supply and make sure that the charge lamp has switched off, and then use a circuit tester to check that the voltage has dropped to a safe level before touching the power supply circuit. If the above test operation does not indicate any abnormality, you can then proceed to normal operation.

 WARNING	●The STOP key is only effective when keypad panel operation has been selected in the function settings. A separate switch should be installed for emergency stopping purposes. ●If an alarm reset is carried out while a run signal is being input, the Inverter will suddenly restart. Always check that the run signal is not being input before carrying out the alarm reset, otherwise accidents may occur.
 CAUTION	●Do not touch the cooling fins and braking resistor, as they become hot during Inverter operation.

11. Keypad Panel Operation and Explanation of Functions

11-1. External view

LED digital monitor

Displays the various function codes and data values during setting of the program. During operation, it displays the set frequency, current, voltage, etc. If a protective STOP occurs, the causes of the problem will be displayed as a code.

RUN mode indicator

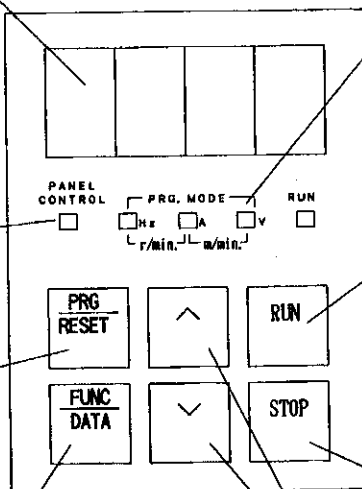
Illuminates when keypad panel operation mode has been selected.

PRG/RESET key

This key is used to switch between program mode and other modes. It is also used to reset an abnormal stop condition when the protective function is activated.

FUNC/DATA key

When in normal mode, this key can be used to change the display unit while operation is either stopped or running. When in program mode, this key can be used to read, display and write function codes and setting data.



Unit display

Unit information is displayed by LEDs. LEDs also light up to indicate that the unit is in program mode.

RUN key

This key is used for starting operation when the keypad panel operation mode is selected. The key does not function in terminal operation mode.

STOP key

This key is used for stopping operation when the keypad panel operation mode is selected. The key does not function in terminal operation mode.

UP/DOWN keys

These keys increase or decrease the frequency or speed. When unit is in program mode, they change the function codes or data values.

Fig. 11-1-1 Keypad panel

Outline of operation using the keypad panel

When the power supply is activated, the keypad panel display will be as shown in the figure at right.

(The figures "60.00" will be flashing in the display.)

If the **[RUN]** key is pressed at this point, operation will be at 60Hz according to the function code setting made at the factory.

Use the **[STOP]** key to stop operation.

- ※ Check all equipment connections thoroughly before starting operation.

For details, refer to "10. Inverter Operation" on page 20.

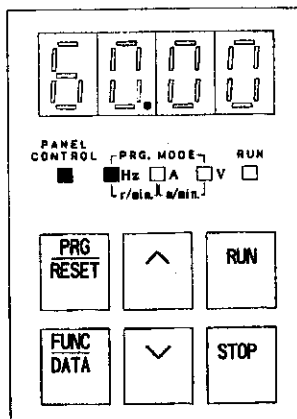


Fig. 11-1-2

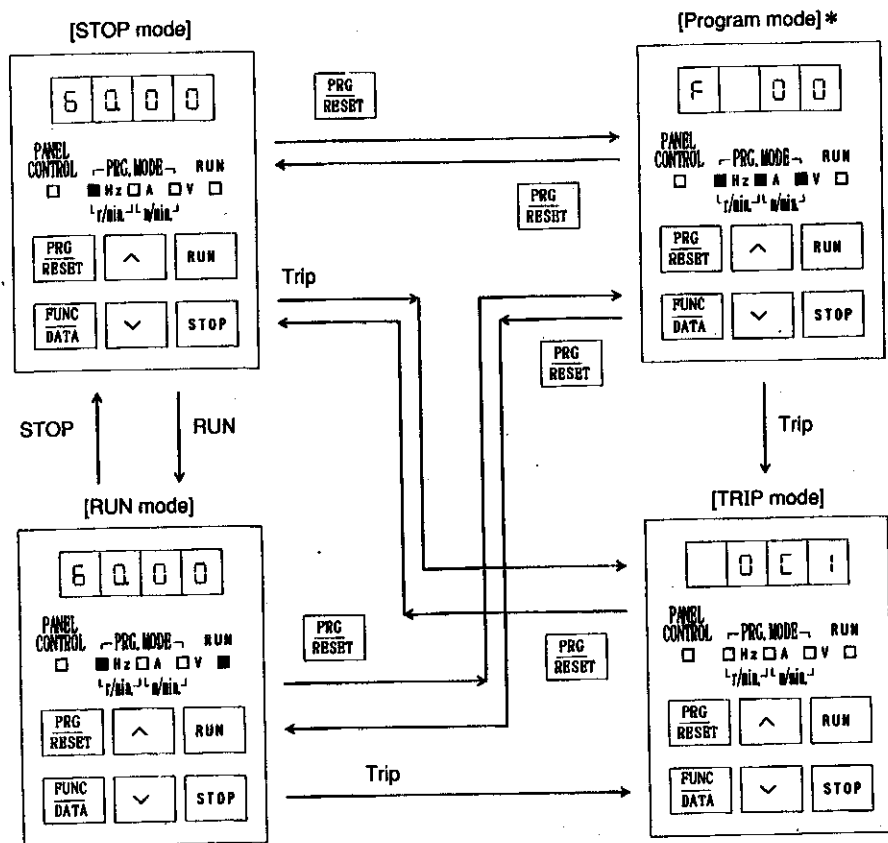
11-2. Keypad panel operation modes and displays

(1) Keypad panel operation modes

There are 5 operation modes as shown below. The mode can be changed with the keys on the keypad panel.

- ① Stop mode
- ② RUN mode
- ③ Program mode while stopped
- ④ Program mode while running
- ⑤ TRIP mode

Each mode can be changed as indicated below by means of the keys on the keypad panel or by a trip occurring



■ : Illuminates or flashes, □ : Off, PANEL CONTROL □ illuminates when in keypad panel mode.

Fig. 11-2-1 Keypad panel operation modes

- * There are two program modes: Program mode while stopped and program mode while running. In program mode while running, some data settings cannot be changed depending on the function code. Refer to "11-5. Description of functions" on page 35 for details. Checking of data can be carried out for all function codes, regardless of whether the Inverter is running or stopped.

(2) Keypad panel displays and key operations

The following tables show the displays and key operations in each keypad panel mode.

(a) Display pattern

Display	Mode	STOP mode	RUN mode	Program mode while stopped	Program mode while running	TRIP mode
 7 seg. L E D		Frequency setting, output current, output voltage, motor speed setting and line speed setting are displayed.	Output frequency, output current, output voltage, motor speed and line speed are displayed.	Function codes and data are displayed.	Function codes and data are displayed.	Cause of trip and trip history are displayed as code.
PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Frequency setting (Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Output frequency (Illuminates) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Output current (Illuminates) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	(Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	(Illuminated) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	(Off) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.
Unit display LED		Output current (Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Output voltage (Illuminates) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.			
■ : Illuminates or flashes		Output voltage (Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Motor speed (Illuminates) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.			
		Motor speed setting (Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.	Line speed (Illuminates) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.			
		Line speed setting (Flashes) PRG.MODE ☐ Hz ☐ A ☐ V ☐ r/min. ☐ L m/min.				

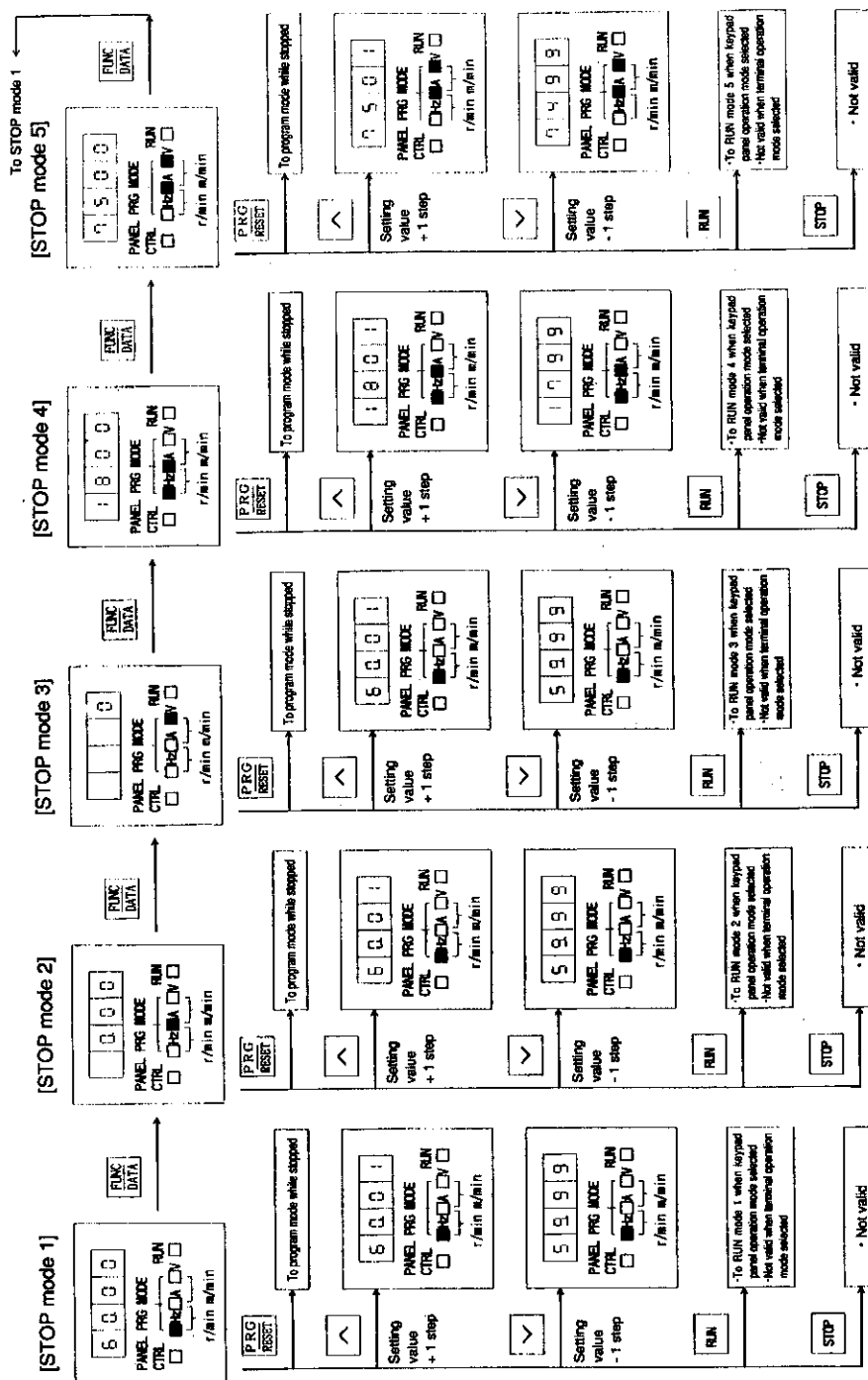
Display	Mode	STOP mode	RUN mode	Program mode while stopped	Program mode while running	TRIP mode
RUN □ RUN display		• Off	• Illuminated	• Off	• Illuminated	• Off
PANEL CONTROL □ Operation command selection		• Illuminates when keypad panel operation mode selected (F02: 0) • Off when terminal operation mode selected (F02: 1)	• Illuminates when keypad panel operation mode selected (F02: 0) • Off when terminal operation mode selected (F02: 1)	• Illuminates when keypad panel operation mode selected (F02: 0) • Off when terminal operation mode selected (F02: 1)	• Illuminates when keypad panel operation mode selected (F02: 0) • Off when terminal operation mode selected (F02: 1)	• Off

(b) Key operations

Display	Mode	STOP mode	RUN mode	Program mode while stopped	Program mode while running	TRIP mode
P R G RESET		• Switches to program mode		• Switches to STOP mode	• Switches to RUN mode	• Resets a trip
FUNC DATA		• Switches the contents of the 7 seg. LED monitor display		• Switches the function code/data display • Writes data		• Not valid
∧ ∨		• Changes the frequency setting, motor speed setting and line speed setting (F01: 0) • Displays the frequency setting (F01: 1)		• Changes the function code or data		• Switches the trip history
RUN		• Starts operation (F02: 0) • Not valid (F02: 1)	• Not valid	• Not valid	• Not valid	• Not valid
STOP		• Not valid	• Stops operation (F02: 0) • Not valid (F02: 1)	• Not valid	• Stops operation (F02: 0) • Not valid (F02: 1)	• Not valid

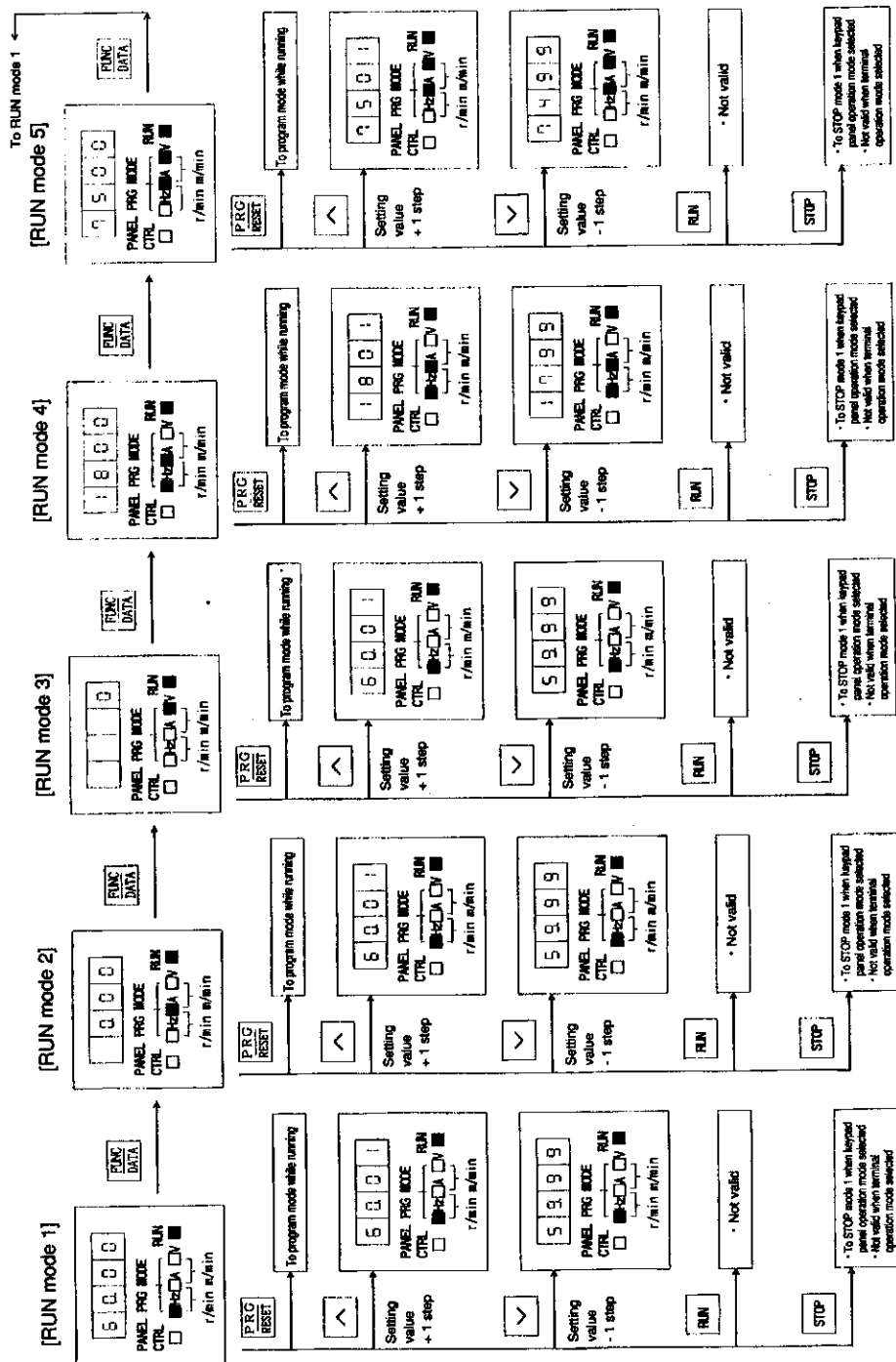
11-3. Explanation of keypad panel operation

(1) STOP mode



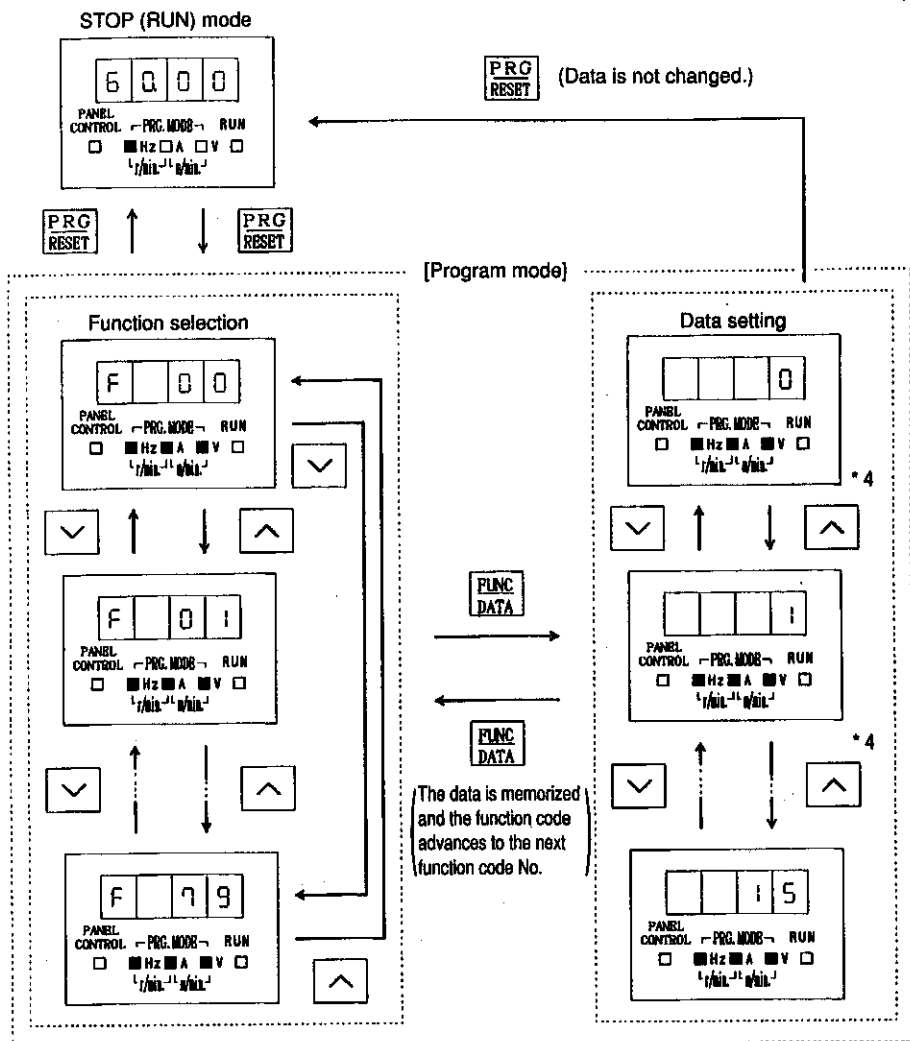
Note: The 7 seg. LED monitor display and unit display will illuminate.

