



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Electrònica Ind. Pla 2002

Títol: Rehabilitació i control d'un manipulador industrial

Document: 1. Memòria

Alumne: Jordi Gratacós Bonilla

Director/Tutor: Joan Puigmal Pairo

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de sistemes i automàtica

Convocatòria (mes/any): setembre / 2009

INDEX

1 INTRODUCCIÓ	3
1.1 Antecedents	3
1.2 Objecte del projecte	3
1.3 Especificacions i abast.....	3
2 DESCRIPCIÓ DEL CONJUNT ORIGINAL.....	5
2.1 Estructura i control del manipulador.....	5
2.2 Procés original	7
3 DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA ACTUAL	8
3.1 Estructura i suports del sistema.....	8
3.2 Procés de classificació.....	9
3.3 Posicionament manual i selecció de seqüències programables.....	10
4 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA	12
4.1 Proteccions	12
4.2 Mòdul d'emergència.....	12
5 CONTROL DEL SISTEMA	14
5.1 PLC	14
5.2 Servodriver i servomotor	15
5.3 Lectura de l'encoder.....	16
5.4 Sensors.....	17
5.5 Diàleg home-màquina	17
6 DISSENY DEL PROGRAMA	19
6.1 Relació d'entrades i sortides.....	19
6.2 Relació de variables internes i àrees DM.....	19
6.3 Estructura del programa.....	24
6.4 Grafcet 1: posicionament inicial	25
6.5 Grafcet 2: Procés classificació.....	26
6.6 Grafcet 3: Paràmetres posicionament lliure / seqüència.....	28
6.7 Grafcet 4: Control de seqüències.....	29
6.8 Grafcet 5: Posicionament plataforma.....	30
7 DIÀLEG HOME-MÀQUINA. SCADA	32
7.1 Relació de tags	32
7.2 Pantalla principal.....	34
7.3 Posicionament manual.....	35
7.4 Programació de seqüències.....	36

7.5 Procés de classificació.....	37
7.6 Historial i monitoratge	38
7.7 Alarmes	40
8 ADAPTACIÓ D'UN MOTOR PAS A PAS AL SISTEMA D'ORIENTACIÓ	42
8.1 Connexionat entre elements	42
8.2 Modificació programa PLC.....	43
9 DIÀLEG HOME-MÀQUINA. TERMINAL TÀCTIL D'OPERADOR	45
9.1 Modificacions per adaptar el terminal	45
9.2 Relació de tags	46
9.3 Pantalla principal.....	46
9.4 Posicionament manual.....	47
9.5 Programació de seqüències.....	48
9.6 Procés de classificació.....	48
9.7 Alarmes	49
10 RESUM DEL PRESSUPOST	50
11 CONCLUSIONS	51
12 RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	52
13 BIBLIOGRAFIA.....	53
A INFORMACIÓ TÈCNICA DEL SISTEMA DE POSICIONAMENT.....	54
A1 Servomotor Omron R88M-UE75030V-S1	54
A2 Servodriver Omron R88D-UEP20V	55
A3 Control de Posicionament Omron XW2B-20J6-3B.....	55
A4 Lectura fases A i B de l'encoder	56
A5 Connexionat motor pas a pas.....	58
A6 Cablejat terminal tàctil d'operador NS-8	60
B INSTRUCCIONS QUE INTERVENEN EN EL PROCÉS	61
B1 Instruccions relacionades amb la sortida de polsos	61
B2 Instruccions de transferència de dades	63
B3 Instruccions d'operacions matemàtiques.....	64
C GESTIONS DEL SISTEMA SCADA	66

1 INTRODUCCIÓ

A continuació es presenten les bases del projecte de rehabilitació i control d'un manipulador lineal industrial.

1.1 Antecedents

El grup de visió per computadora de la Universitat de Girona, disposava d'un manipulador lineal com a sistema de posicionament per poder inspeccionar mitjançant visió artificial, la superfície de tres tipus de peces sinteritzades.

El control del sistema es realitzava a partir d'un PLC que controlava la posició del grup de suport de peces a partir d'un servocontrolador i una targeta d'entrada i sortida de polsos per a PLC. Una botonera externa permetia l'inici de les seqüències de moviment segons la peça seleccionada des d'un ordinador extern.

1.2 Objecte del projecte

Es pretén la recuperació d'aquest manipulador lineal, recopilant informació inicial i testejant l'aplicació. El nou ús serà enfocat al posicionament i classificació de diversos elements, ampliant les seves prestacions.

D'aquesta forma, s'estudiarà el funcionament d'un servomotor governat per un servodriver i una targeta d'entrada i sortida de polsos i permetrà utilitzar el conjunt com a element didàctic per a la universitat. S'incorporaran nous elements d'interfície i de supervisió i control, millorant les prestacions del sistema.

Es complementarà la documentació disponible actualment del sistema de posicionament i s'elaborarà la documentació tècnica de funcionament del sistema.

1.3 Especificacions i abast

El sistema inicial de posicionament es reconvertirà amb un sistema classificador de peces de diferent forma i material, de manera que quan hi hagi una peça disponible, el sistema de posicionament l'agafarà i es posicionarà i s'orientarà fins al punt correcte perquè s'hi encaixi.

El control es basarà amb el PLC original, que serà l'encarregat de la gestió dels sensors i dels motors del conjunt. Un servomotor permetrà el moviment de la plataforma de subjectió i el posicionament amb gran exactitud. Un encoder solidari a l'eix motor servirà per tancar el llaç i d'aquesta manera confirmar la posició on es troba en tot moment.

El sistema oferirà la selecció de tres modes generals de funcionament. Treballant en mode automàtic, quan aparegui una peça el sistema identificarà de quin tipus de peça es tracta i la dipositarà al punt corresponent. El mode de treball de selecció de seqüències programables permetrà la generació de seqüències, seleccionant la posició i el temps que hi restarà la plataforma a cada punt. Finalment el mode de treball de posicionament manual, permetrà el posicionament lliure de la plataforma al punt desitjat.

Per aprofitar les capacitats d'exploració de la maqueta, es treballarà amb dues interfícies de control. Una interfície SCADA permetrà la selecció dels mètodes de funcionament i la monitorització en temps real dels elements que intervenen en el procés. També oferirà un seguiment i tractament d'alarmes i un historial de maniobres. La segona interfície serà la incorporació d'una pantalla tàctil d'operari NS de la casa Omron. Aquesta interfície ofereix a l'igual que el SCADA la selecció de mètodes de funcionament, monitorització i gestió d'alarmes. Aquest nou element permet un diàleg home-màquina molt més senzill, sense la necessitat d'intervenció de cap PC i aportant molta informació als elements de control externs.

2 DESCRIPCIÓ DEL CONJUNT ORIGINAL

L'ús inicial del manipulador com a sistema de posicionament, responia a la necessitat de posicionar una peça a diversos punts, depenent de la càmera i la il·luminació que havien d'incidir sobre la peça, per poder inspeccionar-ne la superfície.

2.1 Estructura i control del manipulador

La configuració original del sistema, es basava en una bancada d'alumini on hi descansava la guia horitzontal per on es mou la plataforma de posicionament. Disposava de dos cilindres pneumàtics per elevar-se i d'un bloc cilíndric amb un sistema pneumàtic amb pinces per a la subjecció de les peces. Un motor de corrent continua, permetia fer rotar aquest bloc cilíndric de subjecció, i un pistó pneumàtic permetia el bloqueig d'aquest mateix bloc. Dos finals de cursa, determinaven els extrems de la guia horitzontal. L'exactitud del posicionament de la plataforma s'aconseguia amb el servomotor i l'encoder solidari a l'eix. La figura 1 mostra un esquema del manipulador lineal amb la plataforma de posicionament i la resta dels elements.

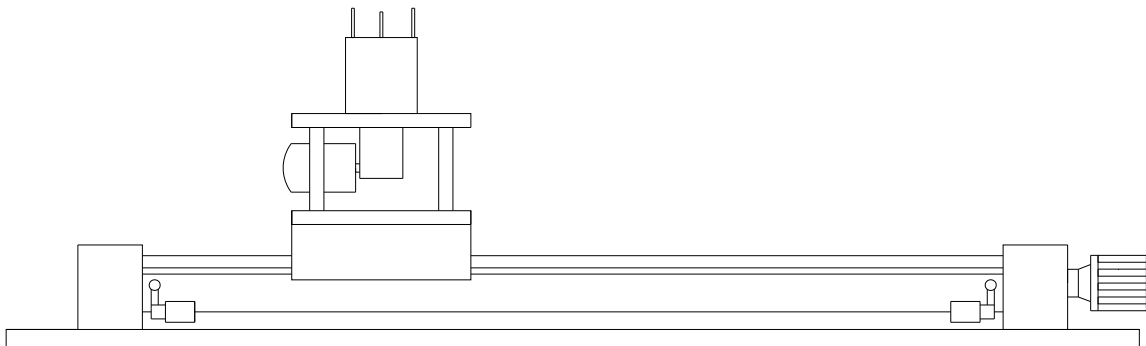


Figura 1. Esquema de l'estructura original del manipulador lineal

Sobre aquesta mateixa bancada, s'hi trobava una guia vertical amb els suports per a la il·luminació i les dues càmeres d'inspecció.

El control del sistema es basava amb un PLC encarregat de governar els dispositius pneumàtics, el motor de corrent continua i el servodriver del servomotor. Al quadre elèctric s'allotjaven tots els elements de control a més de les proteccions necessàries pel projecte. L'aplicació de visió s'executava des d'un sistema extern que estava en comunicació amb el PLC, per a la selecció de les peces i per determinar si la inspecció havia estat favorable.

L'aspecte inicial del sistema de posicionament és el que mostren les fotografies següents.



Figura 2. Estat inicial del manipulador lineal

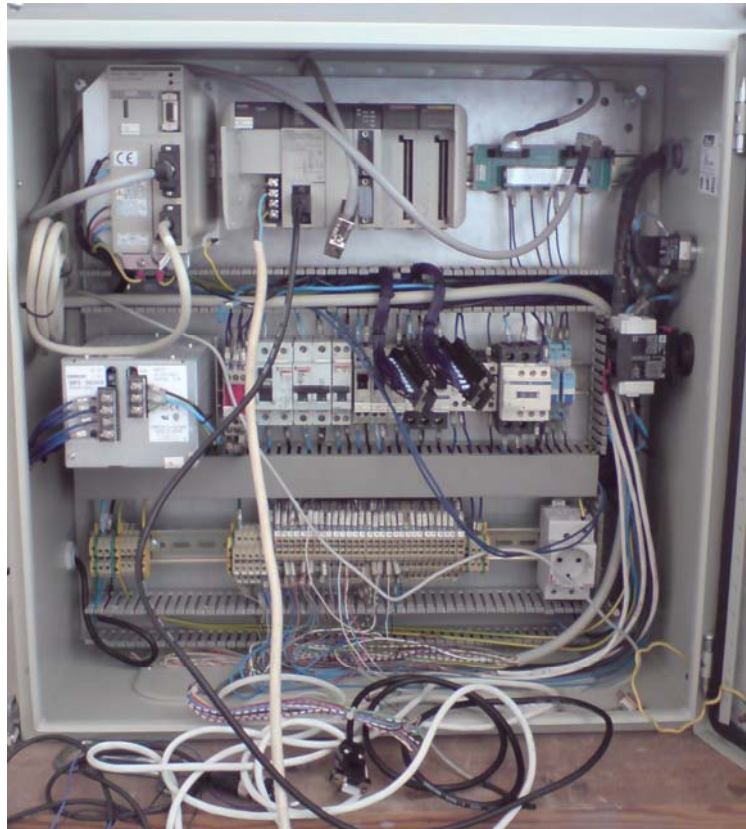


Figura 3. Estat inicial del quadre elèctric amb els diversos elements

2.2 Procés original

La possibilitat de selecció de tres tipus de peces determinava la necessitat de tres tipus de seqüències. Aquestes seqüències fixaven el moviment de la plataforma fins als punts d'inspecció, l'obertura o tancament de les pinces en funció del tamany de la peça, l'elevació o no de la plataforma i el bloqueig o rotació del bloc cilíndric de subjecció.

Un cop es seleccionava la peça i s'arribava al punt d'inspecció, el PLC notificava al PC que ja estava posicionat i el sistema extern de visió començava a treballar. La resposta del sistema extern havia de determinar si la inspecció havia estat favorable o desfavorable. En funció d'això, la seqüència avançava cap a un nou punt o la plataforma es dirigia cap al final per recollir la peça.

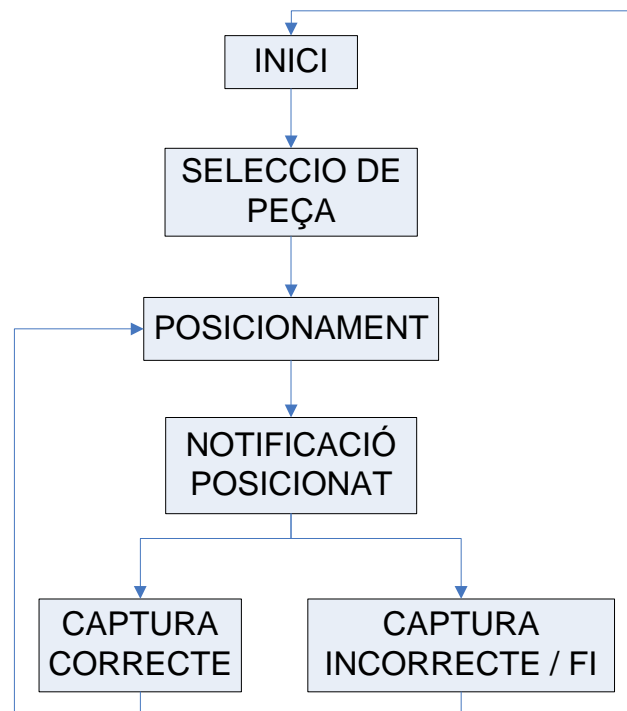


Figura 4. Diagrama del procés original

El diàleg home-màquina es realitzava conjuntament amb l'ordinador i una botonera externa, amb els polsadors d'inici de la seqüència i el polsador d'emergència. Dos pilots lluminosos indicaven la finalització correcta de la seqüència (color verd) o la finalització errònia (color vermell).

3 DESCRIPCIÓ DEL SISTEMA ACTUAL

La reconversió del sistema original de posicionament, es basarà en la recollida i classificació de peces en funció de la seva forma i l'ajustament fins al punt on s'han d'encaixar gràcies al sistema d'orientació del sistema de subjecció. Amb l'ús de l'interfície SCADA es podrà seleccionar els diferents modes de treball de manera que també es podran programar seqüències lliures que no inclogui el procés.

3.1 Estructura i suports del sistema

Per adaptar-se a aquest nou ús, caldrà adaptar una nova estructura i uns suports per sostenir el manipulador, ja que passarà a treballar en una posició inversa a la del sistema original.

Amb aquest nou procés, el manipulador passarà de treballar amb uns suports amb base a terra i orientació cap amunt, a treballar penjat d'uns suports i orientació cap avall. Això permetrà agafar peces situades en un determinat punt i portar-les fins al punt d'encaix pertinent, que podrien ser per exemple, dues cintes transportadores diferents.

A la base es poden diferenciar les diverses estacions de treball, diferenciant-les com un punt de recollida de la peça per classificar, un punt on es determinarà l'orientació correcta de la peça i els dos espais on es col·locaran els dos tipus de peces un cop detectades.

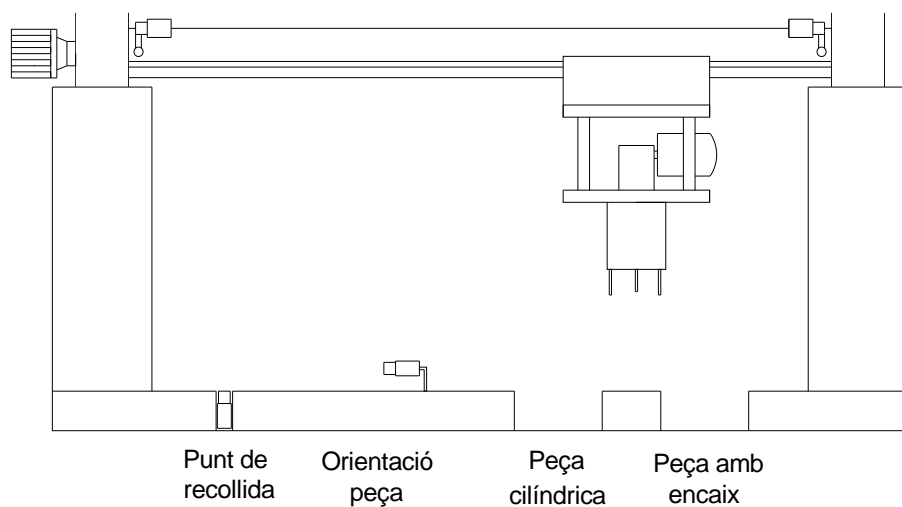


Figura 5. Esquema de la nova estructura de treball

3.2 Procés de classificació

La classificació es basarà en dos tipus de peces possibles. Les dues peces seran cilíndriques però un tipus serà completament llisa i l'altre tipus tindrà una dent que farà que s'hagi de posicionar i fer girar sobre si mateixa per dipositar-se en un emplaçament amb un encaix.

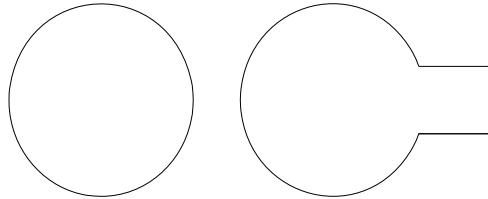


Figura 6. Vista superior dels dos tipus de peces

L'alimentació de les peces es situarà a un extrem de la bancada i se n'encarregarà un sistema extern. Quan un detector inductiu detecti la presència d'una peça a aquest punt, la plataforma es posicionarà fins al lloc en concret, baixarà fins a situar-se a l'alçada de la peça i les pinces es tancaran. Llavors la plataforma pujarà amb la peça recollida i es desplaçarà fins al punt d'orientació de la peça. En aquest punt s'activarà el motor de corrent continua per fer rotar el bloc cilíndric de subjecció de la peça. Un altre detector inductiu detectarà si es tracta d'una peça cilíndrica llisa o bé es tracta d'una peça amb dent. Per aconseguir aquesta detecció, es situarà el detector a una certa distància de la peça a analitzar. Si es tracta d'una peça dentada, quan la dent que sobresurt de la peça passi per davant del detector, al sobresortir més que la resta permetrà que el detector inductiu detecti la dent metàl·lica i per tant, es podrà determinar que es tracta d'una peça dentada.

Llavors, en funció de quin tipus de peça es tracti, la plataforma es dirigirà cap a un punt o un altre. Si es tracta de la peça cilíndrica llisa, la plataforma es desplaçarà fins al primer punt de classificació, baixarà la plataforma i les pinces s'obriran perquè baixi la peça. Si es tracta de la peça amb dent, la plataforma es desplaçarà fins al segon punt de classificació amb encaix, baixarà la plataforma i les pinces s'obriran per dipositar la peça. Llavors, la plataforma quedarà recollida i restarà al punt de repòs fins que es detecti una nova peça per classificar.

La figura 7 mostra el diagrama del nou procés de classificació.

