

MEMÒRIA	3
1. INTRODUCCIÓ	3
1.1 Antecedents.....	3
1.2 Objecte	5
1.3 Especificacions i abast.....	5
2- DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA	6
2.1 El telescopi de partida	6
2.1.1 El tub òptic	7
2.1.2. La muntura.....	8
2.2 El sistema de control de Mel Bartels.....	9
2.2.1 Els circuits electrònics.....	10
2.2.2 El software	23
2.3 El sistema mecànic	39
2.3.1 Transmissió del moviment.....	40
2.3.2 Els motors	43
2.4 Procés de construcció i muntatge.....	44
2.4.1 El disseny	44
2.4.2 L'electrònica.....	47
2.4.3 La muntura.....	48
2.4.4. Muntatge final	49
2.5 Posada a punt del sistema. Inicialització	52
2.5.1 Inicialització	52
2.5.2 Primera observació. Avaluació dels resultats obtinguts.....	53
3. RESUM DEL PRESSUPOST	57
4. CONCLUSIONS	58
5. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	60
6. BIBLIOGRAFIA.....	60

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ

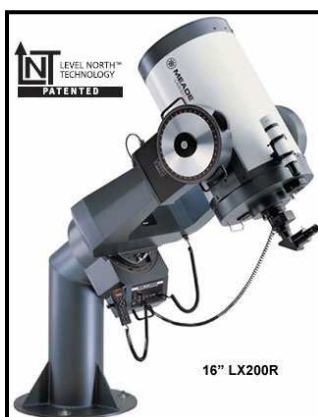
1.1 Antecedents

L'observació dels astres i planetes del sistema solar ha estat una constant en la història de la humanitat. La manera de fer les observacions, els aparells i sistemes usats han evolucionat molt, com qualsevol altra branca de la ciència.

Des de les observacions a ull nu passant per les observacions del primer telescopi de Galileo Galilei de 1607 fins a les espectaculars imatges del telescopi espacial Hubble hi ha hagut una gran evolució. Malgrat tot, els principis bàsics de l'òptica es mantenen constants des dels primers telescopis. La millora en els sistemes de fabricació ha permès fer telescopis amb diàmetres cada vegada més gran així com materials òptics (vidres i tractaments superficials) amb millors propietats. Tots aquests avenços van permetre fer grans descobriments en astronomia i sobre l'origen i l'evolució de l'univers.

Totes aquestes evolucions s'han traslladat al camp de l'astronomia amateur amb telescopis comercials de fins a 16" (406 mm) d'obertura del mirall primari, i amb tractaments superficials de la més alta qualitat.

L'autèntica revolució en el camp amateur va arribar amb la introducció durant els anys 80 i 90 de la informàtica, l'electrònica i les càmeres digitals, que van permetre monitoritzar les observacions controlant els moviments del telescopi, automatitzant la presa de fotografies, etc.



Tots aquests avenços s'han incorporat als telescopis comercials com per exemple la marca americana MEADE en telescopis del tipus Schmidt-Cassegrain (fig.1): incorporem sistemes de seguiment de la rotació terrestre, lunar i solar. Així com el més important la funció GOTO que permet posicionar el telescopi a l'objecte estel·lar que desitgem automàticament indicant només quin és l'objecte que volem observar.

Fig1. Telescopi Meade LX200R 16" 400 mm

Aquests telescopis d'altres prestacions són de preu elevat superant en molts casos els 3000 o 4000 € arribant fins a 12000€. Aquests preus són prohibitius per la major part dels aficionats que volen tenir bones prestacions en un telescopi ja sigui per observació o astrofotografia. Per tal d'obtenir prestacions similars o superiors a aquests telescopis van sorgir, en el sí, de l'astronomia amateur, diversos mètodes, projectes o procediments per tal de construir-se un mateix el propi telescopi.

El més conegut és el Telescopi DOBSON, ideat per John Dobson que ja al 1950 va idear un sistema de construcció senzill i eficaç basat en un telescopi tipus Newton.



Fig.2 Telescopi Dobson comercial

A partir d'aquí un nord-americà Mel Bartels va idear fa més de 20 anys un sistema per aconseguir un control total i automàtic a baix cost d'un telescopi.