(2) RUN mode



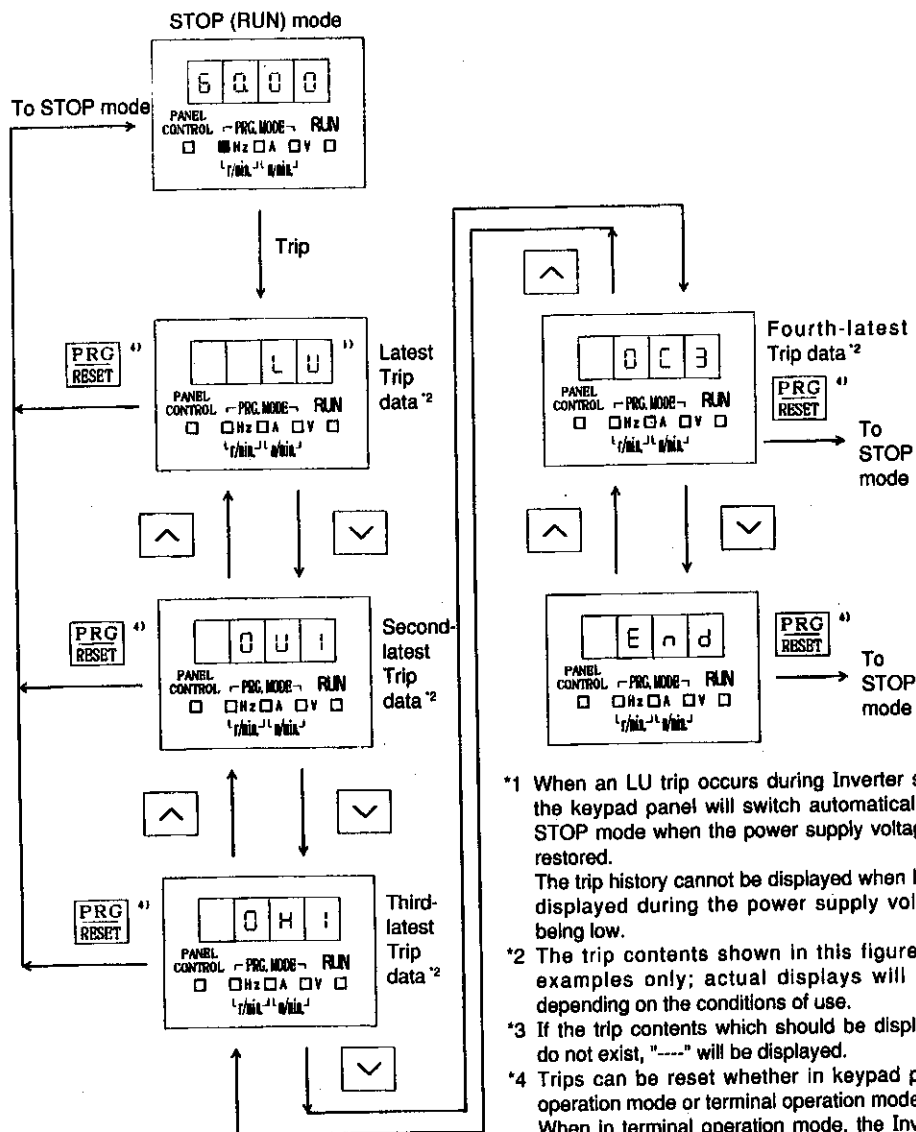
Note: The 7 seg. LED monitor display and unit display will flash.

(3) Program mode (when stopped or running)



- *1 To change the data for functions F00 and F39, simultaneously press the **STOP** key and either the **▲** or **▼** key.
- *2 If the data for F39 is set to 1 and the **FUNC DATA** key is then pressed, the data for each function will be initialized to the factory default values. After initialization is completed, the keypad panel will be switch to STOP mode.
- *3 The unit display will illuminate during program mode while running, and it will flash during program mode while stopped.
- *4 The data settings for some functions cannot be changed even if the **▲** or **▼** key is pressed. For details on the functions that cannot be changed during Inverter operation, refer to 11-4 and 11-5 Description of Functions.
- *5 It takes a fixed amount of time for data which has been set or changed to be written to the Internal memory of the Inverter. Wait for at least 3 seconds after setting or changing data before turning off the Inverter power.

(4) TRIP mode



*1 When an LU trip occurs during Inverter stop, the keypad panel will switch automatically to STOP mode when the power supply voltage is restored.

The trip history cannot be displayed when LU is displayed during the power supply voltage being low.

*2 The trip contents shown in this figure are examples only; actual displays will vary depending on the conditions of use.

*3 If the trip contents which should be displayed do not exist, "----" will be displayed.

*4 Trips can be reset whether in keypad panel operation mode or terminal operation mode. When in terminal operation mode, the Inverter will suddenly restart if the trip is reset while either FWD or REV is ON. Check that the operation signal is not being input before carrying out the reset.



WARNING

● If an alarm reset is carried out while a run signal is being input, the Inverter will suddenly restart. Always check that the run signal is not being input before carrying out the alarm reset, otherwise accidents may occur.

11-4. Function table

Function		Setting range	Minimum unit	Unit	Change during operation	Factory setting	Page
No.	Name						
0 0	Data protection	0 : Data changeable 1 : Change inhibited	—	—	×	0	35
0 1	Frequency setting	0 : Using Keypad panel Keys 1 : Using analog signal input	—	—	×	0 (1) ^s	
0 2	Operation method	0 : Using Keypad panel 1 : Terminal operation	0	—	×	0 (1) ^s	36
0 3	Maximum frequency	50 to 400	1	Hz	×	60 (50) ^j	
0 4	Base frequency 1	15 to 400	1	Hz	×	50	
0 5	Rated voltage (Max. output voltage)	0 : AVR function off 80 to 240/200V models	1	V	×	200 (220) ^j	37
		160 to 480/400V models	2			400 (380) ^j	
0 6	Acceleration time 1	0.00 to 3600	0.01 to 10	s	○	6.00	
0 7	Deceleration time 1					6.00	
0 8	Torque boost 1	0 : Automatic torque boost 1 to 31 : Manual torque boost	Code	—	○	0	38
0 9	FMA voltage adjustment	0 (Approx.6.5V) to 99 (Approx.10.3V)	1	—	○	85	
1 0	Motor poles	2 : 2 poles, 4 : 4 poles, 6 : 6 poles, 8 : 8 poles, 10 : 10 poles, 12 : 12 poles	—	—	○	4	
1 1	Speed display coefficient	0.01 to 200.0	0.01, 0.1	—	○	0.01	39
1 2	Motor operating sound adjustment (Carrier frequency)	0 to 15	1	kHz	○	15	
1 3	No. of retries	0 to 10	1	—	×	0	
1 4	Restart after momentary power failure (Operation selection)	0, 1 : Inactive, 2, 3 : Active	1	—	×	1	40
1 5	(Operation selection)	0 : Inactive 1 : Active (Standard motor) 2 : Active (Fuji FV motor)	1	—	×	1	
1 6	Electronic thermal overload relay 1 (Operating level)	0.01 to 99.9	0.01	A	×	Rated value of Fuji standard 4-pole motor	
1 7	DC brake (Operation selection)	0 : Inactive, 1 : Active	0.1	—	×	0	41
1 8	DC brake (Starting frequency)	0 to 60 (0.2Hz at 0 setting)	1	Hz	○	0	

()^s : without keypad panel model, ()^j : JE version

Function		Setting range	Minimum unit	Unit	Change during operation	Factory setting	Page
No.	Name						
1 9	DC brake (Braking level)	0 to 100	1	%	○	50	41
2 0	DC brake (Braking time)	0.00 to 30.0	0.01, 0.1	s	○	0.5	
2 1	Multistep frequency setting 1	0.00 to 99.99 100.0 to 400.0	0.01 0.1	Hz	○	10.00	43
2 2	Multistep frequency setting 2					20.00	
2 3	Multistep frequency setting 3					30.00	
2 4	Multistep frequency setting 4					40.00	
2 5	Multistep frequency setting 5					50.00	
2 6	Multistep frequency setting 6					60.00	
2 7	Multistep frequency setting 7					60.00	
2 8	S-curve acceleration/ deceleration (Operation selection)	0 : Inactive (linear acceleration/ deceleration) 1 : S-curve acceleration/ deceleration (weak) 2 : S-curve acceleration/ deceleration (strong)	0,1,2	—	×	0	44
2 9	Protection history	Last 4 protection operations are displayed in order	—	—	○	—	45
3 0	Starting frequency	0 to 15 (0.2Hz at 0 setting)	1	Hz	×	1	
3 1	(During acceleration/ deceleration)	0 : No limit	1	%	○	0	
3 2	Torque limit (At constant speed)	20 to 180 : Torque limit active				0	
3 3	Braking torque selection	0 : Low (no DB option) 1 : High (with DB option)	0.1	—	×	0	46
3 4	Bias frequency	—400 to 400	1	Hz	○	0	
3 5	Gain for frequency setting signal	0.00 to 250.0	0.01, 0.1	%	○	100.0	47
3 6	(High)	0 to 400	1	Hz	○	70	48
3 7	Frequency limiter (Low)					0	
3 8	Motor characteristics	0 to 10	1	—	○	5	
3 9	Data initialization	0 : Manual setting 1 : Initial values (factory defaults)	1	—	×	0	

Function		Setting range	Minimum unit	Unit	Change during operation	Factory setting	Page
No.	Name						
4 0	FMA,FMP terminals (Operation selection)	0 : Analog signal output from FMA terminal 1 : Pulse signal output from FMP terminal	—	—	×	0	49
4 1	FMA terminal (Function selection)	0 : Output frequency 1 : Output current 2 : Output torque 3 : Load factor	1	—	×	0	
4 2	FMP terminal (Pulse rate multiplier)	10 to 100	1	—	○	24	
4 3	X4 terminal function	0 : R T 1, 1 : X 4 2 : V F 2, 3 : H L D	1	—	×	0	50
4 4	Multistep frequency setting 8	0.00 to 99.99 100.0 to 400.0	0.01 0.1	Hz	○	0.00	
4 5	Multistep frequency setting 9					0.00	
4 6	Multistep frequency setting 10					0.00	
4 7	Multistep frequency setting 11					0.00	
4 8	Multistep frequency setting 12					0.00	
4 9	Multistep frequency setting 13					0.00	
5 0	Multistep frequency setting 14					0.00	
5 1	Multistep frequency setting 15					0.00	
5 2	Frequency setting signal filter	0.02 to 5.00	0.02	s	○	0.06	51
5 3	Timer	0 : Inactive, 0.01~3600(s)	0.01~10	s	×	0.00	
5 4	Y1 terminal (Function selection)	0 : Inverter running mode (RUN) 1 : Frequency level detection (FDT) 2 : Frequency equivalence signal (FAR) 3 : Undervoltage stop mode (LV) 4 : Torque limiting mode (TL) 5 : Auto-restart mode after momentary power loss (IP)	1	—	×	0	52

Function		Setting range	Minimum unit	Unit	Change during operation	Factory setting	Page
No.	Name						
5 5	Frequency level detection (FDT operation level)	0.00 to 400.0	0.01 0.1	Hz	○	0.00	52
5 6	Hysteresis width	0 to 30	1	Hz	○	0	53
5 7	THR terminal (Function selection)	0 : THR function 1 : Edit permit command	1	—	×	0	
5 8	Jump frequency (Hysteresis width)	0 to 30	1	Hz	○	3	54
5 9	Jump frequency 1	0 to 400	1	Hz	○	0	
6 0	Jump frequency 2					0	
6 1	Jump frequency 3					0	
6 2	Base frequency 2	15 to 400	1	Hz	×	50	55
6 3	Acceleration time 2	0.00 to 3600	0.01 to 10	s	○	10.0	
6 4	Deceleration time 2					10.0	
6 5	Torque boost 2	1 to 31 : Manual torque boost	1	—	○	13	
6 6	(Operation selection) Electronic thermal overload relay 2	0 : Inactive 1 : Active(Standard motor) 2 : Active(Fuji FV motor)	1	—	×	0	55
6 7	(Operating level)	0.01 to 99.9	0.01	A	×	Rated value of Fuji standard 4-pole motor	
6 8	Slip compensation	0 : Inactive, 0.1 to 5.0	0.1	Hz	○	0.0	56
6 9	Torque vector control	0 : Inactive, 1 : Active	—	—	×	0	
7 0	Motor capacity	0 : 1-frame up capacity 1 : Standard capacity 2 : 1-frame down capacity 3 : 2-frame down capacity	1	—	×	1	
7 1	Motor 1/rated current	0.01 to 99.9	0.01 0.1	A	×	Rated value of Fuji standard 4-pole motor	57
7 2	Motor 1/no-load current						
7 3	Motor 2/rated current						
7 4	Automatic tuning	0 : Inactive, 1 : Active	—	—	×	0	

Function		Setting range	Minimum unit	Unit	Change during operation	Factory setting	Page
No.	Name						
7 5	Motor 1 (%R1 setting)	0.00 to 50.00	0.01	%	×	Rated value of Fuji standard 4-pole motor	57
7 6	Motor 1 (%X setting)						58
7 7	(At constant speed) Torque limiter response	000 to 999	—	—	○	369	59
7 8	(During acceleration/ deceleration)					394	
7 9	Option selection	0 : No options 1 : DI, 2 : DI/0, 3 : RS	0~3	—	×	0	

Change during operation { ○ : Change possible
× : Change impossible

11-5. Description of functions

This indicates that the data for the function cannot be changed during operation.

Change during operation appears if the data can be changed.

Indicates the factory default setting.

F 0 0

Data protection

~~Change during operation~~

0=0

- This setting function protects the setting data from unnecessary changes as a result of errors in operation.

□ □ □ 0 : Data changeable

□ □ □ 1 : Change inhibited (data protection)

To change the setting data, simultaneously press the **STOP** key and either the **▲** or **▼** key.

F 0 1

Frequency setting

~~Change during operation~~

0=0 : standard, 1 : without keypad panel

- The frequency setting method can be selected from the following.

□ □ □ 0 : Using the keypad panel **▲** and **▼** keys

□ □ □ 1 : Using analog signal input

The setting will be the sum of the values at terminal 12 (DC 0 to 10V) and terminal C1 (DC 4 to 20mA).



- Because it is relatively easy to set the Inverter to high-speed operation, be sure to check the capacity of the motor and the equipment being operated before changing the Inverter function setting.

F 02**Operation method**~~Change during operation~~

☐ = 0 : standard, 1 : without keypad panel

- The input method for operation commands can be selected as follows.