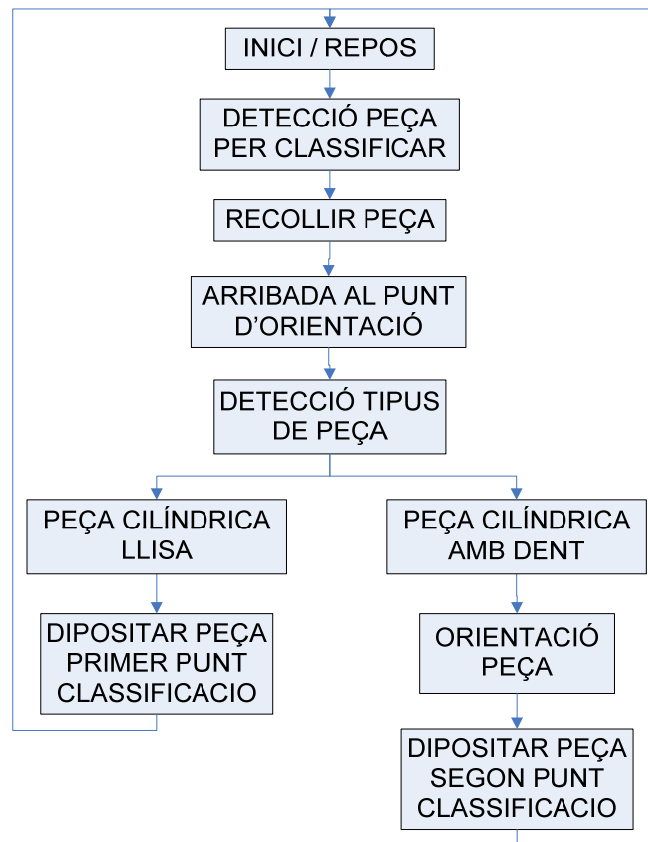


Figura 7. Diagrama del procés de classificació de peces

3.3 Posicionament manual i selecció de seqüències programables

La possibilitat de treballar amb diversos modes de funcionament, obre les portes a oferir més possibilitats al conjunt de posicionament. Una d'elles és treballar amb seqüències programables per l'usuari, on és possible seleccionar un conjunt de posicions i el temps que hi restarà la plataforma a cadascuna de les posicions.

Dins aquest mateix mode de funcionament també és possible treballar amb el posicionament lliure de la plataforma, de manera que es pugui desplaçar fins a un punt en concret amb precisió mil·limètrica i controlar manualment l'obertura i tancament de les pinces de sujecció, la sortida o retrocés de la plataforma o l'accionament del motor de rotació del bloc de sujecció.

Les següents fotografies mostren la nova posició de treball del conjunt.

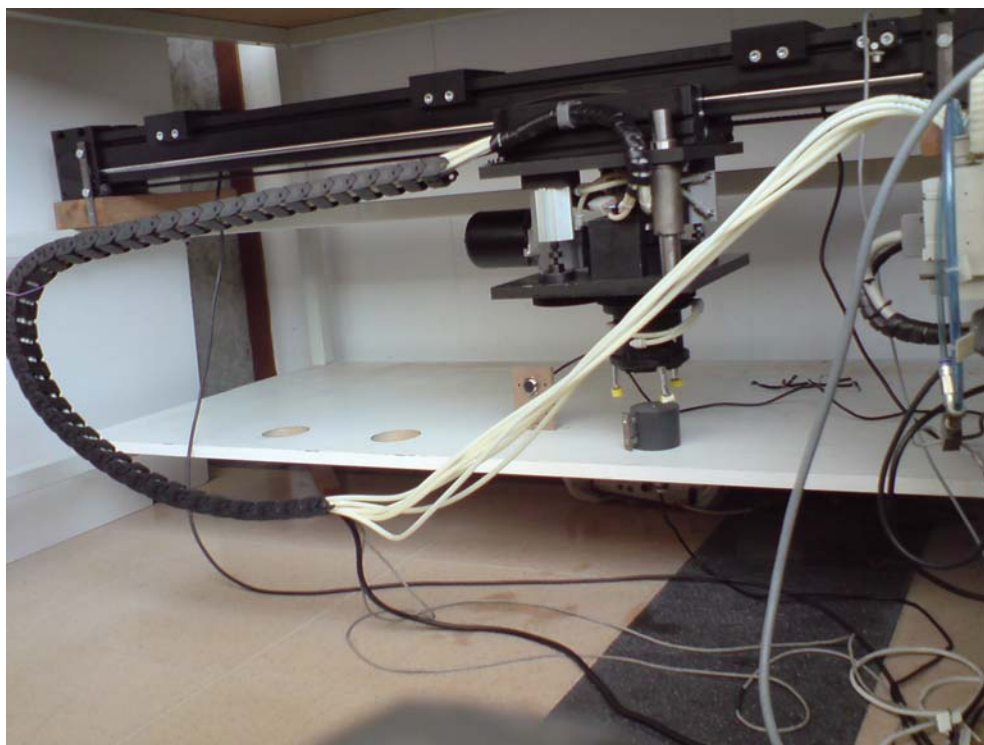


Figura 8. Nova posició de treball del manipulador

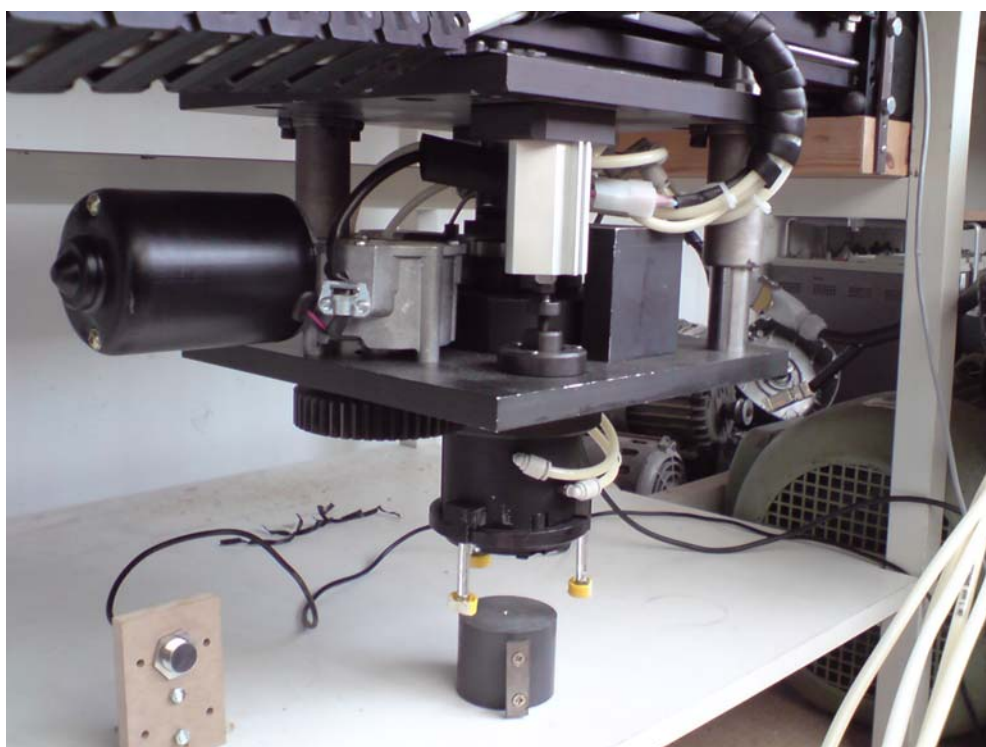


Figura 9. Detall de la plataforma de posicionament i del sistema de subjecció de peces

4 INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA

L'adaptació del sistema al procés actual requerirà un repàs de la instal·lació elèctrica. Al quadre elèctric s'hi ubicaran els diversos dispositius de protecció i control i els terminals de connexió pels sensors i motors. Es requereix una instal·lació elèctrica de 230Vac a 50Hz monofàsica.

4.1 Proteccions

El circuit elèctric disposa de protecció contra curtcircuits i sobrecàrregues. A tal efecte s'utilitzen dispositius interruptors automàtics magnetotèrmics calibrats en funció de l'element a protegir. La protecció general s'ha cobert amb la instal·lació d'un interruptor magnetotèrmic bipolar de 16A. Tots els elements del conjunt entre motors, autòmat i font d'alimentació, també disposen de proteccions. L'endoll del quadre elèctric, està cobert amb un magnetotèrmic de 6A. L'autòmat es cobreix amb un disjuntor de 2A, la font d'alimentació del conjunt de sensors, motors i mòduls d'entrada i sortida es cobreix amb 6A i el motor de corrent continua amb 3A. El servomotor i servodriver, es cobreixen amb un guardamotor de 17-23A.

La protecció contra contactes indirectes i directes queda coberta amb la instal·lació d'un interruptor diferencial per a tot el circuit elèctric, d'intensitat nominal 40A i sensibilitat 30mA. L'actuació d'aquest dispositiu s'assegurarà a partir de la instal·lació del conductor de protecció (terra) connectat a les parts metàl·liques dels elements de control, motors i quadre elèctric.

4.2 Mòdul d'emergència

Els dispositius de control i motors vinculats a una aturada d'emergència, disposen d'un circuit de seguretat exclusiu per sobre de la lògica del PLC, a partir de la instal·lació d'un relé d'emergència. La instal·lació d'aquest mòdul és necessària ja que en cas de produir-se una emergència, l'aturada dels diversos dispositius ha de ser immediata i superant la lògica del PLC, ja que no es pot garantir que just en aquell instant l'autòmat estigui funcionant correctament.

En aquest projecte, tant el motor de corrent contínua com el servomotor han de poder-se aturar en cas que es produeixi una emergència. És per aquest motiu que, suposant que en

cas que l'autòmat tingués algun problema, l'alimentació dels motors s'hauria de poder tallar en qualsevol cas. És per això que aquest motors estan governats cadascun per un contactor que els porta l'alimentació, a més de les proteccions citades a l'apartat anterior. El servomotor està cobert amb el contactor K1 de 32A i el motor de corrent contínua està cobert amb el contactor K2 de 6A.

L'alimentació de les bobines que enclaven aquests contactors estan subjectes al relé d'emergència. En un cas normal de funcionament, el relé d'emergència manté tancat el circuit d'alimentació de les bobines dels dos contactors i per tant, es mantenen enclavats i porten alimentació als dos motors. Quan el polsador d'emergència s'ha polsat, el relé d'emergència obre el circuit d'alimentació de les bobines dels contactors i aquests es desenclaven. Per això, encara que l'autòmat no funcionés correctament els motors restarien aturats al no rebre alimentació.

Tot i treballar amb una lògica per sobre l'autòmat, aquest ha de rebre la informació de que s'ha produït una emergència. Un contacte d'aquest relé (R1) informa a l'autòmat a través d'un bit d'entrada que s'ha produït una emergència. Llavors, el programa es desenvolupa amb les accions corresponents a una emergència i s'inicia novament el procés.

5 CONTROL DEL SISTEMA

Dels elements que formen part del conjunt de posicionament original, la major part són necessaris en el nou procés de posicionament. Totes les parts del manipulador lineal, entre ells la guia horitzontal, la plataforma de posicionament amb els cilindres d'elevació i la resta d'elements pneumàtics, el motor de corrent continua de rotació, el servomotor de posicionament i els finals de cursa, són necessaris.

Per governar els elements del sistema, cal analitzar quins són els tipus d'actuadors i sensors que intervenen en el procés i els mètodes de control que són necessaris pel seu funcionament.

5.1 PLC

El PLC és l'element encarregat de gestionar els fluxos d'informació, activar les sortides adients en funció de les entrades o realitzar les operacions necessàries que requereixi el desenvolupament del programa.

L'autòmat utilitzat és un Omron CQM1H-CPU51. Aquest equip incorpora un mòdul CQM1-ID212 de 16 entrades digitals a 24Vcc amb comú compartit, amb una intensitat d'entrada de 6mA i connexions per terminal. També munta un mòdul CQM1-OC222 de 16 sortides digitals amb relé, amb una intensitat de sortida màxima de 2A, connexions per terminal i massa comuna.

Entre les característiques d'aquest autòmat, incorpora funcions d'interrupció d'entrada, interrupció de comptador, lectura de senyals d'encoder (fase A, fase B i Zero) i comptador d'alta velocitat. Disposa de 7,2 kparaules de memòria de programa, de 6 kparaules de memòria de l'àrea DM i de la possibilitat de governar fins 512 punts d'entrada i sortida.

Pel funcionament i control del servomotor, és necessari enviar un nombre determinat de polsos a una determinada freqüència. Aquests conceptes van lligats a la posició on ha d'arribar la plataforma i a la velocitat en que ho farà. Per aquest motiu, l'equip munta una targeta externa CQM1H-PLB-21 d'entrada i sortida de polsos a alta velocitat. Un encoder solidari a l'eix permet la lectura de la posició on es troba en tot moment la plataforma de posicionament. Les característiques tant d'entrada com de sortida de la targeta de polsos,

s'aprofiten en els dos casos. La sortida és l'encarregada d'enviar el tren de polsos al servodriver i l'entrada permet la lectura de la posició de l'encoder.

Per a la programació del PLC s'utilitzarà la suite Cx-One d'Omron, amb el software de programació Cx-Programmer v7.2.

La comunicació amb el PLC s'establirà a partir del protocol Host Link d'Omron amb comunicació sèrie. El cablejat entre autòmat i PC es connectarà amb connectors DB9 i seguirà el següent esquema:

Mascle CQM1H	Femella PC
Pin 2 – TXD	Pin 2 – RXD
Pin 3 – RXD	Pin 3 – TXD
Pin 9 – GND	Pin 5 – GND

Taula 1. Cablejat entre PLC i PC

5.2 Servodriver i servomotor

En general, es pot definir els servomotors elèctrics com a motors amb un rotor amb un moment d'inèrcia relativament baix, amb una gran capacitat de sobrecàrrega transitòria (fins a 6 vegades el parell nominal) i un valor elevat de la relació parell/inèrcia. El control d'aquests motors es duu a terme amb el seu propi servodriver, dimensionat per suportar les sobrecàrregues d'intensitat transitòries pròpies d'aquests tipus de motors.

El model de servomotor utilitzat és un servomotor brushless AC Omron R88M-UE75030V-S1, sense fre, de 750W de potència, 2,39Nm de parell i 3000rpm. Pel control i alimentació del motor és necessari muntar un servodriver Omron model R88D-UEP20V de 220Vac i 750W de potència.

El servodriver és l'element encarregat de commutar les fases corresponents del servomotor, creant un efecte giratori del camp magnètic a l'estator i fent que el rotor d'ímants permanents segueixi aquest camp giratori. En funció del nombre de polsos i a la freqüència que els envia l'autòmat, es van commutant les fases fet relacionat amb la velocitat de rotació del rotor i del posicionament final de la plataforma.

El servodriver també s'encarrega de verificar si la posició on s'ha aturat la plataforma és la correcta en funció del nombre de polsos que ha enviat l'autòmat, ja que llegeix els senyals de fase de l'encoder. El servodriver també és l'encarregat d'informar a l'autòmat en el moment que s'ha acabat el posicionament.

Per poder establir aquesta comunicació entre PLC i servodriver, és necessari un element d'interfície. En aquest cas, s'equipa el conjunt amb una interfície de control XW2B-20J6-3B d'Omron. Aquesta interfície permet l'entrada del senyal d'habilitació de funcionament del servomotor i la lectura dels senyals de fase zero de l'encoder i de confirmació de posicionament correcte.

Un cop realitzat el connexionat entre els elements anteriors, el necessari és configurar l'autòmat perquè identifiqui la targeta PLB-21 i treballar amb les instruccions lligades a la sortida de polsos.

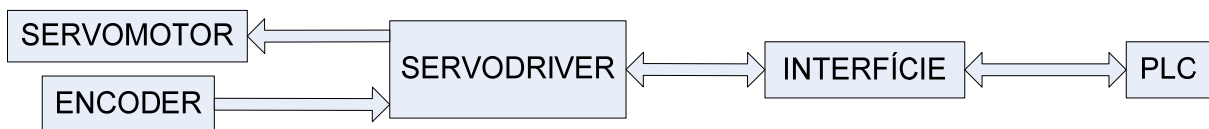


Figura 10. Flux d'informació entre el servomotor i el PLC

La instrucció PULS va lligada al nombre de polsos que s'han d'enviar i al sentit de gir que prendrà el motor, per tant a la posició final on s'aturarà la plataforma. SPED va lligat a la freqüència d'aquest tren de polsos, per tant a la velocitat en que es mourà la plataforma. ACC determina les rampes d'acceleració i desacceleració. La sortida de polsos que s'utilitzarà és el port 1 (CN1) de la tarja de polsos PLB-21.

5.3 Lectura de l'encoder

Per poder tancar el llaç de control i determinar amb exactitud que el nombre de polsos que s'ha enviat per arribar a una posició realment ha permès arribar-hi, el sistema equipava un encoder incremental solidari a l'eix del servomotor.

En aquests tipus d'encoders, una fase A i fase B permeten determinar el sentit de gir de l'eix motor, degut al desfasament que hi ha entre fases. Una altra fase Z o zero, marca l'inici d'una nova volta de 360°.

Tal com s'ha explicat al punt anterior, el propi servodriver rep la lectura de fases de l'encoder i activa una entrada del PLC quan s'ha arribat a la posició correcta. La interfície entre PLC i servodriver permet únicament la lectura de la fase Z de l'encoder però no permet la lectura de la resta de fases.

Per poder verificar el sentit de gir del motor, l'arribada a la posició final i monitoritzar en tot moment la posició on es troba la plataforma, s'ha muntat un element d'interfície entre l'encoder i el servodriver. Aquest element d'interfície permet extreure els senyals de les fases A i B i entrar-los al port 2 (CN2) de lectura de senyals d'encoder de la tarja de polsos PLB-21. Amb aquest nou element, el sistema guanya robustesa i es reafirma la capacitat d'exactitud de posicionament de la plataforma al verificar-se tant la lectura de l'encoder com el senyal de posicionament correcte del servodriver.

5.4 Sensors

El conjunt original disposa de sensors per aportar informació del procés. A cada extrem de la guia horitzontal, s'equipa un final de cursa per si en cas que la plataforma sobrepassi la posició inicial o final, s'informi a l'autòmat i s'aturi el servomotor de posicionament. Al inici de la maniobra, un detector inductiu permet constatar que la plataforma hi està situada. Uns detectors de posició de cilindres pneumàtics, permeten detectar si la plataforma de posicionament s'ha desplegat o si el cilindre de bloqueig del sistema rotatori està accionat. Un pressòstat a l'entrada d'aire comprimit, també informa a l'autòmat si hi ha prou pressió al sistema.

A més del conjunt anterior de sensors inclosos al manipulador, per dur a terme el nou procés serà necessari muntar dos nous sensors inductius. Un permetrà detectar la presència de peces per classificar en el punt de recollida i l'altre permetrà determinar el tipus de peça i l'orientació correcta.

5.5 Diàleg home-màquina

La posta en marxa d'un sistema de supervisió i control SCADA, ofereix un control total del conjunt. Compta amb la capacitat de selecció de pantalles amb els tres mètodes generals de treball; un primer mètode és un mètode de treball de selecció de seqüències programables, amb possibilitat de posicionament de la plataforma a un conjunt de punts durant un temps establert, de fer abaixar la plataforma, d'obrir i tancar les pinces..., un segon mètode és el

de posicionament manual de la plataforma, molt semblant al primer però amb un únic posicionament de la plataforma. El tercer mètode de treball és el de procés de classificació, on just al moment que es detectés la presència d'una peça al punt de recollida, la plataforma s'hi desplaçaria i començaria el procés de classificació.

Altres complements del sistema SCADA són la possibilitat de monitoratge de l'estat del sistema i el procés en temps real, consulta d'avisos, estat i sumari d'alarmes i incorporar un historial de maniobres que s'hagin dut a terme.

6 DISSENY DEL PROGRAMA

Per al disseny del programa s'utilitzarà el software Cx-Programmer que s'inclou dins la suite Cx-One d'Omron.