☐☐☐0 : Operation command input using the keypad panel (RUN and stop commands using the **[RUN]** and **[STOP]** keys)

☐☐☐1 : Operation command input by means of external signal terminals (FWD, REV)

Operating mode	F 02	Panel Control LED
Keypad panel operation	☐☐☐0	Illuminated
Terminal operation	☐☐☐1	Off

NOTE

The data can be changed when the FWD and REV terminals on the terminal board are both OFF (while they are not being held in 3-wire operation).

The FWD and CM terminals are shorted with a shorting bar at the time of shipment. In this condition, the setting for function F02 cannot be changed. Remove the shorting bar while changing the setting.

F 03**Max. frequency**~~Change during operation~~

☐ = 60 Hz: standard, 50 Hz: JE version

- The maximum operation frequency can be set within the range 50~400Hz in steps of 1Hz.

**CAUTION**

- Because it is relatively easy to set the Inverter to high-speed operation, be sure to check the capacity of the motor and the equipment being operated before changing the Inverter function setting.

F 04**Base frequency 1**~~Change during operation~~

☐ = 50 Hz

- This sets the base frequency.
Exceeding this frequency, output voltage will be constant according to the setting value of Function F05.
The setting range is 15 to 400Hz in steps of 1Hz. It is normally set to the rated frequency of the motor.

NOTE

If the base frequency is greater than the maximum frequency, the output voltage will not rise to the rated voltage. Set so that the ratio between the base frequency and the maximum frequency is less than 1:8.

F 05

Rated voltage
(Max. output voltage)

Change during operation

=200V:200V models/400V:400V models / standard
220V:200V models/380V:400V models / JE

- This sets the maximum output voltage for the Inverter steps of 1V.
Data 0 : AVR function is off (output voltage is proportional to power supply voltage)
Other : The AVR function operates to control the maximum output voltage of the Inverter to the set voltage.

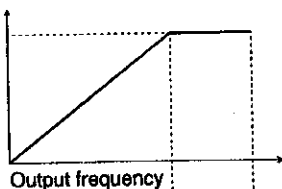
[setting range] 200V models: 80 to 240V

400V models: 160 to 480V

- ※ The output voltage cannot be higher than the voltage input from the power supply.

NOTE

V
Output voltage



Maximum
output voltage

F 05

f
Maximum
frequency

F 03

Base
frequency

F 04

F 06

Acceleration time 1

Change during operation =6.00s

F 07

Deceleration time 1

Change during operation =6.00s

- The time from start to maximum frequency (acceleration) and from maximum frequency to stop (deceleration) can be set within the range of 0.01 to 3600 seconds. Set values according to the load characteristics or GD².

Setting range	Setting step
0.00* to 9.99s	0.01s
10.0 to 99.9s	0.1s
100 to 999s	1s
1,000 to 3,600s	10s

* When set to 000, the time becomes 0.01 seconds.

NOTE

This function can be selected when F 43 is set to 0 or 2 and X4-CM is off, or when F 43 is set to 1 or 3.

F 08

Torque boost 1

Change during operation

P0 = 0

- You can switch between automatic torque boost and manual torque boost mode according to the type of load and the motor characteristics, and adjust the torque boost value in manual mode to one of 31 values.

0 : Torque boost is automatically controlled.

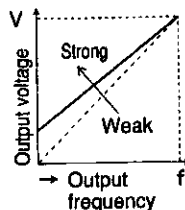
1 : Squared torque characteristics
(for fans and pumps)

2 : Proportional torque characteristics

3 : (Weak)

31 : (Strong)

Manual



※ Refer to "11-6-1 Description of torque boost" for details.

NOTE

If using a Fuji Inverter motor (FV motor), set to 0.

F 09

FMA (Analog monitor) voltage adjustment

Change during operation

P0 = 85

- This function adjusts the voltage level of the analog voltage signal from the FMA terminal.

0 : Approx. 6.5V

:

99 : Approx. 10.5V

The value can be adjusted to one of 100 settings within this range.

NOTE

This function is only active if F40 (FMA terminal output) is set to 0. If the contents for function F40 have been changed, readjustment is necessary. Select the type of signal output from the FMA terminal by means of function F41 (FMA terminal function selection).

F 10

Motor poles

Change during operation

P0 = 4

- This sets the number of poles of the motor being used for synchronized rotation speed display.

2 : 2 poles, 6 : 6 poles, 10 : 10 poles

4 : 4 poles, 8 : 8 poles, 12 : 12 poles

Example: If running a 4-pole motor at 60Hz, the display will be $120 \times 60 \div 4 = 1800$

F 1 1 1

Speed display coefficient

Change during operation

0.01

- This sets the display coefficient for displaying the line speed [m/min.]
 $\text{Display value [m/min.]} = \text{Output frequency [Hz]} \times \text{display coefficient}$

Display coefficient setting range	Setting step
0.01 to 9.99	0.01
10.0 to 200.0	0.1

F 1 1 2

Motor operating sound adjustment
(Carrier frequency)

Change during operation

15kHz

- This adjusts the carrier frequency of the Inverter within the range of 0.75~15kHz. The acoustic and electromagnetic noise generated by the motor can be reduced by adjusting the carrier frequency.
 If set to 0.75, the carrier frequency will be set to 0.75kHz.
 The adjustment from 1 to 15kHz can be carried out in 1kHz steps.

F 1 1 3

No. of retries

Change during operation

0

- This sets the number of times the Inverter automatically tries to restart after a trip caused by overcurrent within the range of 0 to 10 times.
 Retries are only carried out for trips which occur as a result of overcurrent.
 This does not operate for output grounding fault or short circuits.

**WARNING**

- If the retry function has been activated and a trip occurs, the Inverter will restart automatically depending on the cause of the trip.
 Make sure that the system is set up properly so that there will be no danger to personnel when the Inverter starts, otherwise accidents may occur.

F 14

Restart after momentary power failure
(Operation selection)

~~Change during operation~~

$\text{Pn} = 1$

- This sets the operation mode when a momentary power failure occurs and when power is restored.

[] [] [] 0 : Inactive (Does not restart and immediate LU trip)
 [] [] [] 1 : Inactive (Does not restart and LU trip after recovery)
 [] [] [] 2 : Active (Restarting at frequency at time of power failure)
 [] [] [] 3 : Active (Restarting at frequency = 0)

NOTE Of the inactive settings, [] [] [] 0 emphasizes protective function, and [] [] [] 1 emphasizes continuous operation. [] [] [] 3 is for loads with low moment of inertia.



WARNING

- If restarting (data 2 or 3) is selected for the restart after momentary power failure function, the Inverter will restart after power is restored.

F 15

Electronic thermal
overload relay 1
(Operation selection)

~~Change during operation~~ , $\text{Pn} = 1$

F 16

Electronic thermal
overload relay 1
(Operation level)

~~Change during operation~~ , $\text{Pn} =$ Rated value for
Fuji standard
4-pole motor

- This sets whether the electronic thermal overload relay (motor overload detection) for protecting the motor from overheating is active or inactive, what kind of motor is being used, and what the operation level is.

[Operation selection] [] [] [] 0 : Inactive
 [] [] [] 1 : Active (Standard motor)
 [] [] [] 2 : Active (Fuji FV motor)

[Operation level] This sets the operation level of the electronic thermal overload relay in terms of current [A]. The setting range is within 20 to 105% of the Inverter rating.

F 1.7
F 1.8
F 1.9
F 2.0

DC brake (Operation selection)
DC brake (Starting frequency)
DC brake (Braking level)
DC brake (Braking time)

Change during operation $\Rightarrow$ =0
Change during operation $\Rightarrow$ =0Hz
Change during operation $\Rightarrow$ =50%
Change during operation $\Rightarrow$ =0.5s

- This sets the whether the DC injection brake is active or inactive, and also sets the operating specifications.

[Operation selection] : This switches the DC brake operation to active or inactive.

☐ 0 : Inactive (Regenerative braking only)

☐ 1 : Active (DC braking after regenerative braking)

[Starting frequency] : This sets the frequency at which to start DC injection brake operation during deceleration.

[Braking level] : This sets the braking level (brake output) for the DC injection brake in terms of the DC current calculated from the rated Inverter current.

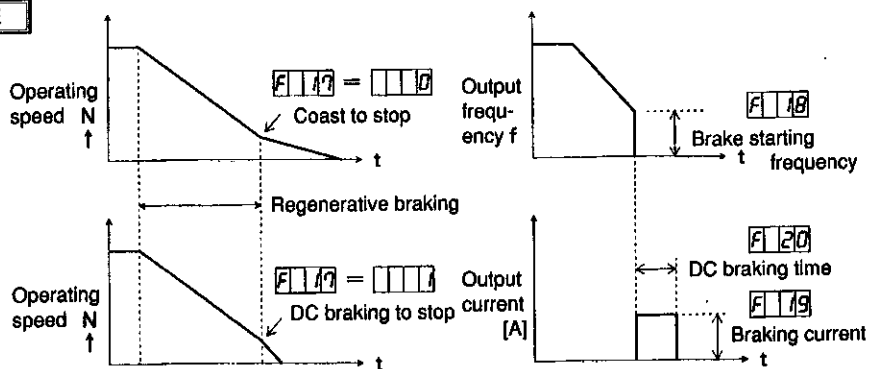
The braking force will vary depending on the characteristics of the motor.

[Braking time] : This sets the operation time for the DC injection brake.

	Setting range	Unit	Setting step
Starting frequency	0 ¹⁾ to 60	Hz	1Hz
Braking level	0 to 100	%	1%
Braking time	0.00 to 9.99	s	0.01
	10.0 to 30.0		0.1

¹⁾ If the data is set to "0", the frequency will be 0.2Hz.

NOTE



CAUTION

- The Inverter braking function cannot be substituted for mechanical means. Attempting to do so may result in injury.

F	2	1
F	2	2
F	2	3
F	2	4
F	2	5
F	2	6
F	2	7

Multistep frequency setting 1
Multistep frequency setting 2
Multistep frequency setting 3
Multistep frequency setting 4
Multistep frequency setting 5
Multistep frequency setting 6
Multistep frequency setting 7

Change during operation	☞ = 10.00Hz
Change during operation	☞ = 20.00Hz
Change during operation	☞ = 30.00Hz
Change during operation	☞ = 40.00Hz
Change during operation	☞ = 50.00Hz
Change during operation	☞ = 60.00Hz
Change during operation	☞ = 60.00Hz

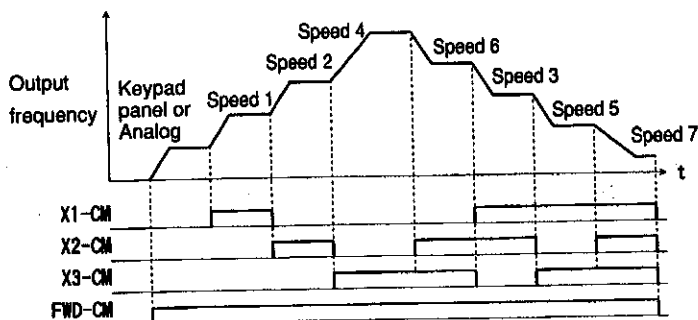
- This sets the frequencies for multistep frequency operation. The frequencies to set are selected as shown in the table below by setting control terminals X1, X2 and X3 to on.

[Relationship between terminals

and multistep frequencies 1 - 7]

● : ON

Function	0 1	2 1	2 2	2 3	2 4	2 5	2 6	2 7
Multistep frequency	Speed 0	Speed 1	Speed 2	Speed 3	Speed 4	Speed 5	Speed 6	Speed 7
X 1 - CM		●		●		●		●
X 2 - CM			●	●			●	●
X 3 - CM					●	●	●	●



- (1) Speed 0 (when X1-CM, X2-CM and X3-CM are all off) depends on the frequency setting method selected by means of function **F 0 1**.
In other words, the setting becomes digital (using the **△** and **▽** keys) or analog ([DC 0 to 10V] + [DC 4 to 20mA]).
- (2) The actual operation frequency is limited by the maximum frequency **F 0 3** and the frequency limiters **F 3 6** and **F 3 7**.

F 28

S-curve acceleration/deceleration
(Operation selection)

Change during operation

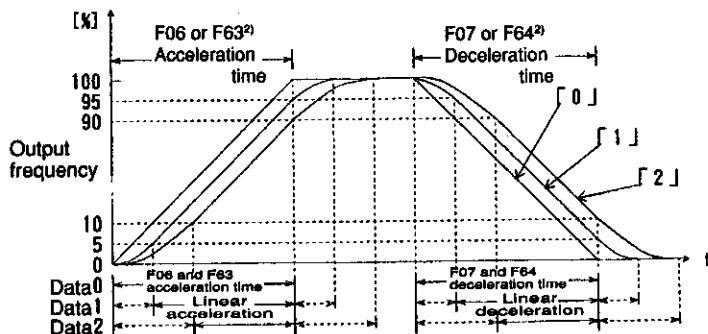
F 0 = 0

- This selects whether S-curve acceleration/deceleration is active or inactive, and which of the two S-curve acceleration/deceleration patterns is used.

□□□0 : Inactive ... linear acceleration and deceleration¹⁾

□□□1 : S-curve acceleration/deceleration (weak)

□□□2 : S-curve acceleration/deceleration (strong)



NOTE

- ① Shocks at the start and end of acceleration and deceleration can be softened by selecting a S-curve pattern.
- ② The maximum gradient in the output frequency when a S-curve pattern is selected is the same as for linear acceleration and deceleration time.
- ③ The actual acceleration and deceleration times when an S-curve pattern is selected is extended by 10% (when □□□1 is set) or 20% (when □□□2 is set) from the times set by F 06 and F 07 or by F 63²⁾ and F 64²⁾

¹⁾ Acceleration and deceleration are carried out at the uniform rate for the time specified by functions F 06 and F 07 or by F 63²⁾ and F 64²⁾

²⁾ Selected when the terminal X4 function is set so that F 43 = □□□0 and X4 (RT₁) is ON.

F 29

Protection history

Change during operation

= -

- The Last 4 protective operations are displayed in order when the ☐ key is pressed.

— Operation procedure —

	Procedure	Display example	Remarks
1	Call up F 29	F 29	
2	Press the ☐ key. ↓		
3	Press the ☐ key. ↓	000	Contents of the latest trip are displayed
4	Press the ☐ key. ↓	0H2	Contents of the second-latest trip are displayed
5	Press the ☐ key. ↓	0C1	Contents of the third-latest trip are displayed
6	Press the ☐ key. ↓	- - -	Contents of the fourth-latest trip are displayed
7	Press the ☐ key. ↓	End	This example shows there is no trip history for this.

※ New trip histories are stored in the "latest trip contents" data area, existing trip histories are moved down one in the order, and the old fourth-latest history is deleted.

F 30

Starting frequency

Change during operation

= 1 Hz

- This sets the starting frequency within the range of 0 to 15Hz in 1Hz steps.
If the data is set to 0, the frequency will be 0.2Hz.

F 31

Torque limit (During acceleration/deceleration)
Torque limit
(At constant speed)

Change during operation,

= 0 %

F 32

Change during operation,

= 0 %

- This sets the torque limit level during acceleration/deceleration and constant-speed operation in steps of 1%.

0 : No limit

20 : 20 %

:

180 : 180 %

Limit

※ Refer to "11-6-2 Description of torque limit" for details.



WARNING

- If the torque limit function has been selected, the Inverter may start running with differences in the acceleration/deceleration time and speed settings. Make sure that the system is set up properly so that there will be no danger to personnel when the Inverter starts, otherwise accidents may occur.

F 3 3

Braking torque selection

Change during operation

$\Delta = 0$

- This sets the limit level for braking torque in accordance with the brake being used.

□ □ 0 : Low (no DB option)

□ □ 1 : High (with DB option)

Always connect an external braking resistor.

※ Refer to "11-6-3 Description of braking torque selection" for details.

F 3 4

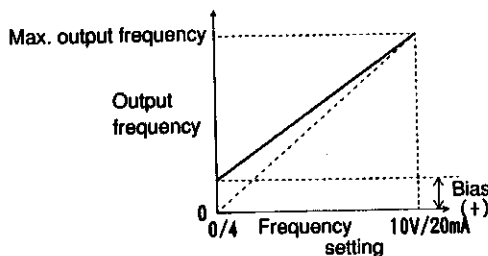
Bias frequency

Change during operation

$\Delta = 0 \text{ Hz}$

- This function adds the bias frequency to the analog setting frequency to produce the output frequency.

The setting range is between -400 to $+400\text{Hz}$ in steps of 1Hz .



※ The bias frequency is only active when the frequency setting function $F 0 1 = \square \square \square$



WARNING

- If the bias frequency has been set, the Inverter will operate when an operation command is given, even if the analog frequency is zero.

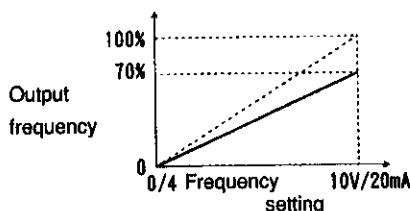
F 3.5

Gain for frequency
setting signal

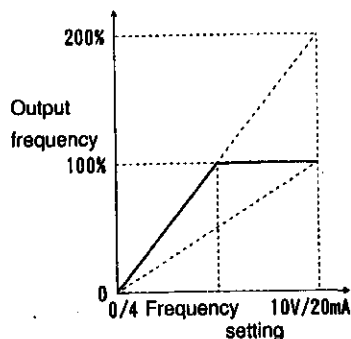
Change during operation

100.0%

- This sets the size (gradient) of the output frequency corresponding to the analog frequency setting as a percentage of the maximum frequency.