6.1 Relació d'entrades i sortides

TAG	Entrada	Descripció
Z_servo	0.00	Senyal de fase Z de l'encoder
Servo_en_pos	0.01	Confirmació de posicionament servodriver
Det_ind_zero	0.02	Detector inductiu plataforma a l'origen
FC_inici	0.03	Final de cursa guia horitzontal inici
FC_final	0.04	Final de cursa guia horitzontal final
Rele_emerg	0.05	Relé per informar a l'autòmat en cas d'emergència
Det_cil_plat	0.06	Detector cilindre plataforma
Det_cil_bloq	0.07	Detector cilindre bloqueig
Pressio_ok	0.08	Pressòstat confirmació pressió aire
Det_ind_peça	0.09	Detector inductiu peça per classificar
Det_ind_dent	0.10	Detector inductiu peça dentada

Taula 2. Relació d'entrades PLC Omron CQM1H

TAG	Sortida	Descripció
Run_servo	100.00	Senyal accionament servodriver i servomotor
Ev_cil_bloq	100.01	Electrovàlvula cilindre bloqueig
Cont_gir_mot	100.02	Contactador accionament gir motor
Ev_cil_plat	100.03	Electrovàlvula cilindre plataforma
Ev_pinces	100.04	Electrovàlvula pinces subjecció

Taula 3. Relació de sortides PLC Omron CQM1H

6.2 Relació de variables internes i àrees DM

TAG	Marca interna	Descripció
P1_0	10.00	Grafcet 1 posicionament inicial P1_0
P1_1	10.01	Grafcet 1 posicionament inicial P1_1
P1_2	10.02	Grafcet 1 posicionament inicial P1_2
P1_3	10.03	Grafcet 1 posicionament inicial P1_3
P1_4	10.04	Grafcet 1 posicionament inicial P1_4

Taula 4. Relació de variables internes des de 10.00 a 10.04

TAG	Marca interna	Descripció
P1_5	10.05	Grafcet 1 posicionament inicial P1_5
P2_0	11.00	Grafcet 2 procés de classificació P2_0
P2_1	11.01	Grafcet 2 procés de classificació P2_1
P2_2	11.02	Grafcet 2 procés de classificació P2_2
P2_3	11.03	Grafcet 2 procés de classificació P2_3
P2_4	11.04	Grafcet 2 procés de classificació P2_4
P2_5	11.05	Grafcet 2 procés de classificació P2_5
P2_6	11.06	Grafcet 2 procés de classificació P2_6
P2_7	11.07	Grafcet 2 procés de classificació P2_7
P2_8	11.08	Grafcet 2 procés de classificació P2_8
P2_9	11.09	Grafcet 2 procés de classificació P2_9
P2_10	11.10	Grafcet 2 procés de classificació P2_10
P2_11	11.11	Grafcet 2 procés de classificació P2_11
P2_12	11.12	Grafcet 2 procés de classificació P2_12
P2_13	11.13	Grafcet 2 procés de classificació P2_13
P2_14	11.14	Grafcet 2 procés de classificació P2_14
P2_15	11.15	Grafcet 2 procés de classificació P2_15
P3_0	15.00	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_0
P3_1	15.01	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_1
P3_2	15.02	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_2
P3_3	15.03	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_3
P3_4	15.04	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_4
P3_5	15.05	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_5
P3_6	15.06	Grafcet 3 paràmetres posicionament P3_6
P4_0	14.00	Grafcet 4 control de seqüències P4_0
P4_1	14.01	Grafcet 4 control de seqüències P4_1
P4_2	14.02	Grafcet 4 control de seqüències P4_2
P4_3	14.03	Grafcet 4 control de seqüències P4_3
P4_4	14.04	Grafcet 4 control de seqüències P4_4
P4_5	14.05	Grafcet 4 control de seqüències P4_5
P4_6	14.06	Grafcet 4 control de seqüències P4_6
P4_7	14.07	Grafcet 4 control de seqüències P4_7
P4_8	14.08	Grafcet 4 control de seqüències P4_8
P4_9	14.09	Grafcet 4 control de seqüències P4_9
P5_0	13.00	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_0
P5_1	13.01	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_1
P5_2	13.02	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_2
P5_3	13.03	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_3
P5_4	13.04	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_4
P5_5	13.05	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_5

Taula 5. Relació de variables internes des de 10.05 a 13.05

TAG	Marca interna	Descripció
P5_6	13.06	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_6
P5_7	13.07	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_7
P5_8	13.08	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_8
P5_9	13.09	Grafcet 5 posicionament plataforma P5_9
Canvi_mode_1	16.00	Flag de canvi de mode de treball 1
Canvi_mode_2	16.01	Flag de canvi de mode de treball 2
Canvi_mode_3	16.02	Flag de canvi de mode de treball 3
Canvi_mode_4	16.03	Flag de canvi de mode de treball 4
Flag_emerg	16.04	Flag d'emergència
Zero_eixos	18.00	Flag de posicionament inicial a l'origen
Posicionar	20.00	Flag per posicionar la plataforma
Lectura_posicions	21.00	Flag de lectura posició taula seqüències
Seg_sequencia	21.01	Flag per llegir posició següent seqüència
M_peça	21.02	Marca SCADA peça subjectada
M_peça0	21.03	Marca SCADA peça cilíndrica llisa posicionada
M_peça1	21.04	Marca SCADA peça dentada posicionada
M_peça_pos	21.05	Marca SCADA peça posicionada
Posicionat	22.00	Flag plataforma posicionada
Inici	30.00	Marca ordre posicionament inicial
Marxa	30.01	Marca ordre marxa
M_servo_en_pos	30.02	Marca confirmació posicionament servodriver
M_det_ind_zero	30.03	Marca detector inductiu plataforma a l'origen
M_FC_inici	30.04	Marca final de cursa guia horitzontal inici
M_FC_final	30.05	Marca final de cursa guia horitzontal final
M_rele_emerg	30.06	Marca relé d'informació d'emergència
M_det_cil_plat	30.07	Marca detector cilindres plataforma en repòs
M_det_cil_bloq	30.08	Marca detector cilindres bloqueig
M_pressio_ok	30.09	Marca pressòstat confirmació pressió aire
M_ev_cil_bloq	30.10	Marca electrovàlvula cilindre bloqueig
M_cont_gir_mot	30.11	Marca contactor motor CC de rotació
M_ev_cil_plat	30.12	Marca electrovàlvula cilindres plataforma
M_ev_pinces	30.13	Marca electrovàlvula pinces subjecció
M_det_ind_peça	30.14	Marca detector inductiu peça per classificar
M_det_ind_dent	30.15	Marca detector inductiu peça dentada
Citect_inici	31.00	Marca SCADA ordre inici
Citect_marxa	31.01	Marca SCADA ordre marxa
Citect_ev_cil_bloq	31.02	Marca SCADA electrovàlvula cilindre bloqueig
Citect_ev_cil_plat	31.03	Marca SCADA electrovàlvula cilindre plataforma
Citect_ev_pinces	31.04	Marca SCADA electrovàlvula pinces subjecció
Citect_cont_gir_mot	31.05	Marca SCADA contactor gir motor CC

Taula 6. Relació de variables internes des de 13.06 a 31.05

TAG	Marca interna	Descripció
Asc_inici	32.00	Flanc pujada ordre inici
Desc_inici	32.01	Flanc baixada ordre inici
Asc_marxa	32.02	Flanc pujada ordre marxa
Desc_marxa	32.03	Flanc baixada ordre marxa
Asc_mode	32.04	Flanc pujada mode treball
Desc_mode	32.05	Flanc baixada mode treball
Asc_sequencia	32.06	Flanc pujada mode programació seqüències
Desc_sequencia	32.07	Flanc baixada mode programació seqüències
CMP_Major_que	33.00	Bit comparació "major que" grafcet 5
CMP_Igual_que	33.01	Bit comparació "igual que" grafcet 5
CMP_Menor_que	33.02	Bit comparació "menor que" grafcet 5
SUBL_Positiu	33.03	Bit "resultat positiu" operació diferència
SUBL_Negatiu	33.04	Bit "resultat negatiu" operació diferència
SUBL_Igual	33.05	Bit "resultat igual" operació diferència
CMP_Posicio	33.06	Bit comparació "igual que" lectura encoder
CMP_igual_seq1	34.00	Bit "igual que" nombre de posicions seqüència
CMP_major_seq1	34.01	Bit "major que" nombre de posicions seqüència
CMP_menor_seq2	34.02	Bit "menor que" posició lectura seqüències
CMP_igual_seq2	34.03	Bit "igual que" posició lectura seqüències
Asc_servo_pos	35.00	Flanc pujada servo en posició
Asc_zero_eixos	35.01	Flanc pujada zero eixos
Asc_det_ind_zero	35.02	Flanc pujada detector inductiu zero
Asc_ev_cil_bloq	35.03	Flanc pujada electrovàlvula cilindre bloqueig
Asc_cont_gir_mot	35.04	Flanc pujada contactor gir motor
Asc_ev_cil_plat	35.05	Flanc pujada electrovàlvula cilindre plataforma
Asc_det_ind_peça	35.06	Flanc pujada detector inductiu peça a classificar
Asc_det_ind_dent	35.07	Flanc pujada detector inductiu peça dentada
Asc_peça0	35.08	Flanc pujada peça cilíndrica llisa
Asc_peça1	35.09	Flanc pujada peça dentada
Mode_treball	40.00	Mode de treball manual / procés classificació
Citect_mode	40.01	Marca SCADA mode de treball
M_run_servo	40.02	Marca habilitació servodriver i servomotor
Sequencia	40.03	Mode de treball programació seqüències
Citect_sequencia	40.04	Marca scada mode de treball seqüències

Taula 7. Relació de variables internes des de 32.00 a 40.04

DM	Descripció	Constant
DM16	Posició mode de treball manual	
DM20	Buffer posicionament	
DM22	Posició actual	

Taula 8. Relació d'àrees DM de DM16 a DM22

DM	Descripció	Constant
DM24	Posició següent	
DM28	Quantitat que augmenta la freqüència durant l'acceleració	10
DM29	Freqüència després de l'acceleració	500
DM30	Quantitat que disminueix la freqüència durant la desacceleració	10
DM31	Freqüència després de la desacceleració	50
DM32	Freqüència alta	100
DM33	Freqüència baixa	5
DM34	Polsos posicionament inicial origen	2500
DM36	Punt inici desacceleració origen	1800
DM38	Polsos motor -diferència entre posició actual i següent-	
DM40	Punt de desacceleració motor per començar frenada	
DM48	Polsos frenada	700
DM50	Bits baixos lectura polsos encoder	
DM51	Bits alts lectura polsos encoder	
DM53	Conversió nombre de polsos a posició en mil·límetres	
DM60	Comptador de posicions taula seqüències	
DM62	Nombre de posicions taula seqüències	
DM64	Punter posicions	
DM66	Punter temps	
DM68	Valor de temps de TIM020	
DM70 a DM77	Posicions taula seqüències	
DM80 a DM87	Valors de temps taula seqüències	
DM100	Comptador emergències	
DM101	Comptador final de cursa inici	
DM102	Comptador final de cursa final	
DM103	Comptador relé emergència	
DM104	Comptador pressòstat confirmació pressió aire	
DM110	Comptador nombre de posicionaments servo en posició	
DM111	Comptador maniobres endavant	
DM112	Comptador maniobres endarrere	
DM113	Comptador posicionaments a l'origen	
DM120	Comptador detector inductiu origen	
DM121	Comptador electrovàlvula cilindre bloqueig	
DM122	Comptador contactor gir motor	
DM123	Comptador electrovàlvula cilindre plataforma	
DM124	Comptador electrovàlvula pinces de subjecció	
DM125	Comptador detector inductiu peça per classificar	
DM126	Comptador detector inductiu peça dentada	
DM127	Comptador peça cilíndrica llisa	
DM128	Comptador peça dentada	

Taula 9. Relació d'àrees DM de DM24 a DM128

6.3 Estructura del programa

El disseny del programa ha d'oferir seguretat durant el desenvolupament del procés i de les diverses accions. No es pot comptar amb l'opció que el PLC quedi inoperatiu enmig d'una maniobra i que això pugui ocasionar algun desperfecte. En cas que es donés aquesta circumstància i quedés enclavat en algun punt del programa, com ja s'ha comentat anteriorment, hi ha d'haver un sistema de seguretat superant la lògica del PLC perquè es puguin desactivar els motors en qualsevol situació i s'aturi el procés.

L'estructuració del programa es basarà en sis parts generals. Una primera part es tracta de la gestió dels bits d'entrada i sortida i del diàleg entre SCADA i autòmat lligat a les marques internes, de la gestió de les parts del programa que actuaran en funció del mode de treball seleccionat i de l'actuació del conjunt si es produeix una emergència.

La resta de parts del programa són els grafquets que actuen perquè es desenvolupin els diversos modes de funcionament. En són cinc: un grafquet pel posicionament inicial de la plataforma, un pel mode de procés de classificació de peces, un altre per configurar els paràmetres de posicionament de la plataforma en mode de treball manual o de programació de seqüències, un per controlar les posicions de la taula amb els posicionaments i els temps de la seqüència i finalment un altre per posicionar la plataforma fins al punt corresponent.

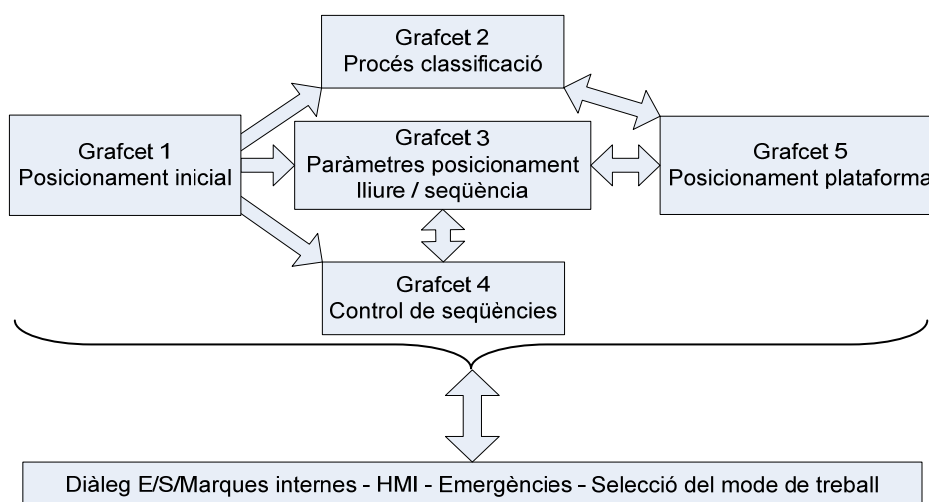


Figura 11. Flux d'informació entre parts generals del programa

En tot cas, pel desenvolupament de qualsevol dels diversos modes de treball, sempre cal passar pel grafquet 1 de posicionament inicial de la plataforma fins al punt d'origen zero i

sempre cal enviar els paràmetres de posicionament de la plataforma al grafcet 5 per poder-s'hi posicionar. L'activació de la resta de grafquets intermitjos va lligada al mode de treball. La tasca del grafcet 2 és controlar el procés de classificació de peces, amb la identificació i la classificació dels diversos tipus de peces. La tasca del grafcet 3 és enviar els paràmetres de posicionament al grafcet 5 quan es treballa en mode manual o de programació de seqüències. El grafcet 4 controla la taula de posicionaments i temps d'espera de les seqüències i li indica al grafcet 3 quin són els paràmetres a enviar cap al grafcet 5.

6.4 Grafcet 1: posicionament inicial

En qualsevol cas, sempre que es seleccioni un dels tres modes d'operació disponibles o es canviï d'un procés a l'altre i es vulgui iniciar la maniobra, caldrà posicionar la plataforma fins a l'origen perquè d'aquesta forma sàpiga on es troba el punt zero i així tenir una referència.

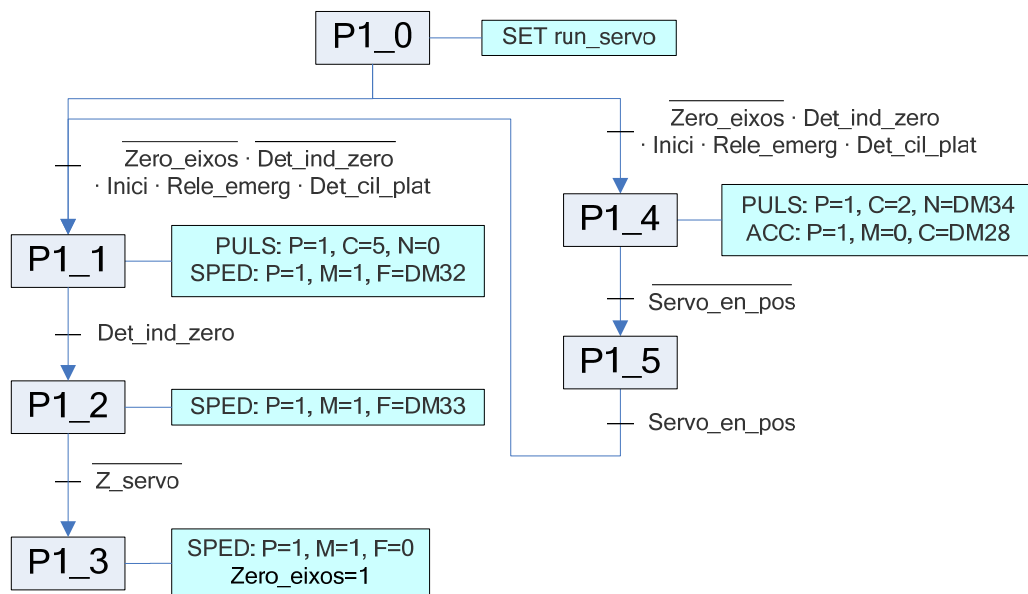


Figura 12. Grafcet 1 – Posicionament inicial

El detector inductiu situat al inici de la guia (DET_IND_ZERO) indicarà si la plataforma es troba prop de l'origen o està allunyada i en funció d'això, es prendrà un camí o un altre. En cas que estigui prop de l'origen, la plataforma s'allunyarà 250mm i començarà a desaccelerar quan estigui allunyada 180mm de l'origen (PULSE: sentit horari, número de polsos DM34=2500 i punt de desacceleració DM36=1800), amb rampes d'acceleració i desacceleració (ACC: paràmetres d'acceleració i desacceleració de DM28 a DM31) fins aturar-se. A partir d'aquí començaria el procés si la plataforma no hagués estat situada prop l'origen.

Quan la plataforma s'hagi aturat, començarà a recular cap enrere apropant-se cap a l'origen, sense límit de polsos i a una freqüència de 1kHz (PULSE: sentit antihorari, sense límit de polsos; SPED: freqüència alta DM32=100) fins que s'activi el detector inductiu DET_IND_ZERO=1. Llavors, la velocitat de la plataforma disminuirà i els polsos passaran a una freqüència de 50Hz (SPED: freqüència baixa DM33=5). La plataforma es continuarà movent fins que es detecti un flanc de la fase Z de l'encoder (Z_SERVO=0), que significarà que s'ha arribat al zero de l'encoder i estem a l'origen. Llavors es pot parar el servomotor (SPED: freqüència=0) i s'activa la flag ZERO_EIXOS=1 que permetrà l'inici de la resta de graficets fins que es canviï de mode de treball o es produeixi alguna emergència.

6.5 Graficet 2: Procés classificació

Si s'ha seleccionat el mode de treball de classificació, el procés s'iniciarà quan la plataforma s'hagi posicionat a l'origen i la flag ZERO_EIXOS estigui activa. Durant 4 segons, el timer 0 estarà actiu com a mesura preventiva i un cop passat aquest temps, en el moment que es detecti una peça per classificar (DET_IND_PEÇA=1) la plataforma es posicionarà a 200mm de l'inici (@MOV #2000 DM20), baixarà la plataforma, es tancaran les pinces de subjecció i tornarà a pujar la plataforma amb la peça subjectada. També es resetejaran les marques M_PEÇA0, M_PEÇA1 i M_PEÇA_POS necessàries per a la simulació del procés dins el sistema SCADA.

Llavors, un cop la plataforma estigui recollida i s'estigui subjectant la peça, la plataforma es desplaçarà a 400mm de l'inici (@MOV #4000 DM20) on hi ha el punt de rotació per determinar el tipus de peça. Durant 8 segons s'activarà el motor de rotació de corrent contínua (M_CONT_GIR_MOT=1). Si durant aquest temps el detector inductiu (DET_IND_PEÇA) no ha detectat com a mínim dues vegades el pas de la dent metàl·lica, es considerarà que la peça per classificar és una peça llisa (M_PEÇA0=1). En cas que durant aquests 8 segons es detecti com a mínim dues vegades una part metàl·lica es considerarà que es tracta d'una peça dentada (M_PEÇA1=1). En funció del tipus de peça detectada, la plataforma es dirigirà cap al punt de classificació pertinent. Pel cas de la peça cilíndrica llisa, la plataforma es posicionarà a 600mm de l'inici (@MOV #6000 DM20) i pel cas de la peça dentada es posicionarà a 800mm de l'inici (@MOV #8000 DM20). A partir d'aquí el procés és el mateix, quan ja s'ha posicionat baixa la plataforma, s'obren les pinces de subjecció, es diposita la peça i la plataforma torna a recollir-se. La marca M_PEÇA_POS s'activa per informar al SCADA de la situació i la plataforma es posiciona altre cop a l'origen, a l'espera que es detecti una nova peça per classificar.

Entre els diferents processos, intervindran diversos timers per assegurar que totes les maniobres s'inicien i s'acaben correctament, a més a més dels sensors i detectors de posició dels cilindres pneumàtics.

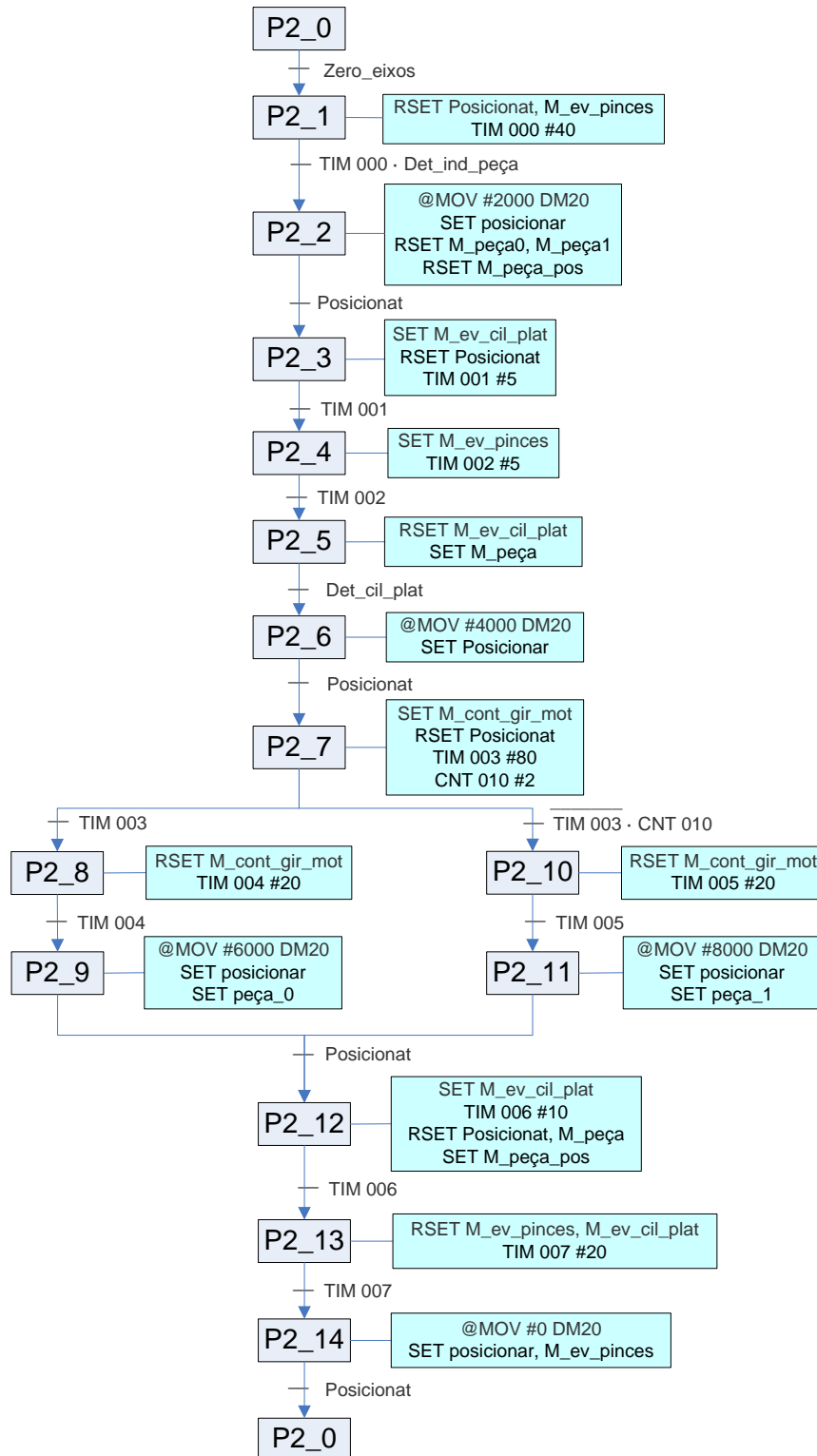


Figura 13. Grafcet 2 – Procés classificació

6.6 Grafcet 3: Paràmetres posicionament lliure / seqüència

Aquesta part del programa intervé en dos modes de treball; en mode de posicionament lliure i en la selecció de seqüències. Tal i com al cas anterior, fins que la flag ZERO_EIXOS no s'activi, el procés no es posarà en marxa. El desenvolupament del programa anirà en funció del mode de treball.

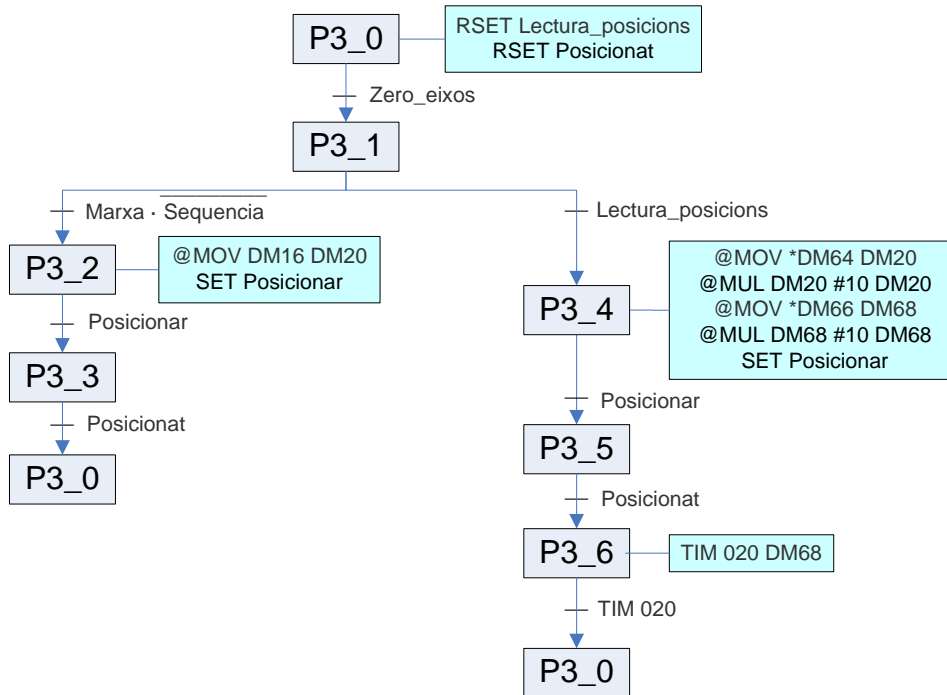


Figura 14. Grafcet 3 – Paràmetres posicionament lliure / seqüències

Si estem en mode de posicionament lliure i es prem MARXA, el que es fa és moure el valor de DM16 a DM20 (@MOV DM16 DM20) i activar POSICIONAR perquè la plataforma es desplaci fins al punt en concret. El contingut de DM16 és el valor on s'ha de posicionar i s'hi escriu a través del SCADA. DM20 és el buffer de les posicions on s'emmagatzema el valor. Al fer POSICIONAR=1, el que es fa és cridar al grafcet 5 de posicionament de la plataforma i es pren com a punt de posicionament el valor emmagatzemat a DM20. Quan ha arribat al punt de destí, el grafcet 5 retorna un POSICIONAT=1 i s'acaba la maniobra fins una nova ordre.

En cas que es treballi en mode de selecció de seqüències, el grafcet 4 és l'encarregat del control de la lectura de posicions i de passar els paràmetres al grafcet 3. La flag LECTURA_POSICIONS=1 dóna pas a la lectura de les posicions i del temps d'espera de la taula. Es disposa de DM64 que és el punter de les posicions i de DM66 que és el punter del

temps. El valor que contenen aquests dos punters correspon a l'àrea DM que conté la posició i el temps d'espera. Per tant, el que es fa és moure el contingut del que apunta DM64 a DM20 (@MOV *DM64 DM20) i el contingut del que apunta DM66 a DM68 (@MOV *DM66 DM68). El contingut de DM68 correspon al valor de temps del TIM020. És necessari també multiplicar per 10 el valor de DM20 i DM68 per adaptar-los a l'escala que treballen les instruccions de l'autòmat. Llavors s'activa POSICIONAR=1 i un cop arriba a la posició, el grafcet 5 retorna un POSICIONAT=1 i s'acaba la maniobra. D'aquesta forma, la funció del grafcet 4 és modificar els valors dels punters i així el grafcet 3 llegeix els valors de les posicions correctament.

Per exemple, el valor de la primera posició es troba a DM70 i el temps d'espera corresponent a DM80. Per tant, el valor amb que estarà carregat el punter DM64 serà 70 i el valor del punter DM66 serà 80, que són les dues posicions DM on hi ha les dades. Llavors, el contingut del que apunta DM64 (en aquest cas DM64 apunta a DM70) s'enviarà a DM20 i el contingut del que apunta DM66 (en aquest cas DM66 apunta a DM80) s'enviarà a DM68.

6.7 Grafcet 4: Control de seqüències

La funció del grafcet 4 és el control de la lectura de posicions i temps per a la programació de seqüències. Com la resta de casos, primer de tot és necessari haver posicionat inicialment la plataforma a l'origen (ZERO_EIXOS=1). Llavors, s'inicien els punters amb el comptador de posicionaments DM60 a 1, el punter de posicions DM64 a 70 i el punter de temps DM66 a 80. Si es prem MARXA o la flag SEG_SEQUENCIA=1, s'iniciarà el procés comparant el valor de DM62 amb 0 (CMP DM62 #0). DM62 correspon amb el nombre total de posicionaments de la seqüència i s'escriurà des del SCADA. En cas que sigui igual a 0, voldrà dir que no hi ha seqüència i tornarà a començar. En cas que sigui major a 0, s'activarà LECTURA_POSICIONS=1 i el grafcet 3 començarà a treballar, passant els valors de posició i temps pertinents. Llavors es compara DM60 (comptador de posicionaments) amb DM62 (nombre de posicionaments de la seqüència) (CMP DM60 DM62). En cas que els dos valors siguin iguals voldrà dir que s'ha arribat al final de la seqüència i fins que no es polsi novament MARXA no hi haurà més posicionaments. En cas que el valor de DM60 sigui inferior a DM62, voldrà dir que encara falten més posicionaments i es sumarà 1 a DM60, a DM64 i a DM66 i s'activarà SEG_SEQUENCIA=1. D'aquesta manera, els punters de la pròxima lectura de paràmetres del grafcet 3 estaran actualitzats i el comptador de posicions també.

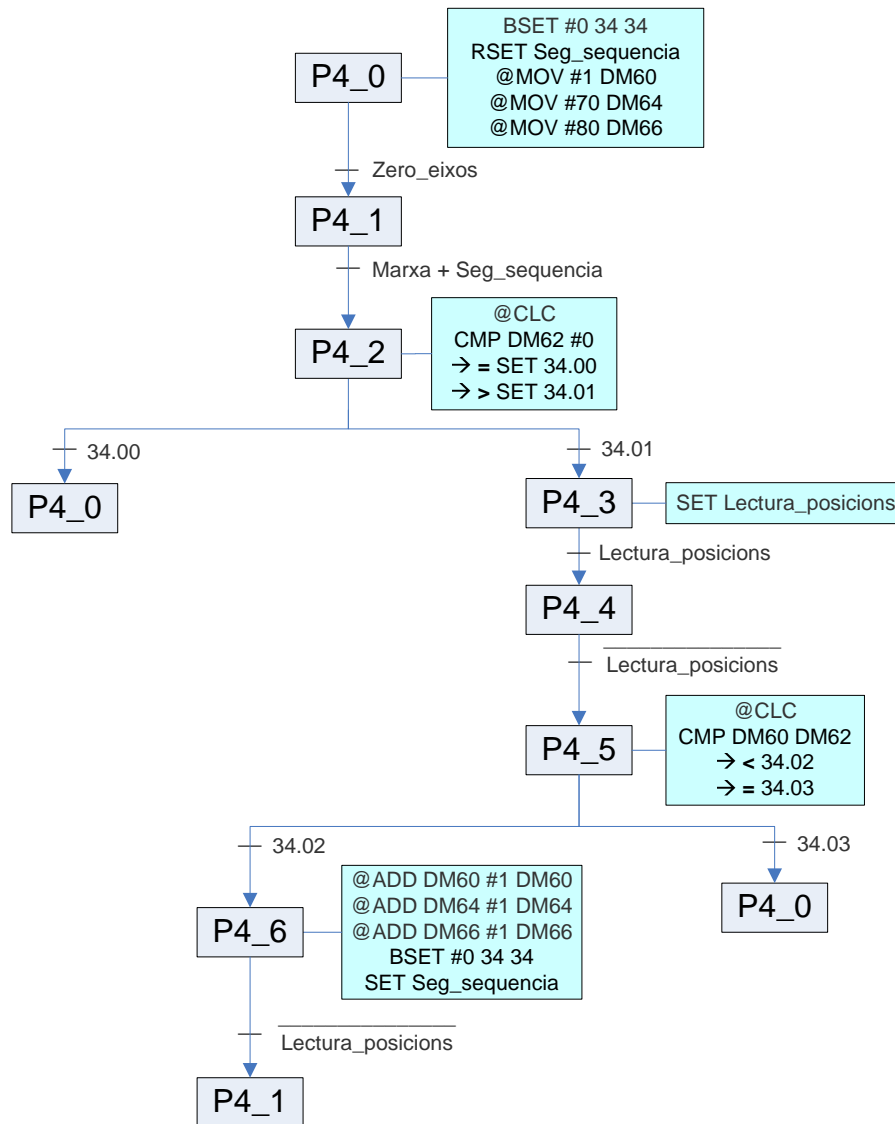


Figura 15. Grafcet 4 – Control de seqüències

6.8 Grafcet 5: Posicionament plataforma

Aquesta part del programa s'utilitza per controlar el servomotor de posicionament de la plataforma. Per fer un posicionament, el necessari és enviar el valor de la posició al buffer DM20 i activar POSICIONAR=1 des de qualsevol dels altres grafquets. Llavors, es transfereix el contingut del buffer DM20 a DM24 (POSICIÓ SEGÜENT) i es resta DM24 amb DM22 (POSICIÓ ACTUAL) per calcular la diferència entre posicions, (SUBL DM24-DM22=DM38) on DM38 és el NOMBRE DE POLSOS que determinarà també el sentit de gir del motor.

Si la diferència és positiva (33.03=1), significa que la posició següent és major a l'actual i el motor avança en sentit horari. Si la diferència és negativa (33.04=1), voldrà dir que la posició

següent és menor a l'actual i la plataforma haurà de recular en sentit antihorari. Si la diferència és igual a 0 ($33.05=1$) la plataforma estarà posicionada correctament i s'haurà acabat la maniobra.

La velocitat del motor anirà en funció de la distància entre posicions. El que es fa és comparar el valor de DM38 amb DM48 (POLsos FRENADA), que són els polsos necessaris per a la desacceleració de frenada. Si el valor DM38 és superior o igual al de DM48 ($33.00=1$ o $33.01=1$), la velocitat seguirà una rampa d'acceleració fins a una freqüència de 5kHz on es mantindrà fins arribar al valor de DM40 (PUNT DESACCELERACIÓ), desaccelerant progressivament fins arribar a 0. Els paràmetres d'aquesta maniobra es troben a DM28, DM29, DM30 i DM31. Si el valor DM38 és inferior a DM48 ($33.02=1$), no es podrà seguir una rampa, perquè els polsos necessaris per a la desacceleració són majors a la distància entre posicions. Per això, al ser una distància curta es segueix una velocitat constant a una freqüència de 500Hz fins arribar al punt.

Per confirmar que s'ha arribat correctament al punt de destí, s'opta per confirmar el bit de SERVO_EN_POS del servodriver amb la lectura directa de l'encoder. La targeta d'entrada i sortida de polsos disposa d'entrada de lectura de les fases A i B de l'encoder, determinant el sentit de gir i el comptatge. Des del SCADA es realitza el seguiment dels polsos i es converteix el nombre de polsos ($DM51+DM50$) amb el valor de posició ($DM53$). Llavors des de l'autòmat es compara el valor de DM53 amb DM22 (POSICIÓ ACTUAL) i quan és el mateix valor s'activa $33.06=1$. Per acabar el procés es reseteja POSICIONAR=0 i es retorna POSICIONAT=1 per informar a la resta de graficets que s'ha arribat a la posició i es pot continuar desenvolupant el procés.

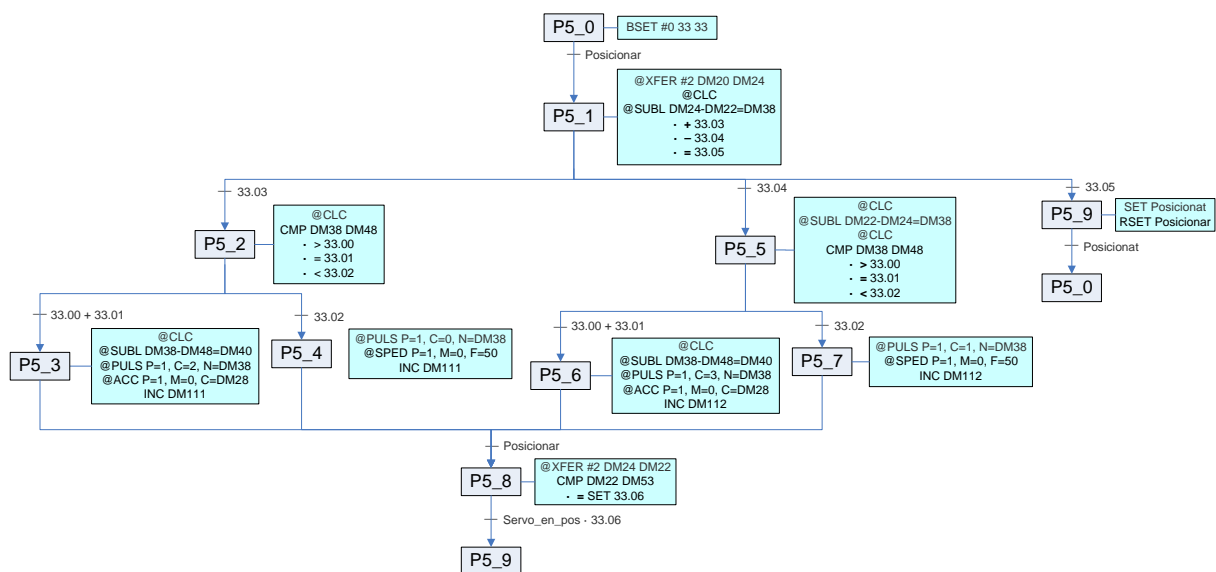


Figura 16. Graficet 5 – Posicionament plataforma

7 DIÀLEG HOME-MÀQUINA. SCADA

Pel diàleg home-màquina s'ha optat per un sistema SCADA mitjançant l'ús d'un PC, amb l'entorn de programació Citect v7.10. El cable de connexió necessari entre PC i PLC és el mateix utilitzat per a la programació de l'autòmat.

Les comunicacions entre CPU i SCADA seran bidireccionals, permetent la lectura i escriptura de les dades en els dos sentits. Aquest sistema permet la representació de les variables que intervenen en el procés de manera gràfica i animada. La representació és immediata, de forma que es pot fer el seguiment de qualsevol procés en temps real.

La tasca més important del sistema SCADA és permetre la intervenció dels operaris dels processos, podent seleccionar els modes de treball i variar els paràmetres de funcionament del procés. El conjunt equipa un sistema de gestió i seguiment d'alarmes i un historial i monitoratge de maniobres.

7.1 Relació de tags

A continuació es mostra la relació de tags que intervenen. Per agrupar tots aquests tags cal crear un grup, en aquest cas el grup1. Els tags de variable corresponen a les variables que es poden llegir i escriure dins de l'autòmat. Les variables locals s'utilitzen únicament com a informació pel programa SCADA.