[Example: for 70% gain]



[Example: for 200% gain]

※ The gain setting is only active when $F 0.1 = \square \square \square$

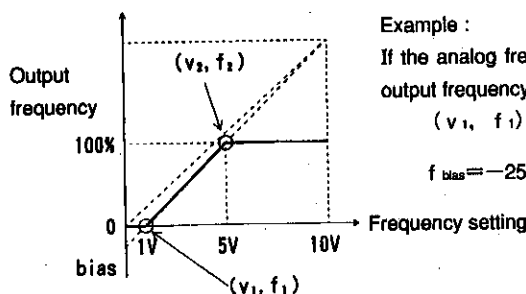
Explanation

If the bias frequency function (F34) and the gain for frequency setting signal function (F35) are used together, the gain for frequency setting signal has priority, and the bias is applied to the frequency with gain already applied.

The bias frequency f_{bias} and setting frequency gain at this time can be calculated by the following formulas.

$$f_{bias} = f_1 - \frac{f_1 - f_2}{V_1 - V_2} \times V_1$$

$$\text{Gain} = \frac{1000 \times (f_1 - f_2)}{100 \times (V_1 - V_2) + f_1 \times V_2 - f_2 \times V_1}$$



Example :

If the analog frequency setting voltage is 1 to DC 5V and the output frequency is weighted to 0 to 100%, then:

$$(v_1, f_1) = (1, 0), (v_2, f_2) = (5, 100) \text{ so that } \begin{matrix} [V] & [\%] \\ [V] & [\%] \end{matrix}$$

$$f_{bias} = -25\%, \text{ and Gain} = 200\%$$

F 3.6

Frequency limiter (High)

Change during operation

= 70Hz

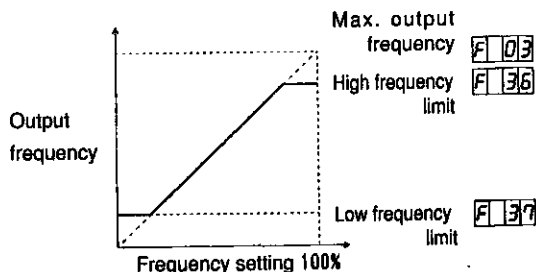
F 3.7

Frequency limiter (Low)

Change during operation

= 0Hz

- The high and low limits for the output frequency can be set within a range of 0 to 400Hz in steps of 1Hz.

**NOTE**

If the high and low limit settings are reversed, the high limit has priority and the low limit is ignored. In this case, operation covers the whole range with the high limit, regardless of the input signal.

F 3.8

Motor characteristics

Change during operation

= 5

- This adjusts the output current in cases where there is an irregularity such as current fluctuation. If a current fluctuation occurs, adjust the setting value while referring to the tables below.

No. of motor poles	Many ↔ 4 ↔ Few
Setting	0 1 0

Load	High ↔ Low
Setting	0 1 0

F 3.9

Data initialization

Change during operation

= 0

- This sets the setting data for all functions to the factory default settings.

□□□□ : Inactive (manual setting)

□□□□ : Initial values (Initialization with factory defaults)

- [Operation procedure]
- When □□□□ is being displayed, press the **STOP** + **^** keys simultaneously to change the display to □□□□.
 - In this condition, press the **FUNC DATA** key to reset all data to the factory default settings. The display will then automatically switch to show the frequency setting for STOP mode.

F 4 0

FMA, FMP terminals
(Operation selection)

Change during operation

= 0

- This switches the output destination for the external monitoring signal.

0 : Analog signals are output from the FMA terminal.
(The FMP terminal is not used.)

The type of analog signal output to the FMA terminal is selected by function

F 4 1.

1 : Pulse signals are output from the FMP terminal.
(The FMA terminal is not used.)

Frequency of pulse signal output to the FMP terminal is adjusted by function F 4 2.

F 4 1

FMA terminal
(Function selection)

Change during operation

= 0

- This sets the type of analog signal which is output to the FMA terminal.

0 : Output frequency $\text{Display } 100\% = \frac{\text{Output frequency}}{\text{Maximum frequency}} \times 100$

1 : Output current $\text{Display } 100\% = \frac{\text{Output current}}{\text{Rated inverter current} \times 2} \times 100$

2 : Output torque $\text{Display } 100\% = \frac{\text{Output torque}}{\text{Rated torque} \times 2} \times 100$

3 : Load factor $\text{Display } 100\% = \frac{\text{Inverter output}}{\text{Rated output} \times 2} \times 100 \quad (f > f_{\text{base}})$
 $= \frac{\text{Output torque}}{\text{Rated torque} \times 2} \times 100 \quad (f \leq f_{\text{base}})$

f : Output frequency, f_{base} : Base frequency

F 4 2

FMP terminal
(Pulse rate multiplier)

Change during operation

= 2 4

- This sets the pulse rate multiplier for the pulse signal frequency output to the FMP terminal with respect to the Inverter output frequency. The setting range is 1 to 100.

$\left[\begin{array}{c} \text{FMP terminal} \\ \text{pulse frequency} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Inverter output} \\ \text{frequency} \end{array} \right] \times [\text{Pulse rate multiplier}]$

※ Set so that the frequency output from the FMP terminal is 6kHz or lower.

F 4 3

X4 terminal function

Change during operation

$\Delta = 0$

- The function for the X4 input terminal can be selected from the following four options.
 - ☐ ☐ ☐ ☐ 0 : Functions as a command input terminal (RT1) for switching to acceleration/deceleration time 2.
The acceleration time 2 and deceleration time 2 are set by ☐ ☐ ☐ ☐ 63 and ☐ ☐ ☐ ☐ 64.
 - ☐ ☐ ☐ ☐ 1 : Functions as a No. 4 signal (X4) for multistep frequency operation command input.
When using as this function, operation is possible with a total of 16 frequencies.
Frequencies 8 to 15 are set by means of ☐ ☐ ☐ ☐ 44 to ☐ ☐ ☐ ☐ 51.
 - ☐ ☐ ☐ ☐ 2 : Functions as a command terminal (VF2) for switching to base frequency 2 when using the second motor, etc.
When base frequency 2 is selected, acceleration/deceleration time 2, torque boost 2 and electronic thermal overload relay 2 are selected simultaneously.
Base frequency 2 is set using function ☐ ☐ ☐ ☐ 62, acceleration/deceleration time 2 are set by function ☐ ☐ ☐ ☐ 63 and ☐ ☐ ☐ ☐ 64, torque boost 2 is set by function ☐ ☐ ☐ ☐ 65, and electronic thermal overload relay 2 is set by ☐ ☐ ☐ ☐ 66 and ☐ ☐ ☐ ☐ 67.
 - ☐ ☐ ☐ ☐ 3 : Functions as a hold signal (HLD) for operation commands during 3-wire operation.

F 4 4

Multistep frequency setting 8

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 4 5

Multistep frequency setting 9

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 4 6

Multistep frequency setting 10

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 4 7

Multistep frequency setting 11

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 4 8

Multistep frequency setting 12

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 4 9

Multistep frequency setting 13

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 5 0

Multistep frequency setting 14

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

F 5 1

Multistep frequency setting 15

Change during operation,

$\Delta = 0.00\text{Hz}$

- These set the 8 multistep frequencies from frequency 8 to frequency 15 within the range of 0 to 400Hz.
The setting step is the same as for functions F21 ~ F27.

[Relationship between terminals and multistep frequencies 8 ~ 15] ● : ON

Function	4 4	4 5	4 6	4 7	4 8	4 9	5 0	5 1
Multistep frequency	Speed 8	Speed 9	Speed 10	Speed 11	Speed 12	Speed 13	Speed 14	Speed 15
X 1 — CM		●		●		●		●
X 2 — CM			●	●			●	●
X 3 — CM					●	●	●	●
X 4 — CM	●	●	●	●	●	●	●	●

These functions are only active when **F 4 3** has been set to **1 1 1** (X4).

F 5 2

Frequency setting filter

Change during operation

$t_{\text{F}} = 0.06 \text{ s}$

- This sets the time constant for the input filter in order to reduce the effects of noise included in the analog setting signal (voltage and current input). Settings can be made in steps of 0.02 second.
If the time constant is set too long, the response to analog commands will become poor.

F 5 3

Timer

Change during operation

$t_{\text{S}} = 0.00 \text{ s}$

- This sets whether the timer is active or inactive, and also sets the time from the start of operation until operation automatically stops (when the timer is active).

0 0 0 : Inactive (normal operation)

0 0 1 : Active (0.01 second)

3 6 0 0 : Active (3,600 seconds)

Setting range	Setting step	Unit
0.00 to 9.99	0.01	second (s)
10.0 to 99.9	0.1	
100 to 999	1	
1000 to 3600	10	

F 5 4

Y1 terminal
(Function selection)

Change during operation

0 = 0

- This selects the output signal for the Y1 terminal from the following 6 types.
 - 0 : Inverter running state (RUN)
This is OFF during direct current braking.
 - 1 : Frequency level detection (FDT)
Y1-CM is ON when the frequency detected is identical to the frequency set by function F 5 5.
The hysteresis is set by function F 5 6.
 - 2 : Frequency equivalence signal (FAR)
Y1-CM is ON when the frequency reaches the frequency set by the keypad panel, analog input, multistep frequency setting, etc.
The hysteresis is set by function F 5 6.
 - 3 : Undervoltage stop mode (LV)
 - 4 : Torque limiting mode (TL)
 - 5 : Auto-restart mode after momentary power failure (IP)

F 5 5

Frequency level detection
(FDT operation level)

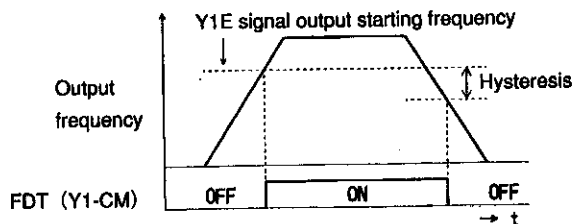
Change during operation

0.00Hz

- This sets the operation level for FDT signal (frequency detection signal) output within the range of 0.00~400.0Hz.

[Setting resolution]

Setting range	Setting step	Unit
0.00 to 99.99	0.01	Hz
100.0 to 400.0	0.1	



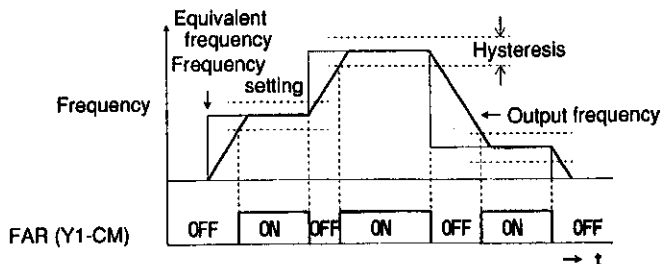
F 5 6

Hysteresis width

Change during operation

 $\Delta f = 0 \text{ Hz}$

- This sets the hysteresis for the frequency detection signal (FDT) and frequency equivalence signal (FAR) within the range of 0~30Hz.
For the frequency equivalence signal (FAR), the equivalent frequency is in the middle of the hysteresis width.



F 5 7

THR terminal (Function selection)

~~Change during operation~~ $\Delta f = 0$

- This sets the function for the THR input terminal.

□ □ □ 0

: Used for THR functions (Trip command functions)

□ □ □ 1

: Used for edit permit commands

[THR-CM off: Function data cannot be changed

[THR-CM on : Function data can be changed¹⁾

- ¹⁾ The relationship between this function and function F 0 0 (Data protection) is shown in the table below.

F57: Edit permit command	F00: Data protection	Data changing possible
OFF	□ □ □ 0	No
OFF	□ □ □ 1	No
ON	□ □ □ 0	Yes
ON	□ □ □ 1	No

F 5 8

F 5 9

F 6 0

F 6 1

Jump frequency (Hysteresis)

Jump frequency 1

Jump frequency 2

Jump frequency 3

Change during operation

= 3Hz

Change during operation

= 0Hz

Change during operation

= 0Hz

Change during operation

= 0Hz

- This sets the three midpoints and the hysteresis for the jump frequencies which are used to prevent vibration from occurring at certain frequencies due to mechanical resonance between the load and the motor.

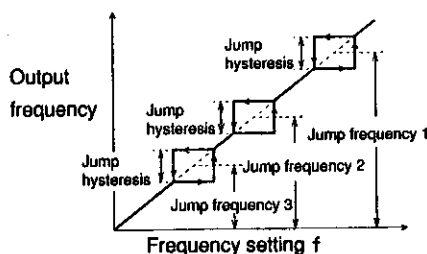
[Jump frequency hysteresis]... The hysteresis for the frequencies to be jumped can be set in steps of 1Hz.

[Jump frequency 1]

[Jump frequency 2]

[Jump frequency 3]

The midpoints for the frequencies to be jumped can be set in steps of 1Hz. ¹⁾²⁾



¹⁾ Even if jump frequencies have been set, they will be omitted during acceleration and deceleration.

²⁾ If a jump frequency is set to zero, the jump function becomes inactive.

F 6 2

Base frequency 2

~~Change during operation~~

= 50 Hz

- This sets base frequency 2 to within the range of 15 to 400Hz in steps of 1Hz. It is used when the terminal X4 has been set to function as a command terminal for switching to base frequency 2 (F 4 3 = 0 0 2).

NOTE

If the base frequency is greater than the maximum frequency, the output voltage will not rise to the rated voltage.

Set so that the ratio between the base frequency and the maximum frequency is less than 1:8.

F 6.3

Acceleration time 2

Change during operation,

= 10.0 s

F 6.4

Deceleration time 2

Change during operation,

= 10.0 s

- This sets the acceleration time 2 and deceleration time 2 when terminal X4 has been set to function as a command input terminal for switching to acceleration/deceleration time 2 (RT1: F 4.3 = 0) or to base frequency 2 (VF2: F 4.3 = 2). Setting details are the same as for function F 0.6 and F 0.7.

F 6.5

Torque boost 2

Change during operation

= 1 3

- This sets the torque boost 2 to one of 31 patterns 1) when terminal X4 has been set to function as a command input terminal for switching to base frequency 2 (VF2: F 4.3 = 2).

Setting details are the same as for function F 0.8.

1) For manual torque boost only; no pattern can be selected for automatic torque boost.

※ Refer to "11-6-1 Description of torque boost" for details.

F 6.6

Electronic thermal

overload relay 2

(Operation selection)

Electronic thermal

overload relay 2

(Operation level)

Change during operation, = 0

Change during operation, = Rated value for
Fuji standard
4-pole motor

- When terminal X4 has been set to function as a command input terminal for switching to base frequency 2 (VF2: F 4.3 = 2), this sets whether the electronic thermal overload relay 2 (motor overload detection) for the second motor is active or inactive, and also sets the operation pattern and the operation level.

Setting details are the same as for function F 1.5 and F 1.6.

NOTE

Base frequency 2, torque boost 2 and electronic thermal overload relay 2 are only active when the X4 terminal function has been set to VF2 (F 4.3 = 2) and X4-CM is ON (close).

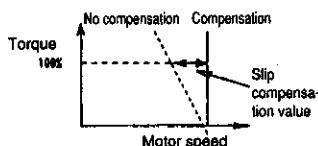
F 68

Slip compensation

Change during operation

 $\Delta f = 0.0\text{Hz}$

- Slip compensation (F68) is a function which provides compensation for slippages which occur as a result of the motor load torque in order to control fluctuations in motor speed. (See the graph at right.)



Slip compensation occurs as follows in accordance with the setting for this function.

F68 setting (slip compensation)	Slip compensation operation
0 . 0	Inactive
Other than 0.0	Compensates in accordance with the slip compensation value which has been set. Obtain the setting value by using the following equation. $\text{Slip compensation value} = \frac{(N_{B0} - N_{B1})}{N_{B0}} \times f_B$ f_B : Base frequency 1 (F 0 4) N_{B0} : Synchronized motor speed at base frequency N_{B1} : Motor speed under 100% load at base frequency (value on motor rating plate)

F 69

Torque vector control

Change during operation

 $\Delta f = 0$

- This selects whether torque vector control is active or not.

0 : Torque vector control inactive

1 : Torque vector control active

※ Refer to "11-6-4 Description of torque vector control" for details.

F 70

Motor 1 capacity

Change during operation

 $\Delta f = 1$

- This set the capacity of the motor which is connected to the Inverter.

0 : 1-frame up capacity for standard applied motor

1 : Standard capacity for standard applied motor

2 : 1-frame down capacity for standard applied motor

3 : 2-frame down capacity for standard applied motor

F 7.1

F 7.2

Motor 1/rated current

Motor 1/no-load current

~~Change during operation~~~~Change during operation~~

=

=

Rated value for Fuji
standard 4-pole motor

- These set the rated current [A] and no-load current [A] for the motor which is connected to the Inverter.