Tags de variable		
TAG	Direcció	Descripció
Zero_eixos	01800	Flag de posicionament inicial a l'origen
Posicionar	02000	Flag per posicionar la plataforma
M_peça	02102	Marca SCADA peça subjectada
M_peça0	02103	Marca SCADA peça cilíndrica llisa posicionada
M_peça1	02104	Marca SCADA peça dentada posicionada
M_peça_pos	02105	Marca SCADA peça posicionada
Servo_en_pos	03002	Marca confirmació posicionament servodriver
Det_ind_zero	03003	Marca detector inductiu plataforma a l'origen
FC_inici	03004	Marca final de cursa guia horitzontal inici
FC_final	03005	Marca final de cursa guia horitzontal final
Rele_emerg	03006	Marca relé d'informació d'emergència

Taula 10. Relació de tags de variable de 01800 a 03006

TAG	Direcció	Descripció
Det_cil_plat	03007	Marca detector cilindres plataforma en repòs
Det_cil_bloq	03008	Marca detector cilindres bloqueig
Pressio_ok	03009	Marca pressòstat confirmació pressió aire
M_cont_gir_mot	03011	Marca contactor motor CC de rotació
M_ev_pinces	03013	Marca electrovàlvula pinces subjecció
Det_ind_peça	03014	Marca detector inductiu peça per classificar
Det_ind_dent	03015	Marca detector inductiu peça dentada
Inici	03100	Marca SCADA ordre inici
Marxa	03101	Marca SCADA ordre marxa
Ev_cil_bloq	03102	Marca SCADA electrovàlvula cilindre bloqueig
Ev_cil_plat	03103	Marca SCADA electrovàlvula cilindre plataforma
Ev_pinces	03104	Marca SCADA electrovàlvula pinces subjecció
Cont_gir_mot	03105	Marca SCADA contactor gir motor CC
Mode_treball	04001	Marca SCADA mode de treball
Run_servo	04002	Marca habilitació servodriver i servomotor
Sequencia	04004	Marca scada mode de treball seqüències
LecturaDM16	DM16	Posició mode de treball manual
LecturaDM20	DM20	Buffer posicionament
LecturaDM22	DM22	Posició actual
LecturaDM24	DM24	Posició següent
LecturaDM38	DM38	Diferència de polsos entre posició actual i següent
LecturaDM50	DM50	Bits baixos lectura polsos encoder
LecturaDM51	DM51	Bits alts lectura polsos encoder
LecturaDM53	DM53	Conversió núm. polsos a posició en mm.
LecturaDM60	DM60	Comptador de posicions taula seqüències
LecturaDM62	DM62	Nombre de posicions taula seqüències
LecturaDM64	DM64	Punter posicions
LecturaDM66	DM66	Punter temps
LecturaDM68	DM68	Valor de temps de TIM020
LecturaDM70	DM70	Fila 1 taula seqüències posicionament 1
LecturaDM71	DM71	Fila 2 taula seqüències posicionament 2
LecturaDM72	DM72	Fila 3 taula seqüències posicionament 3
LecturaDM73	DM73	Fila 4 taula seqüències posicionament 4
LecturaDM74	DM74	Fila 5 taula seqüències posicionament 5
LecturaDM75	DM75	Fila 6 taula seqüències posicionament 6
LecturaDM76	DM76	Fila 7 taula seqüències posicionament 7
LecturaDM77	DM77	Fila 8 taula seqüències posicionament 8
LecturaDM80	DM80	Fila 1 taula seqüències temps 1
LecturaDM81	DM81	Fila 2 taula seqüències temps 2
LecturaDM82	DM82	Fila 3 taula seqüències temps 3

Taula 11. Relació de tags de variable de 03007 a DM82

TAG	Direcció	Descripció
LecturaDM83	DM83	Fila 4 taula seqüències temps 4
LecturaDM84	DM84	Fila 5 taula seqüències temps 5
LecturaDM85	DM85	Fila 6 taula seqüències temps 6
LecturaDM86	DM86	Fila 7 taula seqüències temps 7
LecturaDM87	DM87	Fila 8 taula seqüències temps 8
LecturaDM100	DM100	Comptador emergències
LecturaDM101	DM101	Comptador final de cursa inici
LecturaDM102	DM102	Comptador final de cursa final
LecturaDM103	DM103	Comptador relé emergència
LecturaDM104	DM104	Comptador pressòstat confirmació pressió aire
LecturaDM110	DM110	Comptador núm. de posicionaments servo_en_pos
LecturaDM111	DM111	Comptador maniobres endavant
LecturaDM112	DM112	Comptador maniobres endarrere
LecturaDM113	DM113	Comptador posicionaments a l'origen
LecturaDM120	DM120	Comptador detector inductiu origen
LecturaDM121	DM121	Comptador electrovàlvula cilindre bloqueig
LecturaDM122	DM122	Comptador contactor gir motor
LecturaDM123	DM123	Comptador electrovàlvula cilindre plataforma
LecturaDM124	DM124	Comptador electrovàlvula pinces de subjecció
LecturaDM125	DM125	Comptador detector inductiu peça per classificar
LecturaDM126	DM126	Comptador detector inductiu peça dentada
LecturaDM127	DM127	Comptador peça cilíndrica llisa
LecturaDM128	DM128	Comptador peça dentada

Taula 12. Relació de tags de variable de DM84 a DM128

Variables locals		
TAG	Tipus	Descripció
Oper_input_real	BCD	Valor posicionament mode manual

Taula 13. Relació de variables locals

7.2 Pantalla principal

El menú de la pantalla principal permet l'accés a qualsevol de les opcions disponibles del sistema SCADA. Disposa d'accés als tres modes de treball; posicionament manual, programació de seqüències i procés de classificació. Permet l'entrada a la consulta i gestió d'alarmes, diferenciades per alarmes del procés i alarmes per problemes de hardware i software. També permet la deshabilitació d'alarmes i seguir un sumari amb les incidències i el temps perdut. La branca d'historial aporta un monitoratge i historial de maniobres.

L'entorn gràfic utilitzat, disposa d'una barra lateral per moure's per qualsevol pantalla fàcilment, podent anar endavant o endarrere, consultar alarmes, incidències o informes. La barra superior mostra informació de les incidències i alarmes.

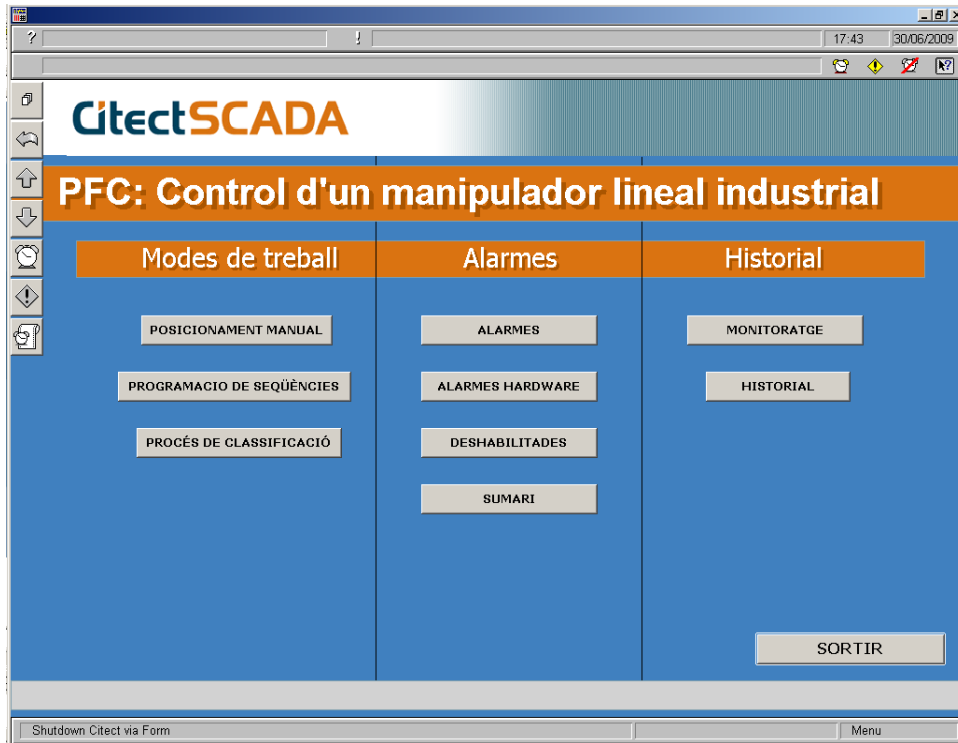


Figura 17. Menú principal

7.3 Posicionament manual

En mode de posicionament manual, es permet seleccionar la posició exacta i posicionar-se amb la plataforma al punt escollit. El moviment és lliure, escollint la posició tantes vegades com es vulgui. Al punt on s'atura, es pot treballar amb les diverses possibilitats que ofereix el sistema, desplegant o recollint la plataforma, tancant o obrint les pinces, fent bloquejar el sistema de gir o activant el motor giratori. Com a mesura de seguretat, en cap cas és possible activar el bloqueig del giratori i el motor simultàniament.

L'entorn permet la selecció de la posició a partir d'una barra de desplaçament, d'uns botons per augmentar o disminuir el valor de la posició o bé escrivint directament el valor al tag de posició actual. Altres elements d'informació disponibles són la lectura del nombre de polsos de l'encoder i la conversió del nombre de polsos a posició en mil·límetres. Des de la mateixa pantalla, es permet la consulta de l'historial, del monitoratge del procés i es pot retornar al menú principal.

La representació gràfica del manipulador aporta informació de l'estat dels motors, de la posició de la plataforma i de les pinces. En aquest cas, la plataforma està desplegada, posicionada a 627mm i amb el motor de corrent contínua activat

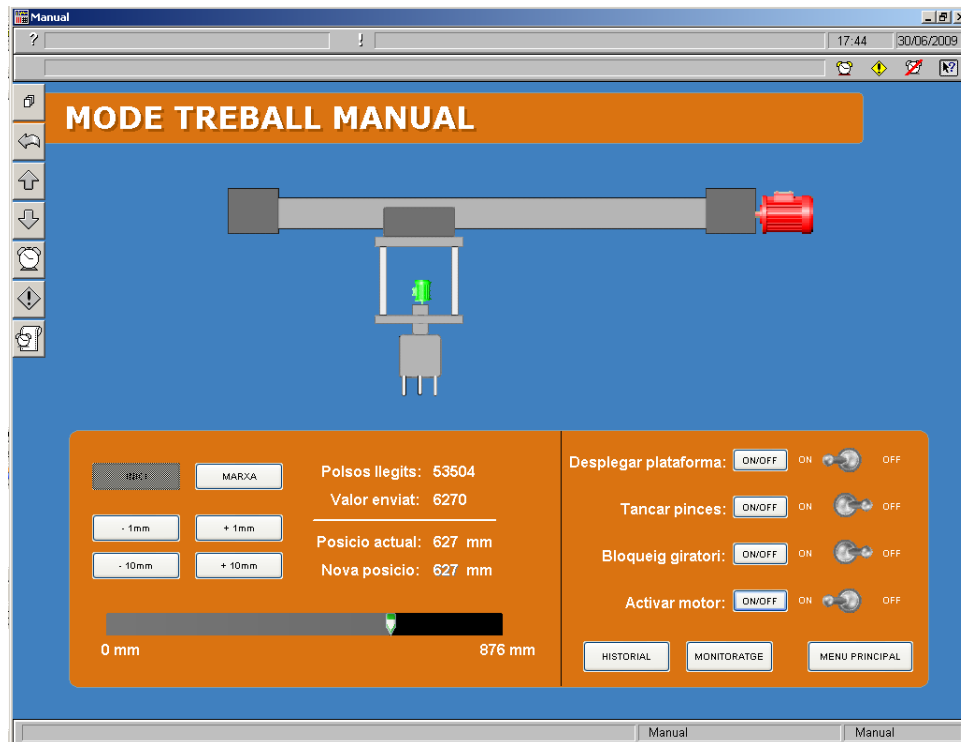


Figura 18. Mode de treball manual

7.4 Programació de seqüències

En mode de programació de seqüències, la filosofia és la mateixa que en mode manual però en comptes de posicionar-se únicament sobre una posició en concret es disposa d'una taula per seleccionar fins a 8 posicions diferents amb 8 temps d'espera, un per a cada posició. Un cop s'han escrit les posicions i el temps d'espera, es fixa el nombre de posicionaments que es duran a terme al tag NOMBRE DE POSICIONS i ja es pot iniciar la marxa. En aquest cas també és possible desplegar o recollir la plataforma, tancar o obrir les pinces, bloquejar el giratori i activar el motor de rotació.

Els elements d'informació disponibles són la lectura del nombre de polsos de l'encoder, la lectura de la posició en temps real, veure els valors dels punters de posicionament i temps i veure el valor del comptador de la taula de posicions.

Des de la pantalla també es permet l'accés a les pantalles de monitoratge, historial i l'accés al menú principal. En aquest cas, la plataforma estava desplaçant-se fins a la posició P2 (Punter posició → DM64=71 i punter temps → DM66=81 apunten a les dades de la segona posició).



Figura 19. Programació de seqüències

7.5 Procés de classificació

L'entorn del mode de procés de classificació varia respecte els dos casos anteriors. En aquest cas, per iniciar la maniobra cal pulsar el botó INICI perquè la plataforma es posi a l'origen i llavors cal esperar que una peça es col·loqui al punt de recollida. En aquest cas hi ha 5 posicions predefinides, en que la plataforma s'hi posiciona en funció del tipus de peça.

Aquestes 5 posicions són l'origen, el punt de recollida de la peça per classificar, el punt d'orientació on la peça gira sobre si mateixa perquè el detector inductiu detecti si es tracta d'una peça amb dent o llisa i llavors els dos punts per dipositar les peça, un per cada tipus.

Igual com als casos anteriors, des d'aquesta mateixa pantalla és possible accedir al contingut de les pantalles d'historial i monitoratge. En aquest cas es disposa d'un historial

amb el nombre de peces dentades i el nombre de peces llises classificades que és possible resetejar. També es disposa de la lectura del nombre de polsos i del valor en temps real de la posició de la plataforma.

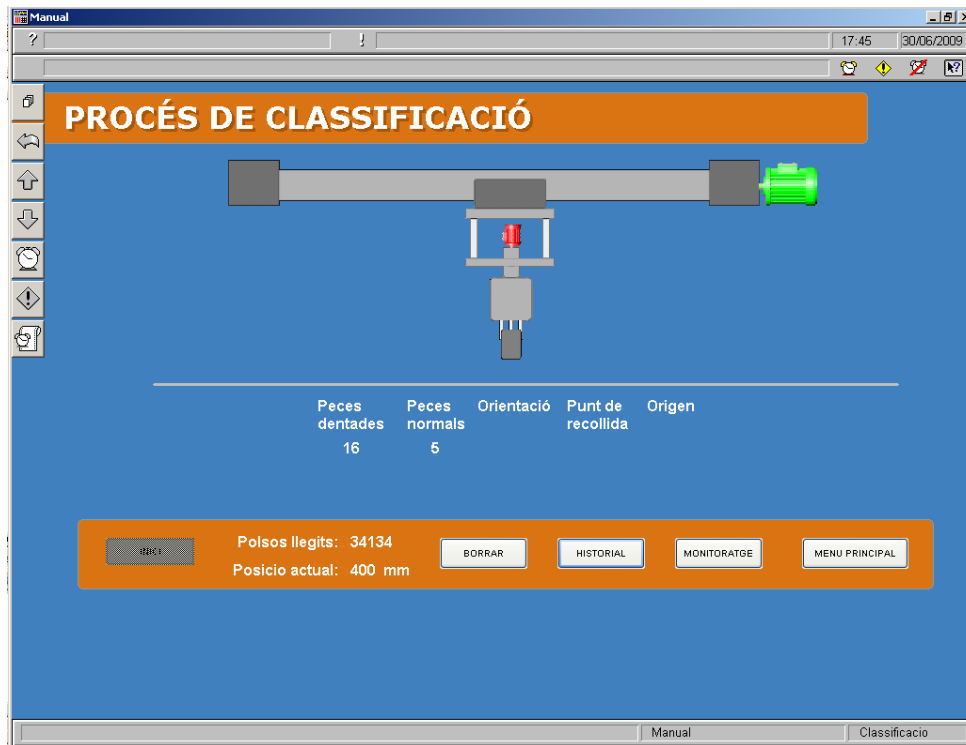


Figura 20. Procés de classificació

7.6 Historial i monitoratge

Les pantalles d'historial i monitoratge, aporten informació del que succeeix en el procés.

La pantalla d'historial realitza un comptatge de totes les emergències que s'han produït i les desglossa en emergències per final de cursa d'inici, final de cursa de fi, pulsació del pulsador d'emergència i falta de pressió d'aire comprimit. També realitza un comptatge del nombre total de posicionaments, amb el nombre de moviments endavant, endarrere i el calibrat d'inici fins a l'origen. Finalment, també realitza un comptatge del total de maniobres, amb les maniobres de desplegar i recollir plataforma, obertura i tancament de pinces, cilindres de bloqueig, encesa del motor de rotació, detecció de plataforma a l'origen, detecció de peça per classificar i detecció de peça dentada. En qualsevol dels tres agrupaments d'historial, es poden resetejar les dades per separat per tornar a iniciar el comptatge.

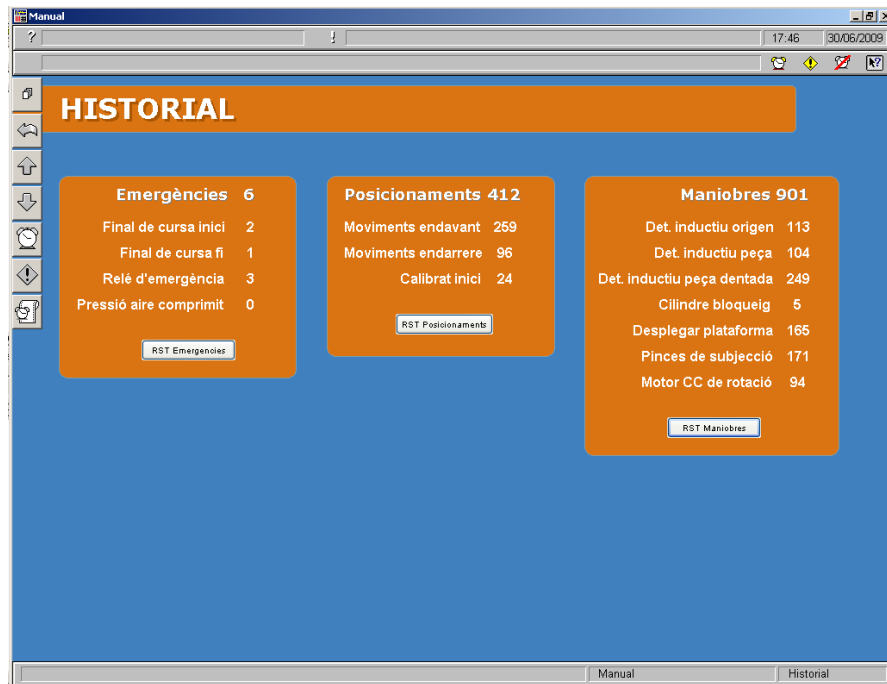


Figura 21. Pantalla d'historial

La pantalla de monitoratge permet consultar l'estat dels detectors inductius i de posició dels cilindres pneumàtics. També permet consultar si hi ha alguna de les quatre senyals d'emergència activa, el mode de treball que està treballant en aquest instant i l'estat dels senyals de control, tot en temps real.