Explanation

The primary resistance (R_1) and leakage reactance (X_1) are automatically rewritten with the rated value of the Fuji standard when motor capacity (F 7.0), motor 1/rated current (F 7.1) and motor 1/no-load current (F 7.2) are set.

F 7.3

Motor 2/rated current

~~Change during operation~~

= Rated value for Fuji standard 4-pole motor

- This sets the rated current [A] for the second motor which is selected when base frequency 2 (F 6.2) is active.

F 7.4

Automatic tuning

~~Change during operation~~

= 0

- This function is used to automatically tune the primary resistance (R_1) and leakage reactance (X_1) of the motor in order to perform the Torque Vector control.

□ □ □ 0

: Inactive

□ □ □ 1

: Automatic tuning

※ Refer to "11-6-5 Description of automatic tuning procedure" for details.

F 7.5

Motor 1 (% R_1 setting)~~Change during operation~~

= Rated value for Fuji standard 4-pole motor

- This function displays the primary resistance R_1 of the motor in terms of percentage, and manually sets its value.

The data can be overwritten and changed automatically by automatic tuning using function F 7.4, or by setting the motor capacity, rated current and no-load current using functions F 7.0 to F 7.2.

Calculation formula for % R_1

$$\%R_1 = \frac{R_1 + \text{cable } R}{V / (\sqrt{3} \cdot I)} \times 100 [\%]$$

 R_1 : cable R : Ω
 V : Rated voltage of motor

 I : Rated current of motor

 $1)$: Value calculated for star connection

F 76

Motor 1 (%XI setting)

Change during operation

= Rated value for Fuji standard 4-pole motor

- This function displays the leakage reactance XI of the motor in terms of percentage, and manually sets its value.

The data can be overwritten and changed automatically by automatic tuning using function F 74, or by setting the motor capacity, rated current and no-load current using functions F 70 to F 73.

Calculation formula for %XI

$$\%XI = \frac{X1 + X2 \cdot X_m / (X2 + X_m) + \text{Cable X}}{V / (\sqrt{3} \cdot I)} \times 100 [\%]$$

$X1^{1)}$: Primary inductance of motor 1[Ω]

$X2^{1)}$: Secondary inductance of motor 1[Ω]

$X_m^{1)}$: Mutual inductance of motor 1[Ω]

Cable X : [Ω]

V : Rated voltage of motor

I : Rated current of motor

¹⁾ : Value calculated for star connection

**WARNING**

- %R1 and %XI should be set to values which are appropriate for the motor being used. The motor may not operate correctly if these values are not set correctly, which could result in accidents.

F 7.7

F 7.8

Torque limiter response
(At constant speed)Torque limiter response (During
acceleration/deceleration)Change during operation , $\text{dF} = 3\ 6\ 9$ Change during operation , $\text{dF} = 3\ 9\ 4$

- These functions set the response of the torque limiter functions during constant speed operation and during acceleration and deceleration.

000 ~ 999
P I P I

	I (Quick)	(Slow)
P	0 0 . . .	9 9
0 (Low)		
.		
.		
9 (High)		

F 7.9

Option selection

~~Change during operation~~ $\text{dF} = 0$

- This function sets whether an option is being used or not, and also what type of option is being used if any.

0 : No options

1 : DI option card used

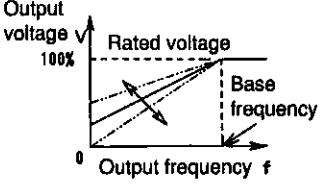
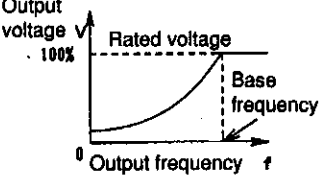
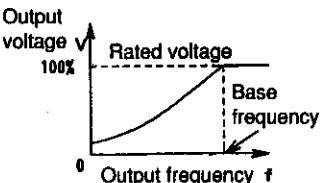
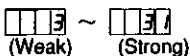
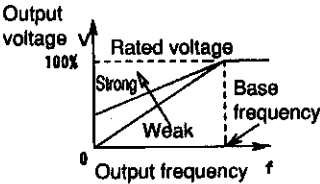
2 : DI/O option card used

3 : RS option card used

- ※ For details on setting specifications methods when using an option card, refer to the instruction manual which is supplied with the option card.

11-6-1. Description of torque boost

Torque boost is a function which boosts the torque which drops during low-speed operation by compensating for insufficient magnetic flux (torque) in the motor which occurs when the voltage drops in the low-frequency range.

Torque boost classification	Torque boost setting details	Output voltage/output frequency characteristics
Automatic torque boost (*1~*5)	 : Automatic torque boost Automatically adjusts the torque boost value for constant torque loads which change in a linear fashion.	
Manual torque boost	 : Squared torque characteristics (for fan pump loads)	
	 : Proportional torque characteristics (for intermediate loads between squared reduction torque and constant torque)	
	 : Constant torque characteristics	

- *1: If using this setting, be sure to set F70, F71, F72, F75 and F76 correctly.
- *2: Cannot be selected if F65 is set to "Torque boost 2".
- *3: Automatic torque boost cannot be used if more than one motor is being used.
Use manual torque boost.
- *4: It may not be possible to obtain the full level of performance when using special motors such as high-speed motors. In such cases, use manual torque boost.
- *5: Refer to "Conditions for use of torque vector control and automatic torque boost" in "11-6-4. Description of torque vector control" for details of the conditions for using automatic torque boost.



● If the torque boost value becomes too large when constant torque characteristics have been set, overexcitation will occur. If operation continues in this state, it will cause the motor to overheat. Make the settings correctly in accordance with the characteristics of the motor being used.

11-6-4. Description of torque vector control

Caution when using torque vector control

When torque vector control is set to operate ($F 69 = \square\square\square\square$), it operates as follows.

Function name	Function setting	Operation during torque vector control
Rate voltage value (F05)	$F 05 = \square\square\square\square$: AVR function is OFF	The AVR function will be activated at the following settings. • When 200V series is set to 200V • When 400V series is set to 400V
	Other than $F 05 = \square\square\square\square$: AVR function is ON	The AVR function will be activated at the F05 setting value.
Torque boost 1 (F08) *1	$F 08$ All data	Operates in automatic torque boost mode.
Slip compensation not operating (F68)*2	$F 68 = \square\square\square\square$: Slip compensation not operating	Slip compensation will operate at the value for Fuji standard 4P motor.
	Other than $F 68 = \square\square\square\square$	Slip compensation will operate at the value of F68.

● Supplementary description

*1) When using a VF2, torque vector control will not operate even when $F 69 = \square\square\square\square$.

*2) If using a motor other than Fuji standard 4P motor or if manual slip compensation has been set, the slip compensation setting should be $F 68 = \square\square\square\square$ to $\square\square\square\square$.

Conditions for use of torque vector control and automatic torque boost

If any one of the conditions from ① to ④ cannot be satisfied, set torque vector control so that it does not operate $F 69 = \square\square\square\square$, and set manual torque boost $F 08 = \square\square\square\square$ to $\square\square\square\square$.

① Data for motor 1 (F70, F71, F72, F75, F76) should be set correctly.

Function code	Factory setting value
F70: Motor capacity	1
F71: Motor 1/Rated current	Rated value of Fuji standard 4P motor
F72: Motor 1/No-load current	
F75: Motor 1/%R1 setting	
F76: Motor 1/%X1 setting	

The data which has been set manually and the data which has been set automatically will be displayed as follows for each usage condition.

No.	Usage condition	Data entered manually	Data set automatically
1	When Fuji standard 4P motor is used	F 7 0	F71, F72, F75, F76
2	When a motor other than No. 1 is used	After entering in the order F70, F71 and F72, automatic tuning using F74.	F75, F76
3	If a reactor is connected between the inverter and the motor		

② The motor rated current should not be less than the inverter rated current.

The appropriate range to be set using F70 (Motor capacity) should be two frames less than the inverter capacity.

③ There should be one motor for each inverter.

If more than two motor is connected to an inverter, torque vector control will not operate correctly.

④ The cable length between the inverter and the motor should not exceed 50m.

If the cable is too long, the leakage current which flows via the static capacity to ground will affect control and tend to prevent control from being carried out correctly. Furthermore, control may not be carried out correctly even when an output circuit filter (OFL) is used.

11-6-5. Description of automatic tuning procedure

Automatic tuning is a function which automatically detects the motor's primary resistance %R1 (F75) and leakage reactance %X1 (F76).

Use automatic tuning if any one of the following three conditions can be met.

- ① A motor other than Fuji standard 4P motor is being used, and %R1 and %X1 cannot be ascertained
- ② The cable between the inverter and the motor is very long
- ③ A reactor has been connected between the inverter and the motor

Automatic tuning procedure

1. Connect the inverter and the motor according to the proper connection procedure.
2. Enter the appropriate data for the following functions in accordance with the characteristics of the motor being used.

Function code	Name	Setting range	Maximum frequency
F 0 3	Maximum frequency	50~400	60
F 0 4	Base frequency 1	15~400	50
F 0 5	Rated voltage (Maximum output voltage)	80~240 (200V series)	200
		160~480 (400V series)	400
F 7 0 ^{*)}	Motor capacity	0~3	1
F 7 1 ^{*)}	Motor 1/Rated current	0.01~9.99	Rated value of Fuji standard 4P motor
F 7 2 ^{*)}	Motor 1/No-load current	0.01~99.9	

^{*)} Be sure to enter in the order F70 → F71 → F72.

3. After checking that the inverter is stopped, carry out tuning by following steps 3-1 to 3-4 below.

3-1. Set automatic tuning to operate (**F 7 7** = **0 0 0**).

3-2. Press the **FUNC DATA** key to start automatic tuning.

3-3. The digital monitor on the keypad panel will show as follows during automatic tuning and immediately before and after tuning.

Automatic tuning condition	Digital monitor on keypad panel
Before tuning	0 0 0 illuminates
During tuning	0 0 0 flashes (for approx. 10 seconds)
After tuning	F 7 5 illuminates

- 3-4. The results of tuning can be checked using F75: %R1 and F76: %X1.

NOTE

- (i) Depending on the setting for **F 0 2**, emergency stopping may be caused by certain operations which are carried out during automatic tuning.
(**E F 7** will be displayed in the digital monitor on the keypad panel.)

F 0 2 setting	Operation which causes E F 7 display
Keypad panel operation : F 0 2 = 0 0 0	• STOP key is pressed
	• BX-CM terminals are closed (ON)
Terminal operation : F 0 2 = 0 0 1	• STOP key is pressed
	• BX-CM terminals are closed (ON)
	• FWD-CM terminals are closed (ON)
	• REV-CM terminals are closed (ON)

- (ii) If multiple motors are connected to a single inverter, or if an output circuit filter (OFL) is being used, automatic tuning calculations will not be carried out correctly. In such cases, set manual torque boost (**F 0 8** = **0 0 1** to **0 0 3**).

12. Maintenance and Inspection

In order to achieve long periods of trouble-free operation and to prevent future problems, the following items should be inspected at least once between the indicated interval.

12-1. Daily Inspection

During operation and/or power up, check the operation of the Inverter visually without removing any covers to confirm that there are no abnormalities. The following points should always be checked.

- ① Check that the expected level of performance is being obtained (that performance meets specifications).
- ② Check that the ambient conditions satisfy the specifications.
- ③ Check that the keypad displays are normal.
- ④ Check that there are no abnormal noises, vibrations or odors.
- ⑤ Check that there are no signs of overheating or discoloration.

12-2. Periodic Inspection

Before carrying out periodic inspections, stop the Inverter, disconnect it completely from the power supply and then take off the front cover of the Inverter.

The smoothing capacitor will still be charged even after the power supply is turned off, and it takes some time for it to fully discharge. To avoid any danger, wait until the charge lamp has been extinguished, and then use a circuit tester to check that the voltage has dropped to a safe level (DC 25V or lower) before touching the power supply circuit.

Inspection should be carried out according to the items given in the periodic inspection list in Table 12-2-1.



WARNING

- Wait at least five minutes after turning off the power before carrying out inspection. Check that the charge indication lamp has gone out, and also check that the DC voltage between the P and N terminals is less than 25V.
- Maintenance, inspection and part replacement should only be carried out by suitably qualified personnel.
Remove any metallic accessories such as watches and rings before starting work, and use only properly insulated tools, otherwise electric shocks may result.
- Do not carry out any modifications to the Inverter.
Doing so may result in electric shocks and injury.

12-3. Measuring main circuit power

The Inverter input/output voltage and current contain high harmonic components which may cause display errors with some measuring equipment. Because of this, if using a commercially-available measuring equipment, make sure that it is the type shown in Table 12-3-1.

Commercially-available power factor meters which measure the phase differences between voltages and currents cannot be used for measuring the power factor of the Inverter.

If power factor measurement is necessary, measure the power, voltage and current at both the input and output sides, and use them to calculate the power factor from the following formula.

① Three-phase

$$\text{Power factor} = \frac{\text{Electric power [W]}}{\sqrt{3} \times \text{Voltage [V]} \times \text{Current [A]}} \times 100 [\%]$$

② Single-phase

$$\text{Power factor} = \frac{\text{Electric power [W]}}{\text{Voltage [V]} \times \text{Current [A]}} \times 100 [\%]$$

12-4. Megger test

Insulation tests are carried out before shipment from the factory, so megger tests should be avoided if possible. If it is absolutely necessary to carry out a megger test, use the following procedure. Be careful not to make any mistake when carrying out this procedure, as damage to the Inverter may result.

In the same way as for megger tests, the Inverter may become damaged if withstand voltage tests are carried out incorrectly. If a withstand voltage test is necessary, contact the place of purchase or your nearest Fuji Electric office.

Table 12-2-1 Periodic inspection list

Inspection point	Inspection item	Inspection method	Judgement standard
Ambient conditions	1)Check the ambient temperature, humidity, vibration and atmosphere (presence or absence of dust, gas, oil mists, dripping water, etc.). 2)Check that no tools or other potentially hazardous objects are placed nearby.	1)Check visually and with testing equipment. 2)Check visually.	1)Should satisfy standard specifications. 2)Should not be present.
Voltage	Check that the main circuit and control circuit voltages are normal.	Measure with a circuit tester.	Should satisfy standard specifications.
Keypad panel	1)Check that display is clearly visible. 2)Check that no characters are missing.	1),2)Check visually.	1),2)There should be no problem when reading the display.
Structural parts such as frame and covers	1)Check for abnormal noise and vibration. 2)Check for looseness in bolts. 3)Check for damage and deformation. 4)Check for discoloration due to overheating or deterioration. 5)Check if the unit is dusty or dirty.	1)Check visually and aurally. 2)Tighten. 3),4),5) Check visually.	1),2),3),4),5) There should be no abnormality.
Main circuit	Common	1)Tighten. 2),3)Check visually.	1),2),3)There should be no abnormality.
	Conductors & wiring	1),2)Check visually.	1),2)There should be no abnormality.
	Terminal circuit board	Check visually.	There should be no abnormality
	Smoothing capacitor	1),2)Check visually. 3)Measure using a capacitance level meter. **	1),2)There should be no abnormality. 3)Capacitance $\geq$ rated value $\times 0.85$
	Resistors	1)Check for any abnormal odors or cracked insulation due to overheating. 2)Check for broken wires.	1)There should be no abnormality. 2)Should be within $\pm 10\%$ of marked resistance.
	Transistors and reactors	Check visually, aurally and by smelling.	There should be no abnormality.
	Magnetic contacts and relays	1)Check aurally. 2)Check visually.	1),2)There should be no abnormality.

Inspection point	Inspection item	Inspection method	Judgement standard
Control circuit	Control circuit board & connectors	1)Tighten. 2)Check visually and by smell. 3),4)Check visually.	1),2),3),4)There should be no abnormality.
	Cooling fans	1)Turn by hand (always with the power off) and check visually and aurally. 2)Tighten. 3)Check visually.	1),2),3)There should be no abnormality.
Cooling system	Cooling fans	1)Check for abnormal noise and vibration. 2)Check for looseness of bolts. 3)Check for discoloration due to overheating.	
	Cooling ports	Check for any blockages or foreign materials at the cooling fans or in the inlet and outlet ports.	There should be no abnormality.

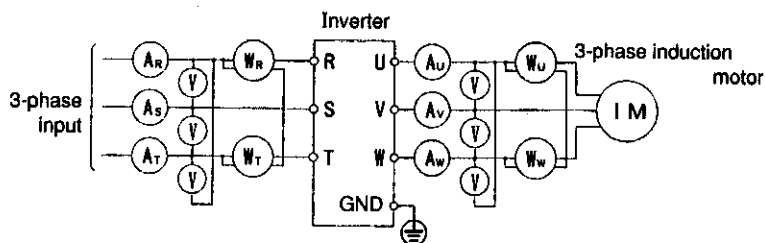
*1 There are several easy-to-use capacitance meters generally available which can be used.

NOTE : If any parts are dirty, use a cloth and a chemically neutral detergent to wipe them clean.

Remove any dust with an electric vacuum cleaner.

Furthermore, the power should always be turned off before cleaning, in the same way as when carrying out periodic inspections. (Refer to "12-2. Periodic inspection" on page 64.)