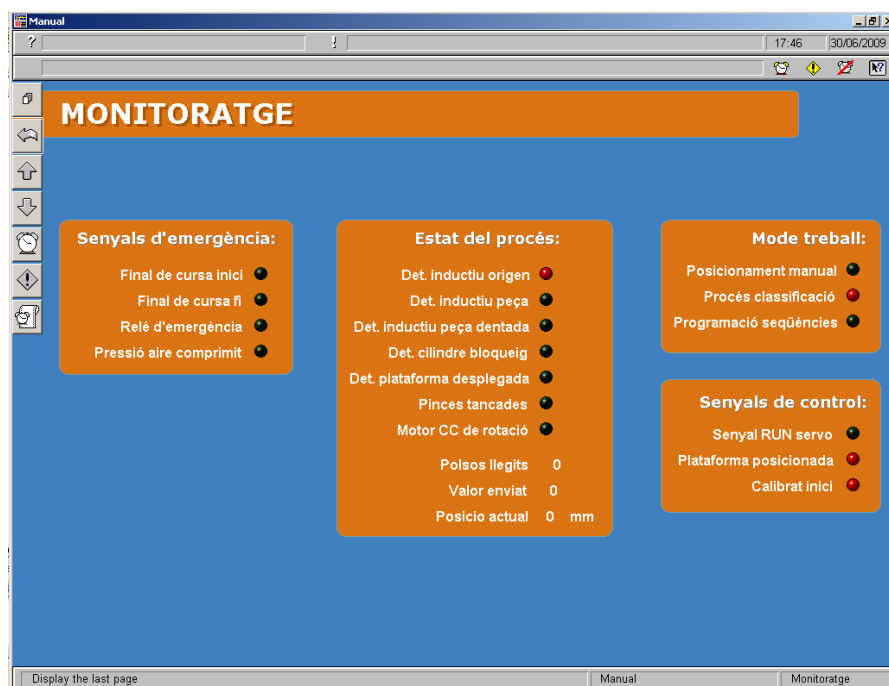


Figura 22. Pantalla de monitoratge

7.7 Alarmes

El sistema SCADA disposa d'un sistema de gestió i historial d'alarmes propi per si en cas de falla, s'informi ràpidament a l'usuari a través d'indicatius d'emergència.

Utilitzant un sistema SCADA es pot mostrar de manera gràfica i senzilla l'evolució i l'estat dels processos en temps real i de la mateixa forma intervenir-hi. Quan es produeix una alarma succeeix el mateix, s'informa a l'operari en temps real d'un problema que hi ha dins el procés i que cal reparar.

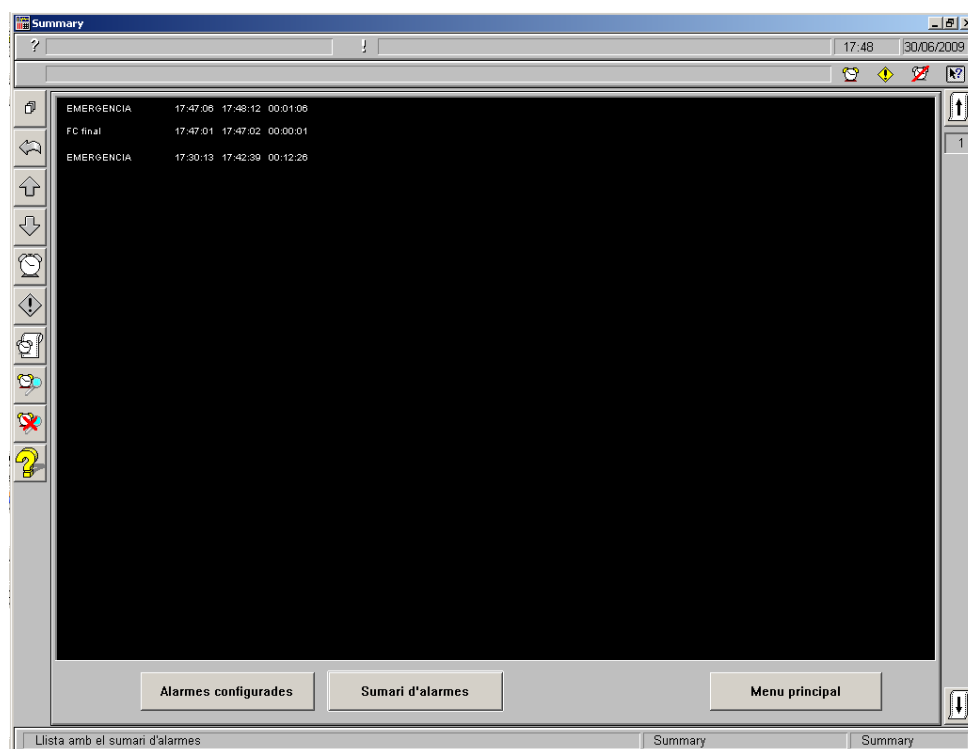


Figura 23. Sumari d'informació d'alarmes reconegudes

Les alarmes s'engloben en dos grans grups: alarmes relacionades amb el procés i alarmes de hardware. Qualsevol alarma que no es relacioni amb el procés sinó que sigui per algun error dels equips com ara ordinador, PLC o problema de càlcul, s'englobarà dins el grup d'alarmes de hardware. El tractament serà el mateix en els dos casos.

Fins que no s'ha reconegut una alarma, s'anomena alarma activa. En aquest cas, tota alarma que està activa dins el sistema o que ja ha desaparegut però no s'ha reconegut per l'operador de planta es considera una alarma activa.

Quan aparegui una alarma activa, a la part superior dreta s'activarà una emergència lluminosa indicant que hi ha una anomalia en el procés, amb el número de l'alarma, el nom i la descripció. Si ho polsem podrem reconèixer una a una cada alarma activa i llavors podrem consultar el sumari d'alarmes amb la hora, la data, la durada i la descripció de l'alarma.

S'utilitzarà una codificació de colors concreta per indicar a l'operador l'estat de cadascuna de les alarmes: fons negre i text groc per indicar una alarma activa no reconeguda i fons negre i text verd per indicar alarma desapareguda i no reconeguda. En aquest cas, cap de les dues alarmes ha estat reconeguda però la alarma3 s'està produint en aquest instant i la alarma2 ja ha desaparegut.

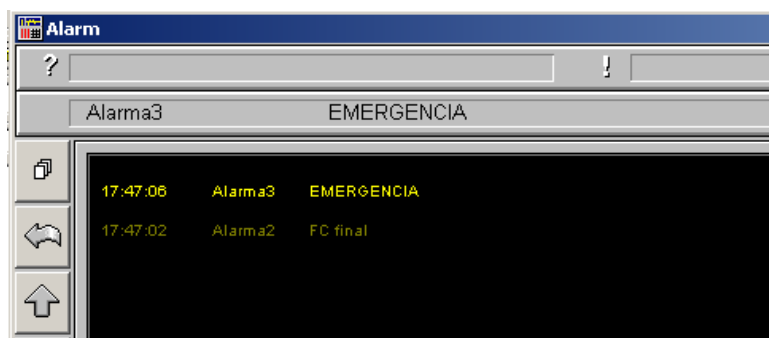


Figura 24. Detall codificació alarmes

Per treballar amb alarmes és necessari crear un servidor d'alarmes. En aquest cas s'ha creat el Servidoralarmes del grup1. Les alarmes relacionades amb el procés s'englobaran dins d'aquest servidor.

La relació de tags i alarmes del projecte és la següent.

TAG d'alarma	Nom d'alarma	Variable	Descripció
Alarma1	FC inici	NOT 03004	Alarma produïda pel FC d'inici
Alarma2	FC final	NOT 03005	Alarma produïda pel FC final
Alarma3	EMERGENCIA	NOT 03006	Alarma produïda per emergència
Alarma4	Sensor pressió	NOT 03009	Alarma produïda per falta de pressió

Taula 14. Relació de tags i alarmes

8 ADAPTACIÓ D'UN MOTOR PAS A PAS AL SISTEMA D'ORIENTACIÓ

El sistema actual d'orientació de peces, es duu a terme a partir de la rotació del bloc de subjecció de peces amb el motor de corrent contínua. Amb aquest sistema, hi ha el problema que en el moment que es detecta la peça dentada, es deixa d'alimentar el motor i la peça s'atura en funció de la inèrcia que porta. El punt on queda posicionada la peça mai és exacte i per tant, no es pot determinar el punt d'encaix amb extrema exactitud. Per aconseguir que la peça s'aturés sempre a la mateixa posició caldria adaptar un tipus de fre, fet que portaria problemes d'adaptació mecànics a la maqueta.

La utilització d'un motor pas a pas, aporta precisió en l'orientació de la peça sense la necessitat d'haver d'adaptar un fre i sense la necessitat d'un llaç de control realimentat. D'aquesta forma podem garantir un posicionament de la peça dentada amb exactitud i assegurar-nos que quedarà encaixada al punt de classificació.

8.1 Connexionat entre elements

Els motors pas a pas, converteixen un tren de polsos en desplaçaments angulars discrets, fet que significa que és capaç d'avançar una sèrie de graus (passos) depenent del nombre de polsos que s'envien. L'angle que rotarà el motor amb cada pols (angle de pas) varia en funció de les característiques del motor. L'avantatge de treballar amb un motor pas a pas és que sabent l'angle de pas del motor, es pot calcular el nombre de polsos necessaris per moure's els graus que volem i situar-se amb extrema exactitud.

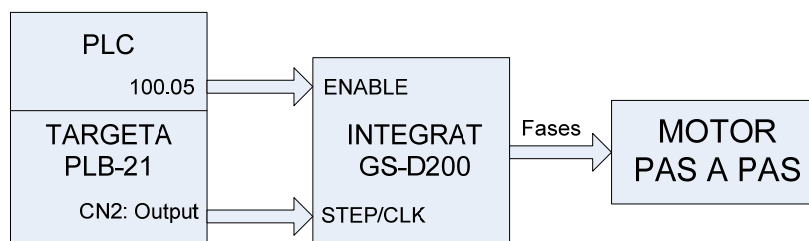


Figura 25. Flux d'informació entre elements

Per enviar el tren de polsos, es treballarà amb el port 2 (CN2) de la targeta PLB-21 que disposa de la sortida de polsos lliure. L'integrat GS-D200 de SGS Thomson fa la funció de controlador i driver per a motors pas a pas bipolars. El funcionament es basa en enviar un tren de polsos de la targeta PLB-21 a l'entrada STEP-CLK de l'integrat i ell mateix actua com

a driver del motor pas a pas, commutant les fases a cada flanc de pujada d'un pols i fent un pas. Perquè el mòdul funcioni, cal activar l'entrada ENABLE de l'integrat a partir de la sortida 100.05 del PLC. Des del punt de vista de configuració de funcionament, l'integrat ofereix la selecció de pas ple o pas mig i del sentit de gir del motor entre altres opcions.

Es treballarà amb un motor pas a pas híbrid bipolar de la casa MAE, model HY 200 2220 0100, de 200 passos per volta i voltatge màxim 90V.

8.2 Modificació programa PLC

Per treballar amb aquest nou motor, és necessari modificar uns quants apartats des de P2_7 fins a P2_13 del grafet 2 del procés de classificació de peces. Amb el motor de corrent contínua, el que es feia era activar la sortida del contactor del motor de corrent contínua M_CONT_GIR_MOT=1 i si durant 8 segons s'havia detectat dues vegades la dent metàl·lica es desactivava el contactor del motor CC i la peça s'aturava en funció de la inèrcia del motor, sense garantir el punt d'orientació final.

Al treballar amb un motor pas a pas, tal com s'ha explicat al punt anterior és necessari enviar un tren de polsos i habilitar el senyal d'ENABLE per a que funcioni el mòdul de commutació. Serà necessari definir noves àrees de memòria i noves sortides pel nou sistema.

Concepte	Descripció
Port 2 tarja PLB-21	Sortida de polsos del port 2 (CN2) a STEP/CLK de l'integrat GS-D200
Sortida 100.05	Sortida per habilitació del senyal ENABLE de l'integrat GS-D200
DM42	Nombre de polsos per garantir una volta sencera de la peça
DM44	Nombre de polsos per orientar-se fins al punt d'encaix

Taula 15. Nous tags de memòria i sortides per adaptar el motor pas a pas

La modificació de paràmetres comença a P2_7, on la funció PULS activa la sortida de polsos del CN2 de la targeta PLB-21, en sentit horari i amb el nombre de polsos descrit a DM42 (Polsos per garantir una volta sencera de la peça). La funció SPED determina la freqüència del tren de polsos, fixant un valor mig/alt. Els dos paràmetres que s'assignen a aquestes funcions determinen la velocitat de rotació (freqüència) i la posició final de rotació (nombre de polsos). Perquè el mòdul funcioni, cal activar la sortida 100.05 fent d'aquesta forma ENABLE=1. Si durant un temps no s'ha detectat la dent metàl·lica, tal com passava

abans, la plataforma es desplaça fins a 600mm de l'inici i es diposita la peça. En cas que si s'hagi detectat una peça dentada, el que es fa és enviar un nou tren de polsos de durada DM44 (Polsos per orientar la peça al punt d'encaix) a una freqüència baixa per assegurar un bon posicionament (P2_10). D'aquesta forma, totes les peces quedaran posicionades amb la mateixa exactitud, ja que just quan es detecti la dent metàl·lica, s'enviarà el nombre de polsos determinat a DM44 i s'orientarà a la posició correcta. A partir d'aquí el procés continua com abans, posicionant-se a 800mm de l'inici i dipositant la peça. Quan s'ha dipositat la peça i s'ha recollit la plataforma, es desactiva la sortida 100.05 (ENABLE=0). Es desactiva en aquest moment per assegurar que durant el temps en que la peça està orientada correctament i la plataforma de posicionament s'està desplaçant, disposar d'un parell motor de manteniment per evitar qualsevol rotació de la peça i que d'aquesta forma es variï la posició final.

La figura següent presenta els estats des de P2_7 a P2_13 del grafcet 2 que es modifiquen per adaptar-se al motor pas a pas.

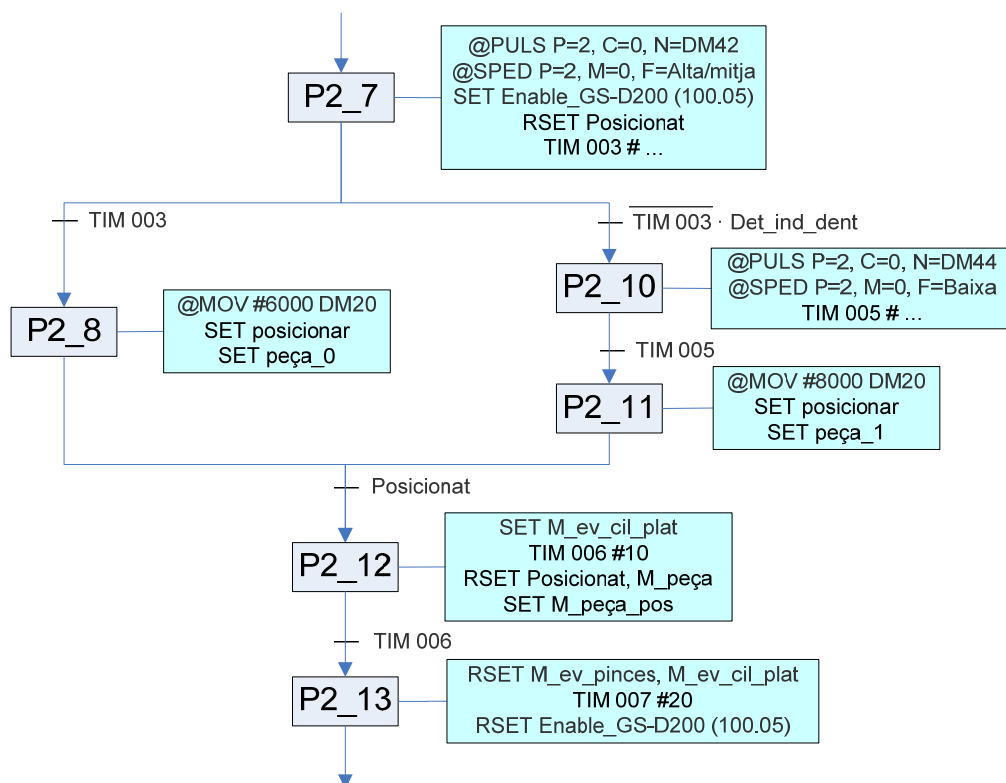


Figura 26. Modificacions al grafcet 2 – Procés de classificació

9 DIÀLEG HOME-MÀQUINA. TERMINAL TÀCTIL D'OPERADOR

Per explorar les possibilitats que ofereix el sistema de posicionament, s'ha dissenyat un entorn de diàleg home-màquina a partir d'un terminal tàctil d'operador de la casa Omron. Aquests tipus d'elements permeten prescindir d'un sistema SCADA i d'aquesta forma no necessitar ni ordinadors ni monitors externs per controlar el procés.

Els terminals tàctils, s'integren a la perfecció en els panells d'operador i aporten informació del que està succeint durant el desenvolupament del procés, amb missatges d'alarmes, històrics de maniobres i monitorització i actuació en el procés en temps real.

El terminal escollit per aquesta tasca és de la sèrie NS8 de la casa Omron i el software de programació utilitzat és el Cx-Designer v2.10 que es troba dins la suite Cx-One d'Omron.

9.1 Modificacions per adaptar el terminal

Degut a les particularitats del software de programació de terminals tàctils, s'han d'adaptar alguns paràmetres del programa del PLC perquè funcioni sense problemes.

El sistema de selecció de modes de funcionament treballant amb el sistema SCADA, es basava amb la utilització de dos bits. Un bit era 40.00 (MODE_TREBALL) i l'altre 40.03 (SEQUENCIA). El sistema SCADA activava els bits en funció de la pantalla on s'entrava i d'aquesta forma, s'informava a l'autòmat quin dels grafets havia de commutar. En aquest cas es prescindeix dels dos bits per informar a l'autòmat de en quin mode es treballa i s'utilitza el bit 41.00 (BIT_CANVI_MODE). Aquest bit s'activa cada vegada que s'entra a una nova pantalla, de forma que tots els grafets queden resetejats per tornar a iniciar el procés.

Per tal de diferenciar quin dels processos s'ha de posar en marxa, s'utilitzen dos bits com a senyal de MARXA, quan abans només es treballava amb un. Si s'ha entrat a la pantalla de programació de seqüències i es polsa MARXA, el que farem és activar el bit 29.15 (MARXA_SEQUENCIA) i es desenvoluparà el grafet corresponent. Per contra, si s'ha entrat a la pantalla de posicionament manual i polsem MARXA, el que farem és activar el bit 30.00 (MARXA_MANUAL) i també es desenvoluparà el grafet corresponent a aquest procés.

En aquest cas es prescindeix de la lectura de polsos de l'encoder i no es llegeix en temps real la posició. El motiu és que el terminal tàctil no permet la representació del moviment en el gràfic en temps real, i el que fa és commutar una seqüència d'imatges en funció d'un valor que es troba a DM150 (PUNTER_DIBUIX_NS). El valor d'aquest punter s'obté de la divisió del valor de DM20 (BUFFER_POSICIONAMENT) entre 1000. Els valors que s'utilitzaran d'aquesta divisió seran les xifres enteres del 0 al 8 i cada xifra correspondrà a una imatge. D'aquesta forma, s'obtindrà la representació del moviment del gràfic fins a la posició.

9.2 Relació de tags

TAG	Direcció d'escriptura	Descripció
Peça_pos	SERIALA:00021.05	Marca peça posicionada
Marxa_sequencia	SERIALA:00029.15	Marca polsador MARXA seqüència
Marxa_manual	SERIALA:00030.00	Marca polsador MARXA manual
FC_inici	SERIALA:00030.04	Marca final de cursa inici
FC_final	SERIALA:00030.05	Marca final de cursa final
Rele_emerg	SERIALA:00030.06	Marca contacte relé emergència
Pressio_OK	SERIALA:00030.09	Marca pressòstat pressió aire
Ev_cil_bloq	SERIALA:00030.10	Marca electrovàlvula cilindre bloqueig
Cont_gir_mot	SERIALA:00030.11	Marca contactor gir motor CC
Ev_cil_plat	SERIALA:00030.12	Marca electrovàlvula cilindres plataforma
Ev_pinces	SERIALA:00030.13	Marca electrovàlvula pinces subjecció
Det_ind_peça	SERIALA:00030.14	Marca detector inductiu peça a classificar
Det_ind_dent	SERIALA:00030.15	Marca detector inductiu peça dentada
Buffer_manual	SERIALA:DM00016	Buffer amb el valor de la posició manual
Num_pos	SERIALA:DM00062	Nombre de posicions taula seqüències
Pos_taula	SERIALA:DM00070 a 77	Posicions taula seqüències
Pos_temps	SERIALA:DM00080 a 87	Posicions temps seqüències
Cnt_cil	SERIALA:DM00127	Comptador peces cilíndriques
Cnt_dent	SERIALA:DM00128	Comptador peces dentades
Punt_dib	SERIALA:DM00150	Punter gràfic moviment pantalla NS

Taula 16. Relació de tags terminal d'operador NS

9.3 Pantalla principal

La pantalla d'inici principal, permet l'accés als tres modes de treball predefinits: manual, seqüències i procés de classificació. A partir d'una barra d'informació, es mostra a l'operari

si s'ha produït alguna alarma i permet l'accés a la consulta d'alarmes actives en aquell instant i a l'històric d'alarmes que s'han produït.