[For 3-phase input series]



[For single-phase input series]

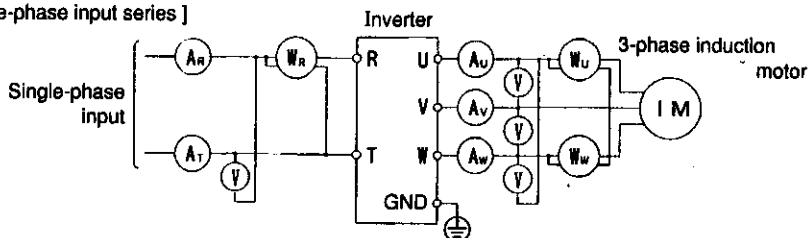


Fig. 12-3-1 Examples of main circuit measurement

Table 12-3-1 Meter for measuring the main circuit

Item	Input (power supply) side			Output (motor) side			DC circuit (P(+), N(-) FM, 11) Terminal section
	Voltage waveform 	Current waveform 		Voltage waveform 	Current waveform 		
Meter name	Ammeter A _{R,S,T}	Voltmeter V _{R,S,T}	Wattmeter W _{R,T}	Ammeter A _{U,V,W}	Voltmeter V _{U,V,W}	Wattmeter W _{U,W}	DC voltmeter V
Meter type	Moving- iron type	Rectifier or moving-iron type	Power meter	Moving-iron type	Rectifier type (*1)	Power meter	Moving- coil type
Symbol			—			—	

(*1) When measuring the output voltage by rectifier type meter, an error may occur. Use a digital AC power meter for good accuracy.

(1) Main circuit

- ① Use a DC 250V megger for 200V series and a DC 500V megger for 400V series Inverters. If 200V series Inverters are tested using a DC 500V megger, accurate measurements may not be possible due to leakage current as a result of voltage characteristics of built-in surge absorber at the main circuit power supply (input).
- ② Disconnect all wires that are connected to terminal board of the main and control circuits and to external circuits.
- ③ Connect main circuit terminals R, S, T (R,T), P1, P(+), DB, U, V and W with a common wire as shown in Fig. 12-4-1.
- ④ Carry out the megger test between the main circuit common wire and the ground (ground terminal G(E) only.)
- ⑤ The condition is normal if the megger shows a resistance of 5MΩ or more.

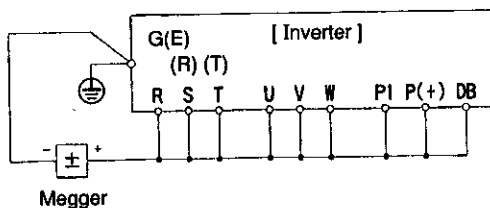


Fig.12-4-1 Megger test

(2) Control circuits

Do not carry out a megger test on the control circuits. If you do, irreparable burning and other damage to the circuit parts may result.

When conducting a conductivity test on the control circuits, use a high resistance range tester.

- ① Disconnect all external connections to the control circuit terminals.
- ② Test the conductivity between the circuits and the ground. The condition is normal if the measured value is 1 MΩ or more.

(3) External main circuit and sequence circuit

Disconnect all of the terminals on the Inverter so that the test voltage will not be applied to the Inverter.

12-5. Part replacement

The life of parts used in the Inverter depends on the type of parts. The life of these parts will also vary according to the environmental conditions and the conditions of usage. It is recommended that you use the information in Table 12-5-1 as a guide for parts replacement.

Table 12-5-1 Guide to parts replacement periods

Part name	Standard replacement interval	Replacement method/remarks
Cooling fans	3 years	Replace with new parts
Smoothing capacitor	5 years	Replace with a part (Determine after inspection)
Aluminum capacitor on printed circuit board	7 years	Replace with a new part (Determine after inspection)
Other parts	—	Determine after inspection

13. Troubleshooting

13-1. Protective function

- When the protective function is activated, the Inverter is immediately tripped (output stops), the cause of the trouble is displayed on the LED monitor and the motor coasts to a stop. For details on the alarms and the displays, refer to Table 13-1-1.
- The trip condition will continue until the cause of the trip is removed and the RESET Key is pressed or a reset command is input from the RST terminals of the control circuit.
- The last four trip events are stored in memory, and they can be checked using function F29. (For details of operation, refer to the explanation for the function F29.)
- While the activated protective function is displayed, the history of past protective function operations can also be viewed by continually pressing the ☒ key.

Table 13-1-1 Details of alarms and displays there of

Protective Function	Function Explanation		Display	Protective operation
Overcurrent protection	Protects the Inverter if the Inverter output current momentarily exceeds the overcurrent detection level. Protects the Inverter from overcurrent resulting from a short circuit in the output circuit or ground circuit.	During acceleration	OC 1	• Inverter output stops • Motor coasts to a stop • Alarm (1c) is output • Alarm signal is held internally until alarm reset command is given ¹⁾
Short circuit		During deceleration	OC 2	
Ground short circuit		During steady speed operation	OC 3	
Momentary power failure	Avoids being out of control of the Inverter caused by drops in the input voltage level. ※Operation will continue if the momentary power failure or undervoltage period is less than 15 msec.		LU	• Inverter output stops • If the restart after momentary power failure mode is selected, operation will restart automatically when the power is restored
Undervoltage protection				
Overvoltage protection	Protects the Inverter if momentary overvoltage (regenerative overvoltage) which exceeds the overvoltage detection level is detected.	During acceleration	OU 1	• Inverter output stops • Motor coasts to a stop • Alarm (1c) is output • Alarm signal is held internally until alarm reset command is given ¹⁾
		During deceleration	OU 2	
		During steady speed operation	OU 3	
Inverter overheating	Detects overheating of the Inverter caused by an overload, cooling fan problem or abnormal ambient temperature.		OH 1	
External alarm input	Acts as an external alarm to stop output, if protective device such as the electronic thermal overload relay connected between THR and CM terminals switches from on to off.		OH 2	
Electronic thermal overload relay	Protects semiconductor devices such as the IGBT from overloads.		OL U	
	Protects Fuji standard 4-pole motors or Fuji FV motors from overloads even if an electronic thermal overload relay is not connected.		OL	

Protective Function	Function Explanation	Display	Protective operation
Memory error	Operates when a memory error occurs due to a data writing error, etc.	Er 1	• Inverter output stops • Motor coasts to a stop • Alarm (1c) is output • Alarm signal is held internally until alarm reset command is given ¹⁾
Communication error ²⁾	Displayed when there is communication error occurs continuously between the Inverter and the keypad panel.	Er 2	
CPU error	Stops the Inverter when an error is detected in the CPU.	Er 3	
Optional circuit board communication error	Displayed when there is a communication checksum error or interruption of communication between the Inverter and the optional circuit board.	Er 4	
Option problem	Displayed when a link error etc. is detected.	Er 5	
Output wiring error	Stops the Inverter when it is detected that the output wiring is not connected during automatic tuning.	Er 7	

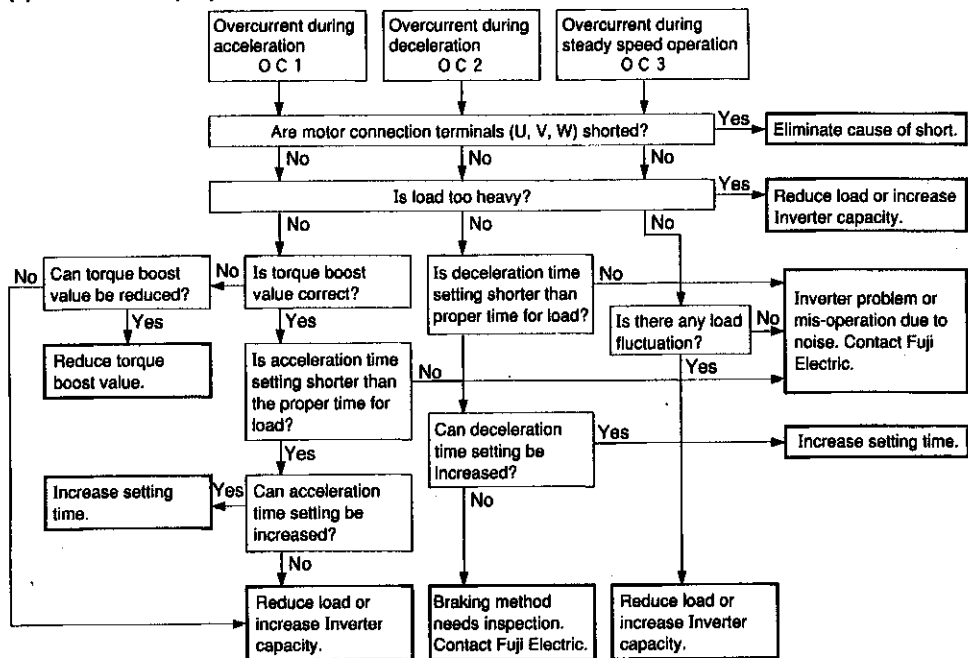
¹⁾ Alarm signal holding

If the automatic breaker at the power supply side of the Inverter switches off when the protective function has operated and an alarm signal is being output, the control power supply for the Inverter is turned off and the alarm cannot be held internally.

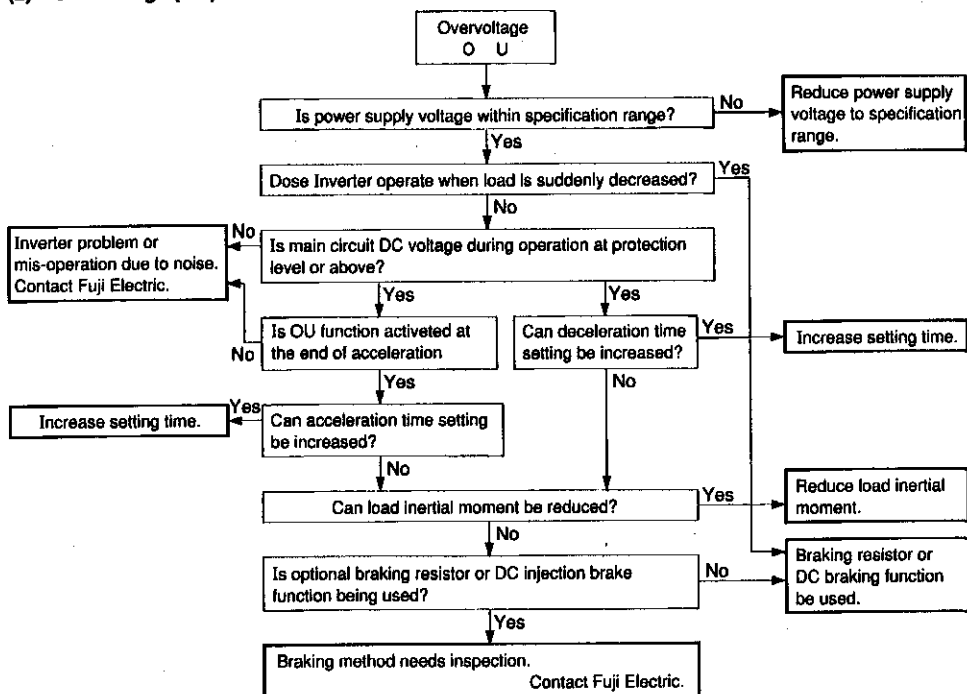
²⁾ During external terminal operation (F02=1), the Inverter will continue running without an alarm being output even if error Er2 is displayed. If communication is restored, the Er2 display will disappear.

13-2. Troubleshooting when protective function operates

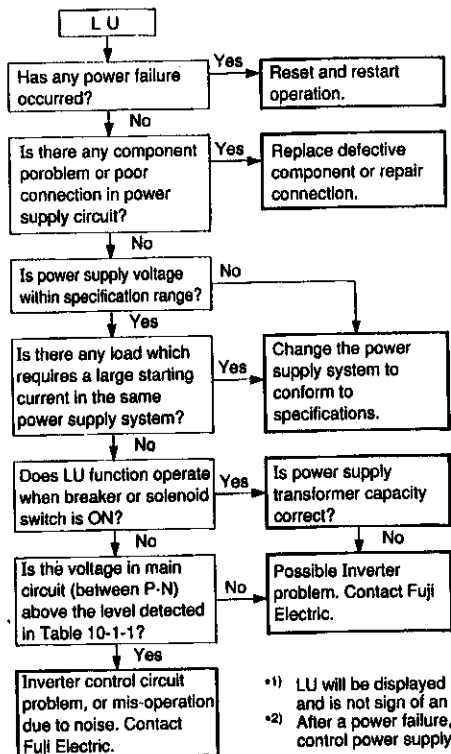
(1) Overcurrent (OC)



(2) Overvoltage (OU)



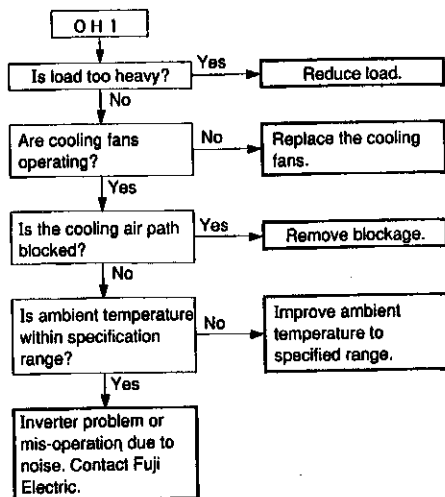
(3) Undervoltage (LU) ^{1),2)}



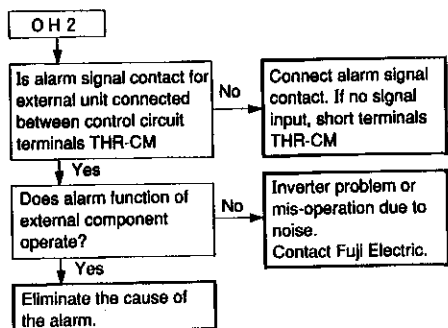
*1) LU will be displayed momentarily when the power supply is turned on, but this is normal and is not sign of an abnormality.

*2) After a power failure, once the smoothing capacitor has discharged and the Inverter control power supply has dropped, resetting will be made automatically.

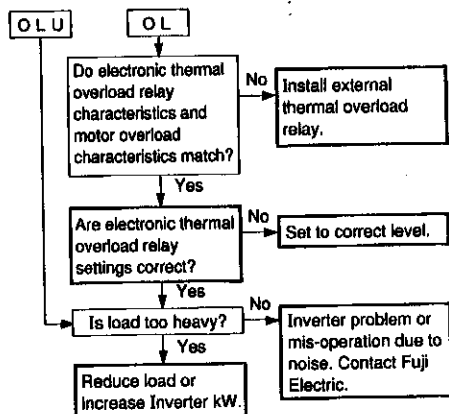
(4) Inverter overloading or overheating (OH1)



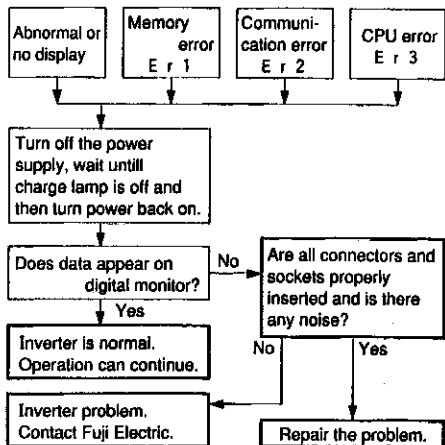
(5) External alarm input (OH2)



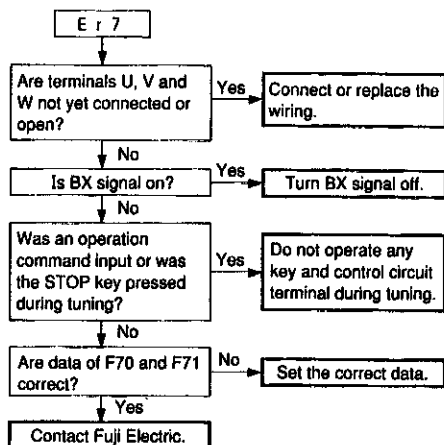
(6) Motor overload or Inver overload (OL)