Figura 27. Pantalla principal

9.4 Posicionament manual

La pantalla de posicionament manual, permet la selecció de la posició en mil·límetres des de l'inici, activar o desactivar els cilindres de subjecció, de la plataforma i de bloqueig i activar o desactivar el contactor del motor de corrent continua. Disposa d'un indicador lluminós per indicar si la plataforma s'ha posicionat correctament.



Figura 28. Pantalla de posicionament manual

9.5 Programació de seqüències

El mode de programació de seqüències ofereix les mateixes possibilitats que el mode manual però en aquest cas es poden programar fins a 8 posicions amb 8 temps d'espera.



Figura 29. Pantalla de programació de seqüències

9.6 Procés de classificació

La pantalla de procés de classificació, ofereix informació a l'operador del nombre de peces que s'han classificat de cada tipus i de si hi ha una peça per classificar o s'ha detectat una peça dentada.



Figura 30. Pantalla del procés de classificació

9.7 Alarmes

Per treballar amb alarmes, primer de tot cal configurar i activar cada alarma dins del menú "Configuración de alarmas/eventos". A aquí, s'escriu el text d'alerta per quan es produeixi la alarma en concret, s'indica el direccionament del PLC i el tipus d'alarma.

El sistema ofereix la possibilitat de consultar les alarmes que s'estan produint en aquell instant i de consultar l'històric d'alarmes que s'han produït durant el procés. Cal dir que des de qualsevol pantalla on s'estigui treballant, es disposa d'una barra d'informació on en cas que s'hagi produït una alarma, s'informa a l'operari per així poder intervenir.

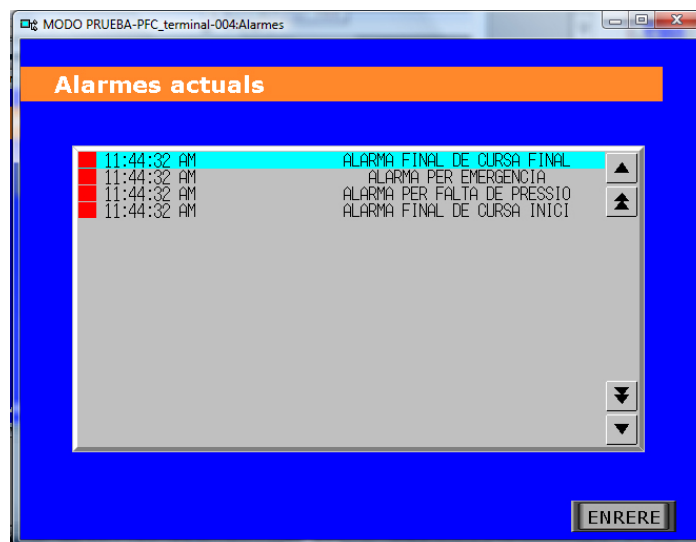


Figura 31. Pantalla d'informació d'alarmes actuals

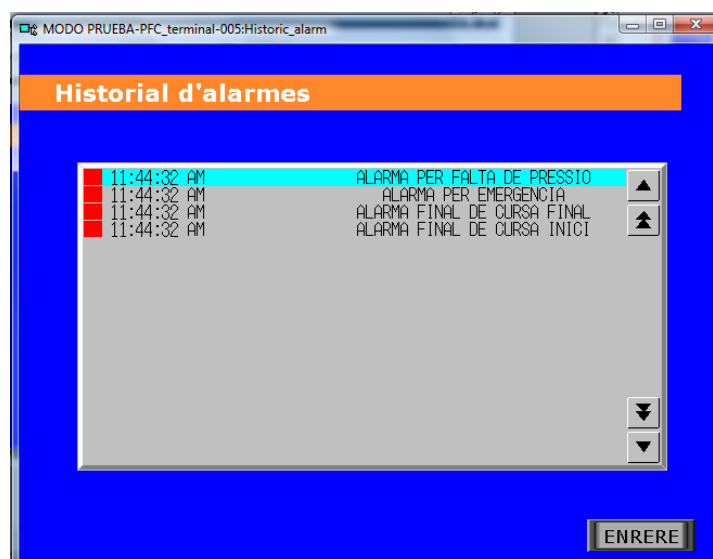


Figura 32. Pantalla d'històric d'alarmes

10 RESUM DEL PRESSUPOST

La rehabilitació del manipulador industrial format pel quadre elèctric, els elements de control i de supervisió, sensorització i actuadors puja la quantitat de catorze mil cent quaranta-nou amb cinquanta-set euros, sense IVA.

11 CONCLUSIONS

Els objectius inicials de recuperació del manipulador lineal i reorientació cap a un procés de classificació, queden coberts amb les operacions que s'han dut a terme en aquest projecte.

S'ha ofert a més a més, una proposta de solució per assegurar la posició final de rotació de la peça amb l'adaptació d'un motor pas a pas.

Del sistema de posicionament de peces inicial, s'ha passat a treballar amb tres modes de treball diferents i s'han incorporat dos sistemes per a la supervisió i control del procés. La incorporació del sistema SCADA ofereix múltiples prestacions que milloren el concepte inicial del manipulador. Entre les noves prestacions, destaca l'historial de maniobres, la monitorització del procés i la gestió i seguiment d'alarmes. La incorporació del terminal d'operador tàctil NS, permet explorar i treballar amb aquests tipus de components, oferint les mateixes possibilitats que un sistema SCADA i simplificant la instal·lació.

La descripció del nou procés de classificació, l'explicació del disseny del SCADA i del terminal NS, la memòria tècnica del hardware i software i l'adaptació d'un nou motor per a millorar les prestacions del sistema, recopilen tota la informació necessària per elaborar la documentació tècnica per complementar el nou enfocament didàctic d'aquest manipulador lineal.

Jordi Gratacós Bonilla

Enginyer Tècnic Industrial especialitat en Electrònica Industrial

Palafrugell, 30 de juliol de 2009

12 RELACIÓ DE DOCUMENTS

El projecte consta de cinc documents: memòria, plànols, plec de condicions, estat d'amidaments i pressupost.

13 BIBLIOGRAFIA

CITECT SCADA. Quickstart Tutorial v7.10. Australia 2008 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS. AC Servomotors / Servodrivers. USA 1997 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS. Curs pantalles NS. Espanya 2006 (CD-ROM)

OMRON ELECTRONICS. Guía instalación CQM1H. Espanya 1998 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS, Guia rapida tarjetas opcionales CQM1H, Espanya 1999 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS. Manual programación CQM1. Espanya 1993 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS, PLC Cable and wiring guide. USA 2002 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS, Position Control Terminal Block. USA 2000 (document PDF)

OMRON ELECTRONICS. Safety Relay Unit. USA 1999 (document PDF)

SANCHEZ BARRERO, J - Conexión Omron CJ1M con SCADA Citect. (http://www.infopl.net/Ejemplos/Ejem_Omron/Ejem_Omron_Citect/Ejem_Omron_Citect.htm, 29 d'abril de 2009)

ST SGS-THOMSON. Datasheet GS-D200. Suïssa 1994 (document PDF)

A INFORMACIÓ TÈCNICA DEL SISTEMA DE POSICIONAMENT

A1 Servomotor Omron R88M-UE75030V-S1

La definició de servomotor és la d'un motor amb un rotor amb moment d'inèrcia baix i amb una gran capacitat de sobrecàrrega i relació parell/inèrcia. Els servomotors estan pensats per oferir canvis ràpids de velocitat i sentit de gir. Per aquest motiu, el fabricant sol oferir el parell nominal i el parell màxim ($6 \cdot T_N$) com a dades característiques de la màquina.

El servomotor que munta el sistema de posicionament, és un servomotor AC brushless sense fre. Entrega 750W de potència i 2,39Nm de parell, amb una velocitat nominal de 3.000 rpm. Transitòriament pot oferir 7,10Nm de parell i 4.500 rpm. La intensitat nominal del servomotor és de 4,4A arribant a oferir transitòriament pics de 13,9A. Els servodrivens que alimentaran aquests motors hauran de dimensionar-se per oferir aquests valors.

Sota el nom de motors brushless, s'agrupen els tipus de motors sense escobretes que funcionen a partir de l'evolució del motor de corrent continu d'imants permanents i el motor síncron d'imants permanents.

El funcionament dels motors brushless es basa en alimentar les bobines de l'estator de forma sincronitzada amb la posició del rotor d'imants permanents (commutació electrònica). D'aquesta forma, es crea un camp magnètic giratori a l'estator de manera que apareix un angle, que s'ha de mantenir constant, entre els camps magnètics d'estator i rotor, que fa que el rotor comenci a seguir aquest camp giratori i es generi el moviment circular.

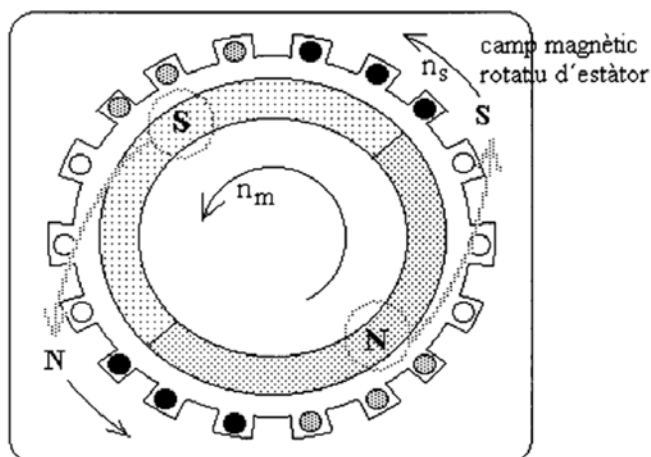


Figura 33. Esquema creació camp magnètic rotatiu d'estator i gir rotor

A2 Servodriver Omron R88D-UEP20V

El servodriver o servoaccionament, ha d'estar dimensionat per suportar les importants sobrecàrregues de parell (fins a 6 vegades el parell nominal transitòriament) lligades directament a la intensitat. Els processos als que es solen destinar els servomotors, exigeixen una resposta plana sense arribat a velocitats baixes, elevats valors de parell a velocitat zero, exactitud en el posicionament i velocitat i sobretot una alta acceleració i desacceleració. Per aquest motiu, els servodrivers són elements força exclusius per a cada tipus de servomotor.

L'alimentació d'aquest servodriver és de la xarxa de 230Vac a 50Hz. Ofereix un corrent nominal de 6,2A amb puntes màximes de 19,7A. Aquest servodriver és del tipus de control per entrada de tren de polsos i la realimentació de velocitat és amb entrada d'encoder incremental de 2.048 polsos per revolució. La funció bàsica és anar commutant cada fase de les bobines de l'estàtor i d'aquesta forma crear aquest efecte de camp magnètic giratori que farà girar el rotor del motor.

El control d'aquesta commutació l'assumeix el propi servodriver. La funció del PLC és enviar un nombre determinat de polsos a una certa freqüència. Aquests dos paràmetres van lligats a la posició on s'aturarà la plataforma i a la velocitat en que hi arribarà. A més d'aquests dos paràmetres, cal determinar també el sentit de gir i en funció del mètode de treball seleccionat, és possible determinar un punt de desacceleració per començar la frenada i evitar que s'aturi en sec.

A3 Control de Posicionament Omron XW2B-20J6-3B

Per establir comunicació entre el servodriver i el PLC, es necessita un element d'interfase per interactuar entre els dos elements, ja que a més a més del tren de polsos pel posicionament hi ha diversos bits de control i informació.

Aquest bloc d'interfase és el Control de Posicionament Omron XW2B-20J6-3B, amb connexionat per terminals. Aquest element fa de pont entre el port 1 de la tarja de polsos PLB21 del PLC i l'entrada de polsos pel connector 1 del servodriver. Des del bloc de control de posició fins al servodriver, a més del tren de polsos també hi ha diversos bits de control i informació per l'autòmat i el servodriver. Aquests bits són el senyal d'habilitació de funcionament del servodriver (RUN_SERVO), la lectura de la fase Zero de l'encoder

(Z_SERVO) i la recepció del senyal de posicionament correcte del servodriver (SERVO_EN_POS). El bloc d'interfase permet l'accés a aquests bits des del mòdul d'entrada o sortida del PLC pel posterior tractament com entrades i sortides de bit.

L'esquema de flux entre els diversos elements és el que es mostra a continuació.

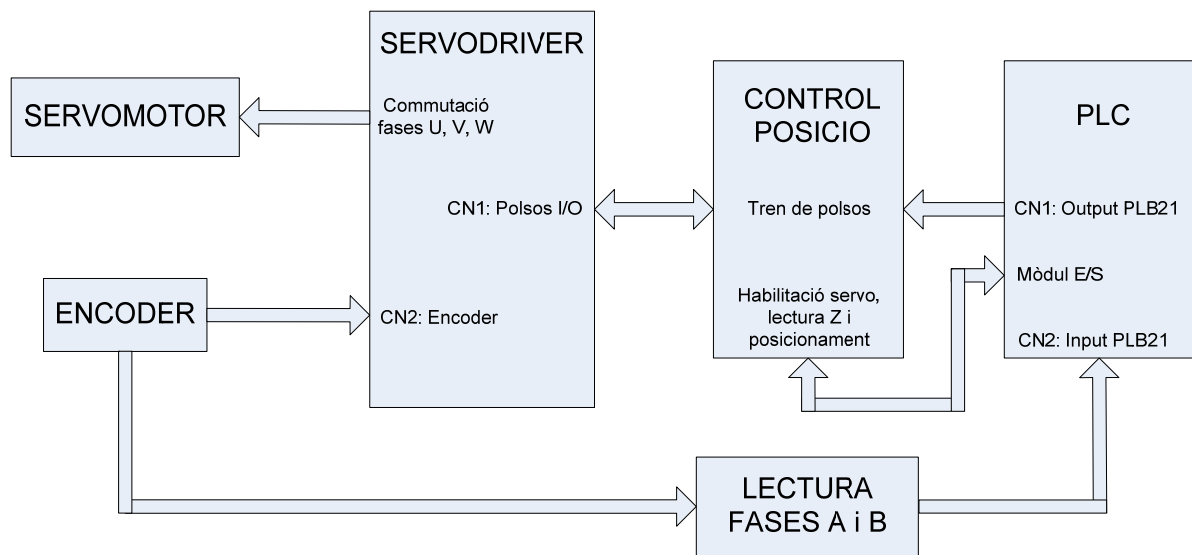


Figura 34. Esquema de flux d'informació entre els diversos elements

Pel connector CN1 de la tarja de polsos PLB21, s'envia el tren de polsos pel posicionament de l'autòmat cap al bloc de control de posició i d'aquí cap al connector CN1 del servodriver. Del servodriver, en surt l'alimentació de les fases U, V i W del servomotor i es rep la lectura de les fases A, B i Z de l'encoder al connector CN2. Des del bloc de control de posició es té accés a la lectura de la fase Z de l'encoder però no és possible llegir les fases A i B. Per aquest motiu, és necessari muntar una interfase que es connectarà al connector CN2 de la tarja PLB21.

A4 Lectura fases A i B de l'encoder

Per tenir constància de que realment el sistema s'ha posicionat al punt corresponent o s'ha desplaçat a la posició correcta pel nombre de polsos que s'han enviat, és necessari muntar un encoder solidari a l'eix motor i així poder tancar el llaç de control de velocitat i posició.

El servodriver disposa del connector 2 d'entrada d'encoder, amb la lectura de les dues fases A i B i la fase Z d'un encoder incremental. Amb la lectura de les fases A i B, es pot

determinar la velocitat i el sentit de gir del motor, ja que hi ha un desfasçament entre les dues fases. En funció de quina de les dues fases és la primera en commutar es pot determinar el sentit de gir. La fase Z apareix un cop cada 360° per indicar que s'ha iniciat una nova volta.

De la lectura de l'encoder se n'encarrega directament el propi servodriver i un cop s'ha arribat a la posició, activa el bit de posicionament correcte (SERVO_EN_POS=1). Si es volen llegir les fases de l'encoder amb el sistema proposat, únicament es pot llegir la fase Z a través del pin 6 del bloc d'interfase. En aquest cas, el bit es manté en estat alt i quan es produeix un pols d'inici d'una nova volta fa un pic a 0.

No poder llegir les fases de l'encoder representa un problema ja que no és possible seguir en temps real l'evolució del manipulador i s'està subjecte únicament a la informació de posicionament correcte que ofereix el servodriver. Per aquest motiu, s'ha instal·lat un element d'interfície entre l'encoder i el servodriver, que permet l'entrada de les fases A i B al port 2 de la tarja PLB21.

La relació de pins del cable entre l'encoder i el servodriver i dels connectors de la tarja de polsos és la següent.

DB9 encoder - servodriver			
Pin 1	Fase A+	Pin 6	Fase Z-
Pin 2	Fase A-	Pin 7	GND
Pin 3	Fase B+	Pin 8	+5V
Pin 4	Fase B-	Pin 9	Fg
Pin 5	Fase Z+		

Taula 17. Relació de pins cablejat entre encoder i servodriver

DB15 CN1 i CN2 tarja polsos PLB21			
Pin 1	Comú d'entrada	Pin 9	Entrada polsos Z: 12V
Pin 2	Entrada polsos Z: 24V	Pin 10	Entrada encoder A: 12V
Pin 3	Entrada encoder A: 24V	Pin 11	Entrada encoder B: 12V
Pin 4	Entrada encoder B: 24V	Pin 12	Comú de sortida 0V
Pin 5	Sortida polsos CCW	Pin 13	Sortida polsos CCW
Pin 6	Sortida polsos CW	Pin 14	Sortida polsos CW
Pin 7	Font alimentació 5V	Pin 15	Font alimentació
Pin 8	Font alimentació 5V		

Taula 18. Relació de pins connectors targeta de polsos PLB21

La interfície de lectura de fases, està formada per dos optoacobladors que aporten aïllament galvànic entre l'encoder i la tarja de polsos. Els pins 1 i 3 del cable encoder – servodriver corresponents a la fase A i fase B són els senyals que hauran d'entrar als pins 3 i 4 del connector 2 de la tarja PLB21. Al ser entrades a 24Vcc, es prenen els 24V de la font d'alimentació. Com a comú d'entrada del pin1 del CN2 prenem la massa de la font d'alimentació.

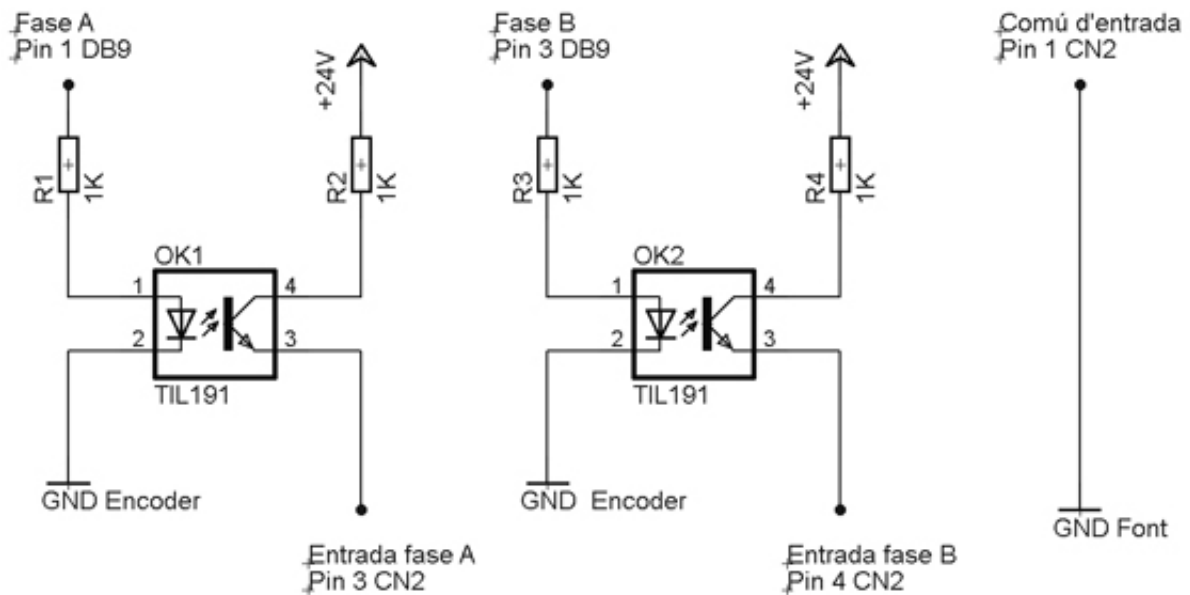


Figura 35. Esquema interfície de lectura de fases encoder

A5 Connexionat motor pas a pas

Els motors pas a pas converteixen un tren de polsos en desplaçament angular. El nombre de polsos enviats marcarà la posició final del motor i la freqüència del tren de polsos marcarà la velocitat de gir.