(7) Memory error, communication error or CPU error

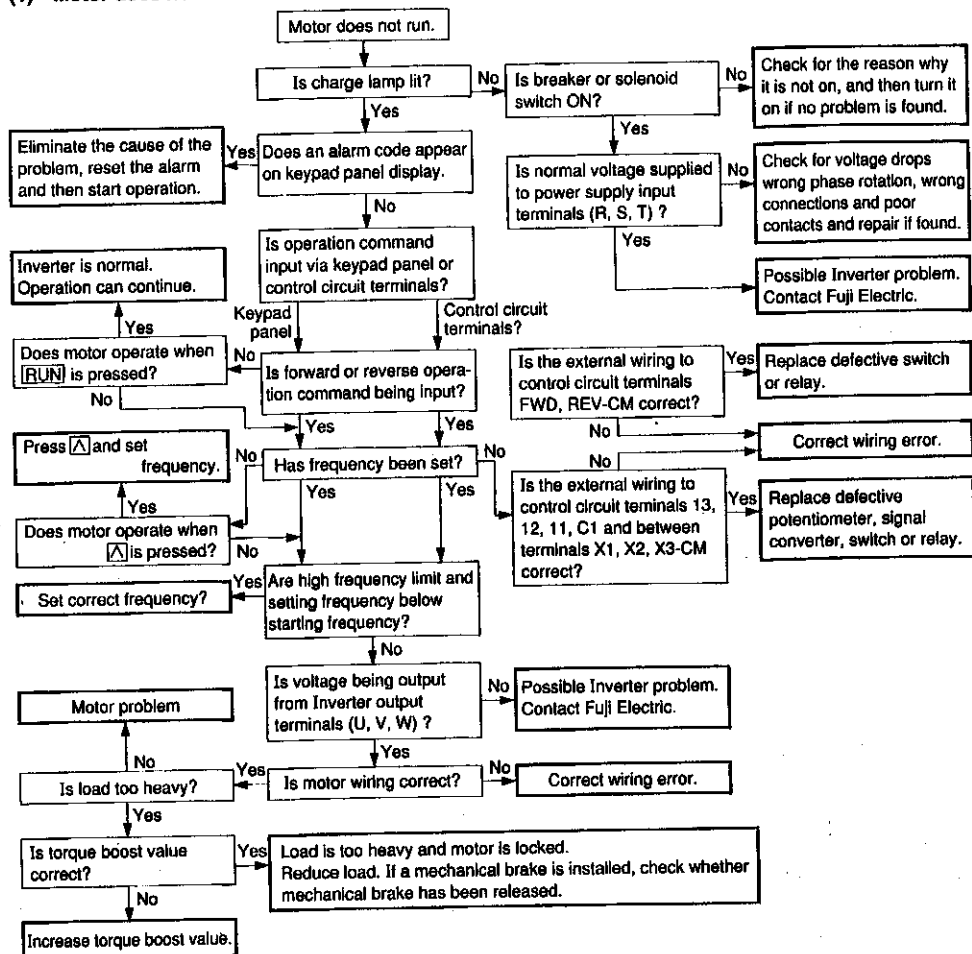


(8) Inverter output circuit error

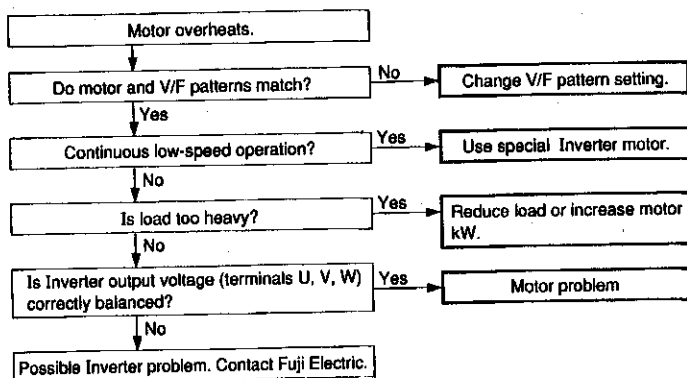


13-3. Troubleshooting when motor problem occurs

(1) Motor does not run



(2) Motor overheats



14. Standard Specifications

(1) Three-phase 200V system specifications

Inverter model		FVR0.1 E9S-2(JE)	FVR0.2 E9S-2(JE)	FVR0.4 E9S-2(JE)	FVR0.75 E9S-2(JE)	FVR1.5 E9S-2(JE)	FVR2.2 E9S-2(JE)	FVR3.7 E9S-2(JE)
Nominal applied motor ¹⁾ [kW]		0.1	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	3.7
Rated output	Rated capacity ²⁾ [kVA]	0.3	0.57	1.1	1.9	3.0	4.2	6.5
	Voltage [V]	200 to 230V , 50/60Hz						
	Output current [A]	At low carrier ³⁾ 0.8 1.5 3.0 5.0 8.0 11.0 17.0 Standard ⁴⁾ 0.7 1.3 2.5 4.0 7.0 10.0 16.5						
	Overload capacity	150% 1minute , 200% 0.5s						
	Rated frequency [Hz]	50/60Hz						
Input power	Phase, voltage and frequency	Three-phase, 200 to 230V, 50/60Hz						
	Allowable variation	Voltage: +10 to -15% (voltage imbalance within 3% ⁵⁾), Frequency: ±5%						
	Capability for voltage dips	165V or more for continuous operation, less than 165V for 15ms continuous operation ⁶⁾						
Braking	Required power capacity ⁷⁾ [kVA]	0.3	0.7	1.2	1.8	3.2	4.5	7.3
	Braking torque ⁸⁾ [%]	100% or more		70% or more		40% or more		
	Braking torque ⁹⁾ [%]	——		150% or more		100% or more		
	DC injection brake	Brake starting frequency : 0.2 to 60Hz, braking time 0.01 to 30s, braking torque : 0 to 100%, setting resolution 1%						
Protective structure		Totally enclosed type (IP40)						
Cooling method		Natural cooling				Fan cooling		
Mass [kg]		0.9	1.0	1.2	1.4	2.0	2.7	3.2

(2) Three-phase 400V system specifications

Inverter model		FVR0.4E9S-4 (JE)	FVR0.75E9S-4 (JE)	FVR1.5E9S-4 (JE)	FVR2.2E9S-4 (JE)	FVR3.7E9S-4 (JE)	
Nominal applied motor ¹⁾ [kW]		0.4	0.75	1.5	2.2	3.7	
Rated output	Rated capacity ²⁾ [kVA]	1.2	1.9	2.8	4.2	6.9	
	Voltage [V]	380 to 480V, 50/60Hz					
	Output current [A]	At low carrier ³⁾	1.6	2.5	3.7	5.5	9.0
	Standard ⁴⁾	1.4	2.1	3.7	5.3	8.7	
	Overload capacity	150% 1 min., 200% 0.5s					
Rated frequency [Hz]		50/60Hz					
Input power	Phase, Voltage and frequency	Three-phase, 380 to 480V, 50/60Hz					
	Allowable variation	Voltage: +10 to -15% (voltage imbalance within 3% ⁵⁾), Frequency: ±5%					
	Capability for voltage dips [kVA]	310V or more for continuous operation, less than 310V for 15ms continuous operation ⁶⁾					
Braking	Required power capacity ⁷⁾ [kVA]	0.7	1.2	2.2	3.1	5.0	
	Braking torque ⁸⁾ [%]	100% or more			50% or more		
	Braking torque ⁹⁾ [%]	150% or more			100% or more		
	DC injection brake	Brake starting frequency: 0.2 to 60Hz, braking time 0.01 to 30s, braking torque 0 to 100%, resolution 1%					
Protective structure		Totally enclosed type (IP40)					
Cooling method		Natural cooling			Fan cooling		
Mass	[kg]	1.8	1.8	2.7	2.7	3.2	

(3) Single-phase 200V system specifications

Inverter model		FVR0.1E9S -7(JE)	FVR0.2E9S -7(JE)	FVR0.4E9S -7(JE)	FVR0.75E9S -7(JE)	FVR1.5E9S -7(JE)	FVR2.2E9S -7(JE)	
Nominal applied motor ¹⁾ [kW]		0.1	0.2	0.4	0.75	1.5	2.2	
Rated capacity ²⁾ [kVA]		0.3	0.57	1.1	1.9	3.0	4.2	
Rated output	Voltage [V]		200 to 230V, 50/60Hz					
	Output	At low carrier ³⁾	0.8	1.5	3.0	5.0	8.0	11.0
	current [A]	Standard ⁴⁾	0.7	1.3	2.5	4.0	7.0	10.0
	Overload capacity		150% 1min., 200% 0.5s					
	Rated frequency [Hz]		50/60Hz					
Input power	Phase, voltage and frequency		Single-phase, 200 to 240V, 50/60Hz					
	Allowable variation		Voltage: +10 to -10%, Frequency: ±5%					
	Capability for voltage dips [kVA]		165V or more for continuous operation, less than 165V for 15ms continuous operation ⁶⁾					
	Required power capacity ⁷⁾ [kVA]		0.3	0.7	1.2	1.8	3.2	4.5
Braking	Braking torque ⁸⁾ [%]		100% or more		70% or more		40% or more	
	Braking torque ⁹⁾ [%]		——		150% or more		100% or more	
	DC Injection brake		Brake starting frequency: 0.2~60Hz, braking time 0.01~30s, braking torque 0~100%, resolution 1%					
	Protective structure		Totally enclosed type (IP40)					
Cooling method		Natural cooling				Fan cooling		
Mass [kg]		1.0	1.1	1.6	1.7	2.7	2.8	

¹⁾ "Nominal applied motor" refers to a standard 4-pole motor.

²⁾ Indicates rated capacity when rated output voltage is 230V or 400V

³⁾ When $\overline{F112}$ (motor operating sound adjustment) = $\overline{000}$ to $\overline{113}$

⁴⁾ When $\overline{F112}$ (motor operating sound adjustment) = $\overline{114}$ to $\overline{115}$

⁵⁾ If the voltage imbalance is greater than 3%, use a power factor improving AC reactor.

$$\text{Voltage imbalance [\%]} = \frac{\text{Maximum voltage [V]} - \text{Minimum voltage [V]}}{\text{Average 3-phase voltage [V]}} \times 100$$

⁶⁾ When a momentary power failure occurs under nominal voltage input and 85% load

⁷⁾ When running a standard motor with an ACR (option) attached to the input side

⁸⁾ This is the average braking torque for the motor itself. (Varies according to the motor efficiency.)

⁹⁾ When using an external braking resistor. However, 0.1kW and 0.2kW types do not have a built-in brake circuit, so an external braking resistor cannot be used.

(4) Common specifications

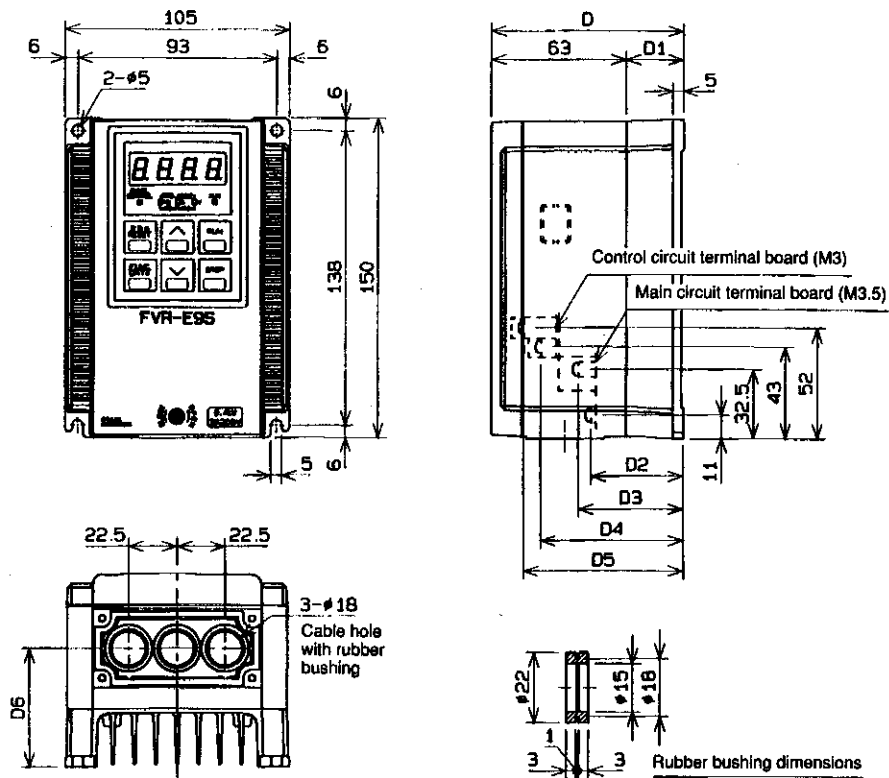
Item		Specifications
Output frequency	Adjustment	
	Maximum frequency [Hz]	Adjustable between 50 to 400Hz
	Base frequency [Hz]	Adjustable between 15 to 400Hz
	Starting frequency [Hz]	Adjustable between 0.2 to 15Hz (in steps of 1Hz between 1 to 15Hz)
	Carrier frequency [Hz]	Adjustable between 0.75 to 15kHz (in steps of 1kHz between 1 to 15kHz)
	Accuracy	Analog : $\pm 0.2\%$ of maximum frequency (at $\pm 25^{\circ}\text{C}$) Digital : $\pm 0.01\%$ of maximum frequency (at $\pm 25^{\circ}\text{C}$)
Control	Setting resolution	Analog : 1/3000th of maximum frequency (at 0.02Hz/60Hz, at 0.04Hz/120Hz, and at 0.1Hz/300Hz) Digital : 0.01Hz (0.00 to 99.99Hz), 0.1Hz (100.0 to 400.0Hz)
	Control method	Sinusoidal PWM control (ultra-low noise due to high-frequency carrier)
	Operation method	Key operation : Run and Stop using RUN and STOP keys Potentiometer : Equipped with 1 to 5k Ω potentiometer terminals Input signals : Forward/reverse command, coast-to-stop command, reset input, acc./dec. time switching, multistep frequency selection, 3-wire operation, etc.
	Frequency setting	Key operation : Δ and ∇ keys Potentiometer : Equipped with 1 to 5 k Ω potentiometer terminals Analog input : DC 0 to 5V, DC 0 to 10V, DC 1 to 5V ($Z_{in} = 22\text{k}\Omega$), DC 4 to 20mA ($Z_{in} = 250\Omega$) setting possible Multistep frequency : Max. 16 different frequencies can be selected through combination of 4 external signals Digital signal : Setting by "12-bit parallel" or serial communication possible with optional card
	Running status signal	Open collector output : RUN, FWD, FDT, OL, LV, IP Analog output : Output frequency, output current, output torque, load factor Pulse output : Output frequency
	Indication	
	RUN or STOP mode	Output frequency, output current, output voltage, motor synchronous speed, line speed [Hz] [A] [V] [r/min.] [m/min.]
	Setting mode	Function code and data. LED lights at voltage charged.
	Trip mode	Indications of trip cause (4-digit code)
	Acceleration time Deceleration time	0.1 to 3600s : Independently adjustable acceleration and deceleration, 2 sets of data selectable Linear and non-linear (2 S-curve patterns) acceleration and deceleration selectable
	V/F characteristics	Output voltage to 2 output frequency ratios are adjustable (Switchable base frequency by external input.)
	Torque boost	Automatic : Adjusted to optimum setting according to load torque (Auto tuning of motor constants possible) Manual : Variable setting possible in 31 steps (Squared and proportional torque patterns, etc. available)

Item		Specifications
Control	Starting torque [%]	150% (at 1Hz), 200% (at 3Hz) with the Torque Vector Control.
	Restart after momentary power failure	Inverter restarts automatically without the motor stopping when automatic restart set.
	Frequency limiter	High frequency limit and low frequency limit can be set.
	Bias frequency	Frequency corresponding to 0 of frequency setting signal (bias frequency) adjustable within the range -400 to +400Hz in steps of 1Hz.
	Gain for frequency setting	Adjustable to 0 to 250% in proportion to analog frequency setting signal and output frequency.
	Frequency jump control	The jumping frequency (3 points) and jumping hysteresis (1 point) can be set.
	Slip compensation	To keep the motor speed stable, the Inverter output frequency is compensated according to load torque.
	Torque limiting control [%]	Control the Inverter output below a preset level (% value...set to torque in constant torque range, and to load factor in constant output range).
Protection	Overload	Inverter stops when overload current is detected.
	Overvoltage	Inverter stops when overvoltage detected in DC link circuit (200V systems : DC 400V, 400V systems : DC 800V)
	Surge input	Inverter protection from surge input which is applied at main power supply lines or between main power supply lines and ground.
	Undervoltage	Inverter stops when overvoltage detected in DC link circuit
	Overheating	Inverter stops when abnormally high temperature detected in cooling unit.
	Short circuit	Inverter protected against overcurrent from a short circuit at the output side.
	Grounding fault	Inverter protected against overcurrent from a grounding fault at the output side (protection at start).
	Motor overheating	The electronic thermal overload relay can be selected for 4-pole standard motor or Fuji FV motor (Available 2 patterns including for No. 2 motor).
	Stall prevention	Operates if output current exceeds limit during acceleration, deceleration and constant-speed operation to prevents trips due to overcurrent.
Environment	Alarm output	Contact signal output during protective trip (1c contact, contact rating : AC 250V, 0.3A, $\cos \phi = 0.3$)
	Installation location	Install indoors at an altitude of less than 1,000m. Do not install in a dusty location or expose to corrosive gases, oil mists or direct sunlight.
	Ambient temperature	-10 to +50°C (Remove the ventilation covers when the temperature exceeds +40°C)
	Ambient humidity	20 to 95% RH (non-condensing)
	Vibration	5.9m/s ² [0.6G] or less
	Storage temperature	-25 to +65°C