El sistema encarregat de la generació del tren de polsos és el PLC, a partir del port 2 (CN2) de la targeta d'entrada i sortida de polsos PLB-21. L'integrat GS-D200 de SGS Thomson, actuarà com a dispositiu d'interfase entre el PLC i el motor pas a pas, ja que actua com a controlador i driver de motors pas a pas bipolars d'imants permanents o híbrids. Les característiques tècniques d'aquest integrat ofereixen el control de corrent de fase amb choppers i la generació interna de seqüències de commutació en un mateix integrat, el qual permet simplificar el sistema de control. Entre la sortida de polsos i l'entrada del GS-D200 es muntarà un optoacoblador per aportar un aïllament galvànic entre les dues parts.

L'integrat GS-D200 disposa d'una part de control i una part de potència que actua com a driver del motor. Per això disposa de dues alimentacions; una alimentació Vss de 5V pel control i una alimentació Vs major o igual a 46V per alimentar les fases del motor. A la part de control disposa de bits de reset (RESET), selecció de funcionament de pas ple o pas mig (HALF/FULL), selecció de sentit de gir (CW/CCW), sortida del senyal de 17kHz del chopper intern (SYNCH), variació de la freqüència del chopper (OSC), variació del corrent de fase (Io SET), indicació quan el mòdul es troba en estat inicial (HOME), selecció de velocitat de caiguda del corrent (CONTROL), entrada de polsos (STEP/CLK) i senyal d'habilitació del mòdul (ENABLE).

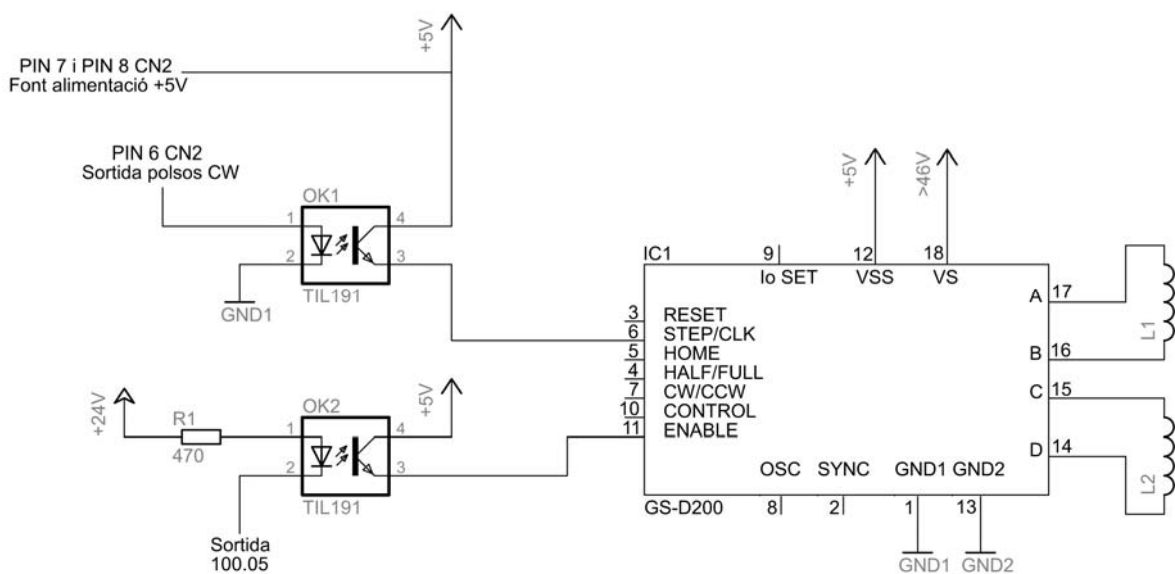


Figura 36. Esquema connexionat elements pel motor pas a pas

Per utilitzar la sortida de polsos de la tarja PLB-21, és necessari alimentar amb 5V els pins 7 i 8 (Font d'alimentació per a la sortida) del CN2 de la tarja PLB-21. El pin 6 del CN2 és la sortida de polsos en sentit horari i d'aquí en surt el tren de polsos cap al pin 6 (STEP/CLK) de l'integrat GS-D200. La tasca de l'integrat és anar commutant les dues fases del motor a cada flanc de pujada d'un pols, cosa que significa un pas del motor. Perquè funcioni el mòdul, és necessari activar el senyal d'ENABLE del pin 11. Quan la sortida 100.05 de l'autòmat s'activa, es tanca el circuit i ENABLE queda en estat alt, habilitant el funcionament del mòdul. En tots dos casos s'utilitza un optoacoblador per adaptar senyals i per aportar un aïllament entre les dues parts. Si els terminals HALF/FULL i CW/CCW que influeixen en el funcionament del motor queden a l'aire, per defecte es mesuren a 5V quedant configurats com pas mig i sentit horari. Si volem canviar un dels modes de treball, cal portar massa al pin corresponent.

A6 Cablejat terminal tàctil d'operador NS-8

Per establir comunicació entre PLC i terminal tàctil, cal adaptar el cablejat pels dos dispositius. El cas que ens ocupa, al no disposar físicament del terminal, es treballa sobre simulació a través del propi software de desenvolupament Cx-Designer i per tant caldrà adaptar també un altre cablejat.

Per establir comunicació entre el PLC i el terminal tàctil físic, cal adaptar el següent cablejat.

PLC DB9 Mascle	NS DB9 Mascle
Pin 2	Pin 3
Pin 3	Pin 2
Pin 9	Pin 9
Pont 4 a 5	Pont 4 a 5

Taula 19. Relació de connexionat entre PLC i terminal NS

Per poder simular el funcionament del sistema de supervisió dissenyat sense necessitat de disposar d'un terminal físic, és necessari el següent cablejat.

PC DB9 Mascle	PLC DB9 Mascle
Pin 2	Pin 2
Pin 3	Pin 3
Pin 5	Pin 9
Pin 7	Pin 5
Pin 8	Pin 4

Taula 20. Relació de connexionat entre PC i PLC

B INSTRUCCIONS QUE INTERVENEN EN EL PROCÉS

B1 Instruccions relacionades amb la sortida de polsos

Les instruccions disponibles al CQM1H-CPU51 permeten la selecció de diversos paràmetres i modes de treball.

Una de les instruccions disponibles és la del nombre de polsos PULS(65). Aquesta instrucció s'utilitza per a la selecció de paràmetres per sortides de polsos que es llançaran posteriorment durant el desenvolupament del programa utilitzant SPED(64) o ACC(--).

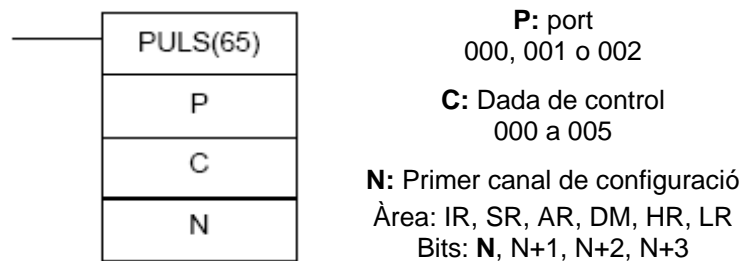


Figura 37. Instrucció PULS(65)

La dada de control determina la direcció del tren de polsos pels ports 1 o 2 i indica el mode de funcionament. Un dels modes de treball és sense determinar el nombre de polsos ni punt de desacceleració. D'aquesta forma, el motor gira fins que rep l'ordre d'aturada. També és possible treballar amb un nombre determinat de polsos sense punt de desacceleració de tal manera que l'aturada és en sec o també podem treballar amb una aturada amb desacceleració. La següent taula mostra la selecció dels diversos modes de treball:

C	Sentit gir	Nombre de polsos	Punt desacceleració
000	Horari	Seleccionat a N i N+1	No seleccionat
001	Antihorari	Seleccionat a N i N+1	No seleccionat
002	Horari	Seleccionat a N i N+1	Seleccionat a N+2 i N+3
003	Antihorari	Seleccionat a N i N+1	Seleccionat a N+2 i N+3
004	Horari	No seleccionat	No seleccionat
005	Antihorari	No seleccionat	No seleccionat

Taula 21. Selecció de modes de treball de la instrucció PULS(65)

Per executar la instrucció de freqüència de polsos SPED(64) és necessari primer de tot haver executat PULS(65) configurant d'aquesta forma el mode de funcionament. SPED(64) s'utilitza per seleccionar, canviar o parar la sortida de polsos del port o del bit especificat.

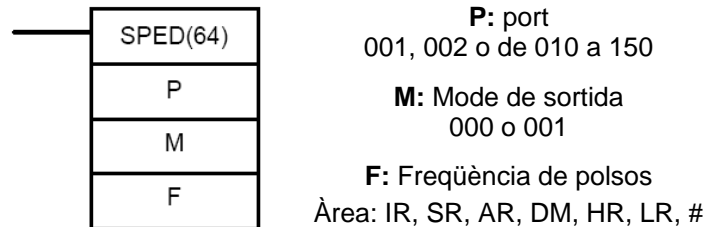


Figura 38. Instrucció SPED(64)

Quan la condició d'execució és ON, SPED(64) selecciona la freqüència F dels polsos del port o bit seleccionat a P. M determina el mode de sortida sent 000 el mode independent i 001 el mode continu.

En mode independent, la sortida de polsos continuarà fins que s'arribi al nombre màxim de polsos especificats a PULS(65), s'executi la instrucció INI(61) amb C=003 o SPED(64) s'executi de nou amb F a 0000. En mode continu, els polsos s'enviaran fins que s'executi la instrucció INI(61) amb C=003 o novament SPED(64) amb F=0000.

Els valors de freqüència per a la sortida de polsos dels ports 1 i 2 oscil·len entre 0001 i 5000 (de 10Hz a 50kHz). Pels bits de sortida oscil·len entre 0002 i 0100 (de 20Hz a 1kHz). Per parar la sortida, F prendrà el valor 0000.

La instrucció de control d'acceleració ACC(--) s'utilitza juntament amb PULS(65) per controlar l'acceleració i/o desacceleració de la sortida de polsos dels ports 1 o 2.

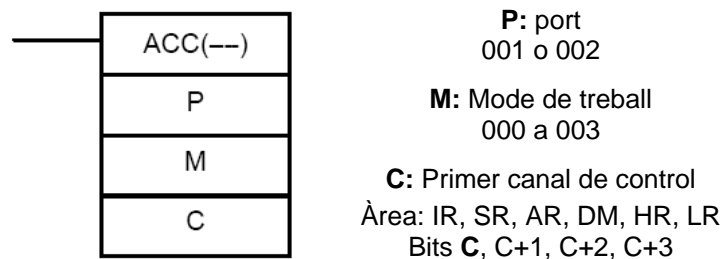


Figura 39. Instrucció ACC(--)

Amb el mode de treball M=0, és possible controlar l'acceleració, la freqüència després de l'acceleració, el punt de desacceleració, la desacceleració i la freqüència després de la desacceleració. Cal configurar SPED(65) amb C=002 o C=003, on als bits N i N+1 hi haurà el nombre total de polsos i als bits N+2 i N+3 hi haurà el punt de desacceleració. Dels canals de control de ACC(--), C determina la quantitat que augmentarà la freqüència cada 4,08ms, C+1 determina la freqüència després de l'acceleració, C+2 determina la quantitat que disminuirà la freqüència cada 4,08ms i C+3 determina la freqüència després de l'acceleració.

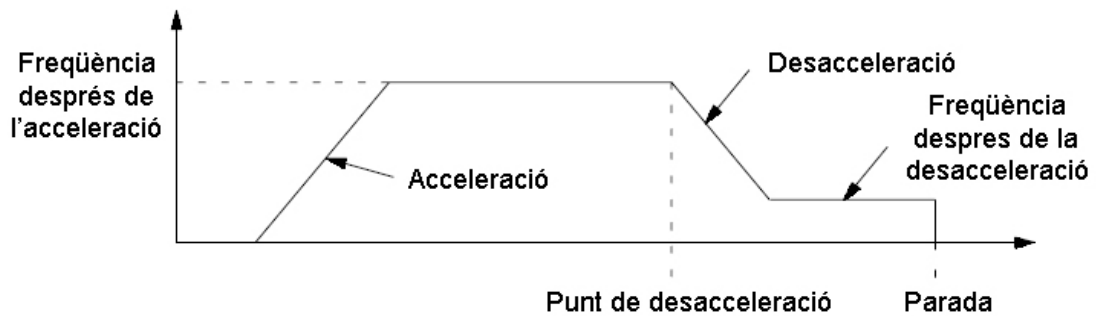


Figura 40. Funcionament en mode de treball M=0

El mode de treball M=1 s'utilitza per augmentar la freqüència de sortida a una freqüència objecte, segons una acceleració especificada. El contingut de C determina l'augment de l'acceleració cada 4,08ms i el contingut de C+1 especifica la freqüència objecte.

El mode de treball M=2 i M=3 treballen a la inversa i s'utilitzen per disminuir la freqüència de sortida. El contingut de C determina la desacceleració cada 4,08ms i C+1 especifica la freqüència objecte.

B2 Instruccions de transferència de dades

La instrucció de transferència de bloc XFER(70) s'utilitza per passar un bloc d'un canal a un altre, sempre que estiguin a la mateixa àrea de dades.

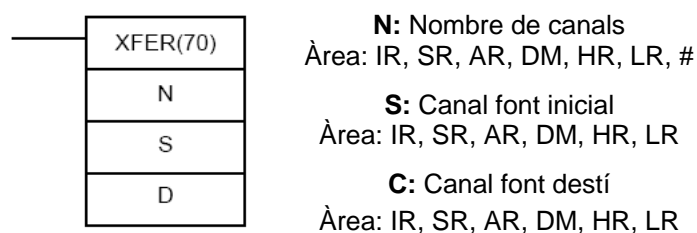


Figura 41. Instrucció XFER(70)

La instrucció d'omplir el bloc BSET(71), quan la condició d'execució és ON, copia el contingut de S a tots els canals des de St fins a E.

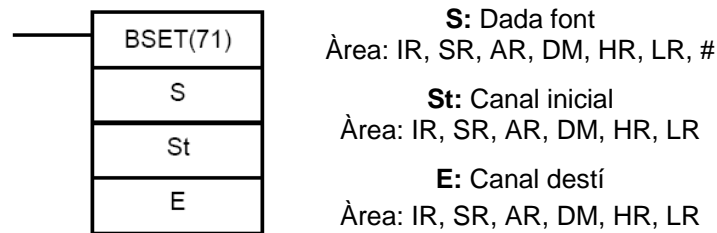


Figura 42. Instrucció BSET(71)

Per la transferència d'una dada font a un sol canal destí s'utilitza la instrucció MOV(21).

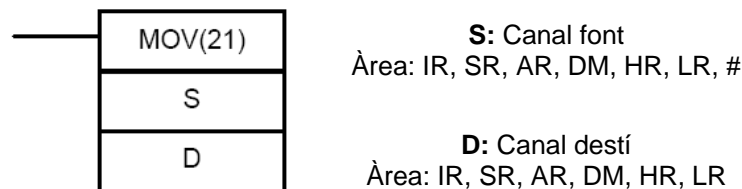


Figura 43. Instrucció MOV(21)

B3 Instruccions d'operacions matemàtiques

La instrucció resta BCD doble SUBL(55) s'utilitza per restar dos canals BCD.

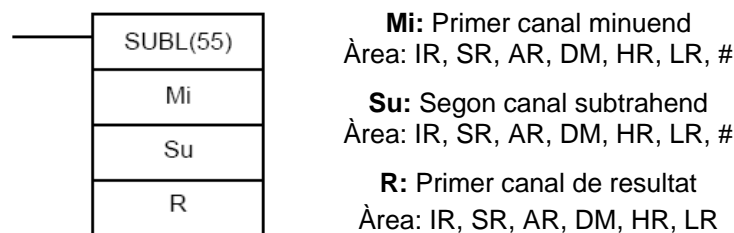


Figura 44. Instrucció SUBL(55)

Quan la condició d'execució és ON, SUBL(55) resta CY i els continguts de 8 dígit a Su i Su+1 del valor de 8 dígit a Mi i Mi+1, i col·loca el resultat a R i R+1. Si el resultat és negatiu, CY es posa a 1 ($255.04=1$) i es col·loca a R el complement a10 del resultat real. Per convertir el complement a10 al resultat real, cal restar el contingut de R de 0. La instrucció CLC(41) s'utilitza per esborrar CY.

La instrucció CMP(20) permet la comparació entre dos canals.

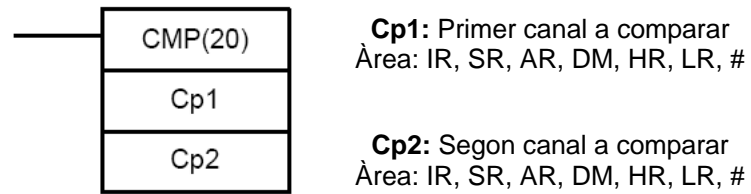


Figura 45. Instrucció CMP(20)

Quan la condició d'execució és ON, CMP(20) compara Cp1 i Cp2 i activa els indicadors GR (Major que), EQ (Igual que) i LE (Menor que) en funció del resultat de la comparació. Els bits corresponents són GR=255.05, EQ=255.06 i LE=255.07.

En el mode de posicionament manual, la selecció de la posició és en mil·límetres. El valor de la posició guardat a la variable local OPER_INPUT_REAL cal que es multipliqui per 10 i llavors guardar el valor a DM16.

Per treballar en mode de programació de seqüències, cal guardar els valors de les 8 posicions i dels 8 temps d'espera a àrees DM. Les 8 posicions es guardaran de la posició DM70 a la DM77 i els 8 temps d'espera de la DM80 a la DM87. Com s'ha explicat anteriorment, periòdicament es van refrescant els valors dels punters DM64 i DM66 i lectura de polsos i posicions. Els valors en mil·límetres de les posicions no poden excedir dels 870mm i els temps no poden ser inferiors a 0 segons. Per aquest motiu, s'ha programat una funció Cicode per evitar posicions superiors a 870mm i valors de temps inferiors a 0 segons. La funció és con_seq() i es crida des dels objectes Cicode F(x).

```
FUNCTION
con_seq()

    IF LecturaDM70>876 THEN
        LecturaDM70=876
    END
    IF LecturaDM71>876 THEN
        LecturaDM71=876
    END
    IF LecturaDM72>876 THEN
        LecturaDM72=876
    END
    IF LecturaDM73>876 THEN
        LecturaDM73=876
    END
    IF LecturaDM74>876 THEN
        LecturaDM74=876
    END
    IF LecturaDM75>876 THEN
        LecturaDM75=876
    END
    IF LecturaDM76>876 THEN
        LecturaDM76=876
    END
    IF LecturaDM77>876 THEN
        LecturaDM77=876
    END

    IF LecturaDM80<0 THEN
        LecturaDM80=0
    END
    IF LecturaDM81<0 THEN
        LecturaDM81=0
    END
    IF LecturaDM82<0 THEN
        LecturaDM82=0
    END
```

```
IF LecturaDM83<0 THEN
  LecturaDM83=0
END
IF LecturaDM84<0 THEN
  LecturaDM84=0
END
IF LecturaDM85<0 THEN
  LecturaDM85=0
END
IF LecturaDM86<0 THEN
  LecturaDM86=0
END
IF LecturaDM87<0 THEN
  LecturaDM87=0
END
END
```