15. External dimensions

FVR0.1 to 0.75E9S-2/2JE

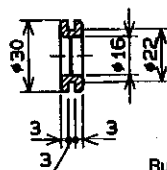
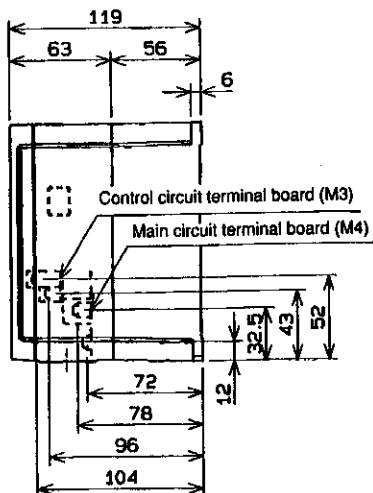
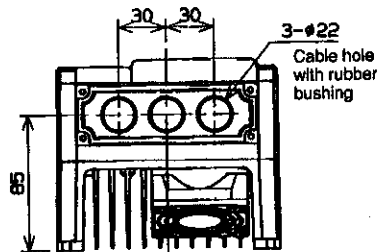
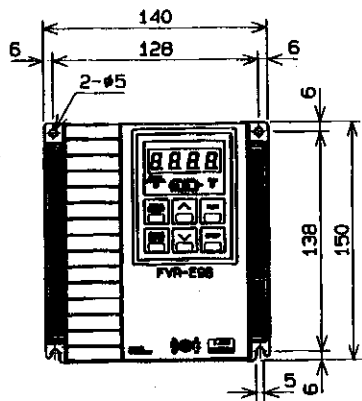
FVR0.1/0.2E9S-7/7JE



unit [mm]

Input voltage	Model	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6
3-phase 200V	FVR0.1E9S-2/2JE	72	9	25	31	49	57	37.5
	FVR0.2E9S-2/2JE	80	17	33	39	57	65	45.5
	FVR0.4E9S-2/2JE	90	27	43	49	67	75	55.5
	FVR0.75E9S-2/2JE	119	56	72	78	96	104	84.5
Single phase 200V	FVR0.1E9S-7/7JE	72	9	25	31	49	57	37.5
	FVR0.2E9S-7/7JE	80	17	33	39	57	65	45.5

FVR1.5E9S-2
FVR1.5E9S-2JE

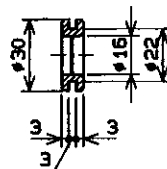
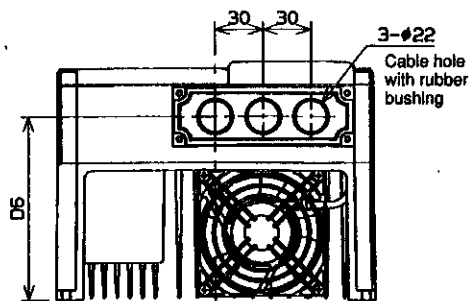
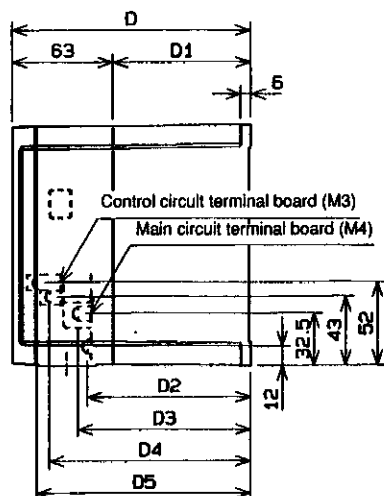
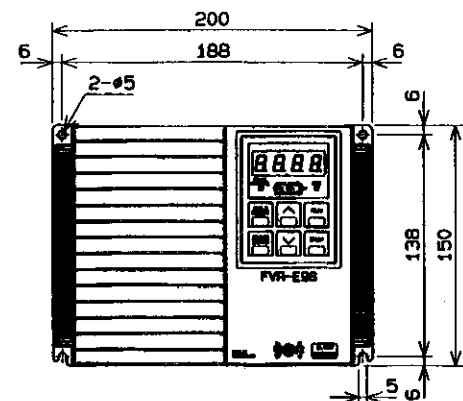


Rubber bushing dimensions

FVR2.2/3.7E9S-2/2JE

FVR1.5 to 3.7E9S-4/4JE

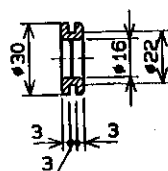
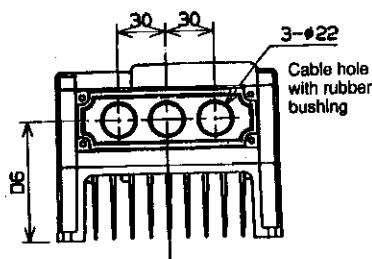
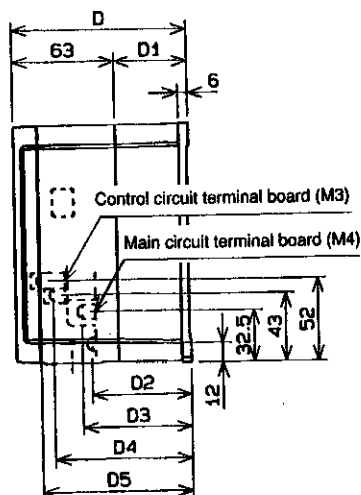
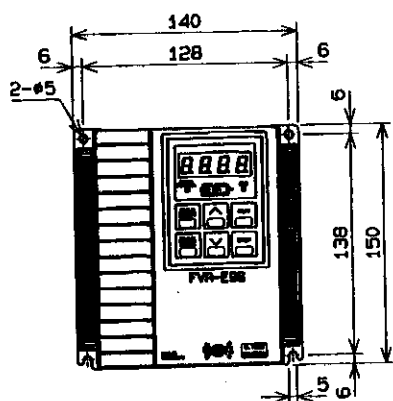
FVR1.5/2.2E9S-7/7JE



Rubber bushing dimensions

unit [mm]

Input voltage	Model	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6
3-phase 200V	FVR2.2E9S-2/2JE	134	71	87	93	111	119	100
	FVR3.7E9S-2/2JE	149	86	102	108	126	134	115
3-phase 400V	FVR1.5E9S-4/4JE	134	71	87	93	111	119	100
	FVR2.2E9S-4/4JE	134	71	87	93	111	119	100
	FVR3.7E9S-4/4JE	149	86	102	108	126	134	115
Single phase 200V	FVR1.5E9S-7/7JE	134	71	87	93	111	119	100
	FVR2.2E9S-7/7JE	134	71	87	93	111	119	100



Rubber bushing dimensions

unit [mm]

Input voltage	Model	D	D1	D2	D3	D4	D5	D6
3-phase 400V	FVR0.4E9S-4/4JE	109	46	62	68	86	94	75
	FVR0.75E9S-4/4JE	109	46	62	68	86	94	75
Single phase 200V	FVR0.4E9S-7/7JE	109	46	62	68	86	94	75
	FVR0.75E9S-7/7JE	109	46	62	68	86	94	75

16. Optional equipment

Breaker	Connect a breaker (MCCB) in order to protect the main Inverter circuits and also to turn the power supply on and off. Rated current values and rated breaker capacities vary according to the power supply specifications.
Magnet contactor	The Inverter can be operated even without a magnetic contactor connected. However, it can be connected in order to turn off the power for safety reasons when the Inverter protective function operates.
Surge absorber	Connect in order to absorb any surges which may occur when magnetizing coils such as magnetic contactors and control relays open and close.
Radio noise suppression reactor	Use in order to reduce electromagnetic noise which interferes with radios other electrical equipment near the Inverter.
Power factor improving DC reactor (for harmonics reduction)	Connect in order to improve the Inverter input power factor. The power factor will be improved to around 0.90 — 0.95. It is also effective in reducing harmonics currents.
Matching reactor (AC reactor)	Connect in the following cases. ① When the power supply transformer is 500kVA or higher. ② When there is a thyristor load on the same power supply system with the Inverter, or if a power factor improving capacitor is being turned on and off. ③ If there is 3% or more of imbalance in the power supply voltage. Voltage imbalance [%] $= \frac{\text{Maximum voltage [V]} - \text{Minimum voltage [V]}}{\text{Average of 3-phase voltage [V]}} \times 100$ ④ To provide an improved input power factor. The power factor will be improved to 0.75~0.85.
Braking resistor	Connect when a large amount of braking torque is required.
Frequency setting potentiometer	Connect when using the power supply from the control circuit terminals in order to set the frequency.
Keypad panel extension cable	Use when removing the keypad panel from the Inverter, and installing it to a control board, etc.

■ Applicable equipment and wire sizes for main circuit ¹⁾

Voltage	Applicable motor [kW]	Inverter type	Recommended wire size [mm ²]					MCCB, ELCB ³⁾ current rating [A]		Fuse [A]	Fuji magnetic contactor	Spark killer
			R, S, T ²⁾	U, V, W	P1, P(+)	P(+), DB	E (G)	Control	with DCR	without DCR		
Three phase 200V system	0.1	FVR0.1E9S-2/2JE				—				5	5 ⁴⁾	SA-A-O (for magnetic contactor)
	0.2	FVR0.2E9S-2/2JE				—				10	10 ⁵⁾	
	0.4	FVR0.4E9S-2/2JE	2.0	2.0	2.0	2.0			10	20		SC-05
	0.75	FVR0.75E9S-2/2JE							10	20		
	1.5	FVR1.5E9S-2/2JE	3.5					0.2	20	30		SC-5-1
	2.2	FVR2.2E9S-2/2JE	5.5	3.5	3.5			~ 1.25	5	5		
	3.7	FVR3.7E9S-2/2JE							10	15	20	SC-1N
Three phase 400V system	0.4	FVR0.4E9S-4/4JE										SC-05
	0.75	FVR0.75E9S-4/4JE										
	1.5	FVR1.5E9S-4/4JE	2.0	2.0	2.0	2.0			10	20		SC-5-1
	2.2	FVR2.2E9S-4/4JE							10	15	20	
	3.7	FVR3.7E9S-4/4JE							5	5	5	SC-05
	0.1	FVR0.1E9S-7/7JE										
	0.2	FVR0.2E9S-7/7JE										SC-1N
Single phase 200V system	0.4	FVR0.4E9S-7/7JE										
	0.75	FVR0.75E9S-7/7JE	3.5	2.0	2.0	2.0			10	20		SC-2N
	1.5	FVR1.5E9S-7/7JE	5.5	2.0	2.0				15	20	30	
	2.2	FVR2.2E9S-7/7JE							20	30	40	

¹⁾ The above table is based on data for a Fuji standard motor.

²⁾ The single phase series are not provided with S-terminal.

³⁾ MCCB and ELCB types vary depending on the shorting capacity of the equipment. Refer to a breaker catalog for help in selecting.

⁴⁾ Use a fuse for which $I^2t \geq 150$ [A²s].

⁵⁾ Use a fuse for which $I^2t \geq 120$ [A²s].

17. Attention to prevent from failure

Make sure to carry out the following items to use the inverters without failure for a long term.

1. Provide an AC reactor on the power supply side in the following cases:
 - (1) The power supply capacity (transformer capacity) exceeds 500kVA.
 - (2) The primary voltage of the power supply transformer exceeds 6.6kV.
 - (3) A thyristor converter is connected to the same power supply system.
 - (4) A power factor correction capacitors are connected to the same power supply system.
 - (5) An arc welder is used in the same power supply system.
 - (6) Unbalance of three phase power supply voltages exceeds 3%.
Unbalance of power supply voltages = $\{(\text{Max. voltage} - \text{Min. voltage}) / \text{Mean three phase voltage}\} \times 100\%$
 - (7) The wiring length between the inverter and motor exceeds 100m
2. Use the inverter in the range not exceeding the permissible voltage.
When voltage may exceed the permissible voltage, decrease the voltage with a transformer or cut off with an overvoltage relay.
3. Do not use the inverter in the open-phase state of the three phase power supply.
4. Do not use the motor of poor insulation.
5. Take cares the following items for installation of the inverter:
 - (1) Install the inverter where there are no dust, vibration, temperature rise by direct sunlight and water drop or vapor.
 - (2) Keep the ambient temperature within the rated temperature range.
Further, install the inverter so that the generating heat of the inverter itself does not heat the surrounding.
6. Suppress noise generation by providing spark killers to relays and solenoids installed near the inverter.
7. Use the genuine Fuji Electric optional devices such as DB resistors and AC reactors.
8. Take cares the following items for wiring:
 - (1) Make sure sufficiently that there is incorrect wiring before connecting the power supply.
Further, make sure sufficiently that the screws on the terminal block are not loose.
 - (2) Use shielded wire or twisted wire according to the instruction manual.
Further, connect the shield sheath of the shielded wire according to the instruction manual.
 - (3) Do not bundle together the wires connected to the control circuit terminal block and the wires connected to the main circuit terminal block, or do not put together them in the same wiring duct.
 - (4) Ground the inverter surely.
 - (5) Do not connect capacitors such as phase advancer capacitor directly to the output terminals of the inverter.
9. Start and stop the inverter operation with the keypad panel or FWD and REV.
Do not frequently start and stop by switching the power supply ON/OFF or do not make ON/OFF on the output side of the inverter.
10. Perform megger according to the instruction manual.
Further, do not disconnect the wiring remaining in operation in maintenance and inspection.
11. When transporting or storing the inverter, prevent from shock or fall, large vibration, high temperature and high humidity, and keep the permissible number of the piling up stages of packages.

18. Optional equipment (Chinese)

< 任选与外部设备 >

断路器	为了保护变频器的主电路和对电源进行开关, 要连接布线用断路器 (MCCB)。根据电源的技术要求数据, 来改变额定电流值和额定断路容量。
电磁接触器	即使不连接电磁接触器; 变频器也能运转, 当变频器保护功能动作时, 为了安全, 以断开电源等作为目的时连接电磁接触器。
电涌吸收器	为了吸收电磁接触器、控制继电器等励磁线圈开关时所产生的电涌, 连接电涌吸收器。
降低无线电噪声的电抗器	噪声障碍波及到变频器周围的无线电、电子仪器时, 作为降低噪声的措施, 可使用这种电抗器。
改善功率因数的直流电抗器 (DC电抗器)	为了改善变频器输入功率因数, 可连接这种电抗器。功率因数被改善为0.90-0.95。
电源协调用交流电抗器 (AC电抗器)	在下述情况下连接。 ① 电源变压器500KVA以上时 ② 同一电源上有可控硅负载时或开关控制改善功率因数的电容器时 ③ 电源电压有3%以上的非平衡时 $\text{电源电压非平衡率}[\%] = \frac{\text{最大电压}[\text{V}] - \text{最小电压}[\text{V}]}{\text{三相平均电压}[\text{V}]} \times 100\%$ ④ 谋求输入功率因数的改善时 功率因数被改善为0.75-0.85
制动单元 阻尼电阻器	在需要大的制动转矩时连接。
频率设定器	由控制电路端子利用变频器的电源, 设定频率时连接这种设定器。
触摸面板延长电缆	从变频器上卸下触摸面板, 安装到盘面上时使用这种电缆。

19. Attention to prevent from failure (Chinese)

<为防止故障的注意>

为使变频器能长时间使用而不发生故障，请按照以下内容确实进行实施。

1. 以下情况下请在变频器的电源侧设置AC电容器。
 - ①电源的容量（变压器的容量）在500KVA以上时
 - ②电源变压器的初级侧电压超过6.6KV时
 - ③在同一电源系统连接晶闸管变流器时
 - ④在同一电源系统连接改善功率用电容器时
 - ⑤在同一电源系统使用电弧焊机时
 - ⑥三相电源电压的不平衡超过3%时
电源电压的不平衡（%）= [（最大电压 - 最小电压）/ 三相平均电压] × 100%
 - ⑦变频器与电动机之间布线的长度超过100m时
2. 电源电压请在允许值范围内使用。
在可能要超过允许值的情况下，请用变压器将电压降低或用过电压继电器进行切断等。
3. 三相电源的一相有欠缺状态时请不要使用。
4. 请不要使用绝缘不良的电动机。
5. 设置场所请注意以下几点。
 - ①请在无垃圾、灰尘、无振动、及避开因阳光照射使温度上升、无水滴、水蒸气的地方设置。
 - ②周围温度请控制在额定的温度范围内。
另外，请避免因变频器本身发热而使周围充满热气来进行设置。
6. 请在变频器附近设置的继电器、螺线管上安装火花控制器以控制噪声的发生。
7. DB电阻及AC电抗器等的选择件请使用富士电机制的产品。
8. 布线时请注意以下几点。
 - ①在开电源前请充分确认有无布线错误。另外确认端子座的螺钉有无松动。
 - ②请按照使用说明书使用屏蔽线及绞合线。
另外，屏蔽线的外表屏蔽也请按照使用说明书进行连接。
 - ③请不要将主电路端子座的布线与控制电路端子座的布线一起捆扎或放入同一个管道。
 - ④请确实进行接地。
 - ⑤变频器的输出侧请不要直接连接电容器（进相电容器等）。
9. 操作的起动・停止请用触摸面板或端子的FWD及REV进行。
请不要进行电源ON/OFF的频繁起动、停止、及变频器输出侧的ON/OFF。
10. 维修・检查时的高阻测试请按照使用说明书进行。
另外，维修检查时请不要在运转中将布线取掉。
11. 运送及保管时请避免撞击、跌落、大振动、避开高温高湿、遵守捆包的容许堆放层数。