El sistema de Mel Bartels consta a grans trets de:

1. Dos motors pas a pas que controlen els eixos del telescopi, convenientment acoblats.
2. Una caixa d'electrònica de potència que mou els motors pas a pas.
3. Un PC que conté la "intel·ligència" del sistema i que es dedica única i exclusivament a aquesta finalitat.
4. Un software gratuït, de lliure distribució, amb codi font inclòs.

Aquests components bàsics han evolucionat molt des dels inicis gràcies a l'aportació de molts aficionats a l'astronomia que han fet col·laboracions per a millorar les prestacions i afegir-hi noves funcionalitats. Finalment dir que aquest sistema té múltiples configuracions i opcions d'implementació fet que li donen una versatilitat total per acoblar-lo a qualsevol telescopi amb tot tipus de muntures, des d'un telescopi de 150mm fins a telescopis de més de 0,5m d'obertura.

1.2 Objecte

La raó principal per iniciar un projecte com aquest rau en què, la utilització d'un telescopi sense control ni motorització, requereix d'un bon coneixement de mapes astronòmics i una certa pràctica en l'ús i posicionament del telescopi, a més la falta de seguiment requereix un reposicionament constant, una pèrdua en la qualitat de la visió i uns temps d'observació molt llargs i en alguns cops frustrant davant la impossibilitat de trobar l'objecte desitjat. A més el control automàtic en permet l'ús a persones totalment desconexades de temes astronòmics i que només vulguin disfrutar de l'observació d'astres i planetes del nostre univers.

Per tant la finalitat i propòsit final del projecte és crear un prototip de telescopi controlat mitjançant el sistema de control ideat per Mel Bartels, que permeti aconseguir dues funcions bàsiques de control.

1. La capacitat de seguiment de la rotació terrestre, és a dir que el telescopi segueixi el moviment de rotació de la terra per a tal que l'objecte que s'està observant no desaparegui del camp de visió.
2. La funció de posicionament del telescopi a qualsevol punt del cel indicant les seves coordenades o el nom l'objecte indexat a una base de dades.

1.3 Especificacions i abast

Per tal de portar a terme el projecte s'implementarà el sistema de control a un telescopi existent de construcció pròpia amb les modificacions necessàries.

Les actuacions necessàries seran principalment 4:

1. Disseny i construcció dels mecanismes i estructures necessàries a fi de transmetre els moviments dels motors amb la velocitat i força adient.
2. Construcció i adaptació dels circuits electrònics necessaris basats en els circuits bàsics del projecte de Mel Bartels.
3. Configuració del software SCOPE.
4. Muntatge, posada a punt i avaluació de resultats.

2- DESCRIPCIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

2.1 El telescopi de partida

El prototip de telescopi controlat automàticament farà a partir d'un telescopi de fabricació pròpia.

Aquest telescopi va ser construït i dissenyat per Genís Turon, Eduard Turon i Joaquim Turon amb l'ajut de Jordi Ribé, amb la finalitat de construir un telescopi per a observació visual, de fàcil ús i transport i de baix cost.

El telescopi, el qual es pot veure en les figures 3, 4, 5 i 6. És de tipus newton, i amb muntura equatorial (veure annex B), passem a descriure el telescopi abans de les modificacions necessàries per a dur a terme el projecte.



Fig3. Vista general del telescopi original



Fig4. Detall de la muntura eix DEC



Fig5. Detall del suport del mirall secundari



Fig6. Detall de la muntura eix AR

2.1.1 El tub òptic

El tub òptic està construït a base de dues olles d'alumini de 30 cm, una de les quals retallada per la base per permetre el pas de la llum. La resta del tub òptic està format per una estructura de barres rodones d'alumini unides a les olles mitjançant unes carteles també d'alumini. Les unions són a base de cargols d'acer inoxidable amb femelles de fàcil desmuntatge per poder desmuntar el tub completament en cas de necessitar un transport en espais reduït. Les orelles que proporcionen la unió per a la muntura són d'acer inoxidable i amb el gruix suficient per a garantir la rigidesa necessària.

Tota aquesta estructura, juntament amb l'elecció dels materials, ofereix una gran rigidesa al mateix temps que un reduït pes, molt important per evitar flexions del tub òptic i per facilitar-ne el transport.

Dins del tub òptic hi trobem, com és característic dels telescopis newtonians (veure annex B) , dos miralls, un és el primari i l'altre, més petit, el secundari. Aquests dos miralls són els encarregats de donar les prestacions del telescopi.

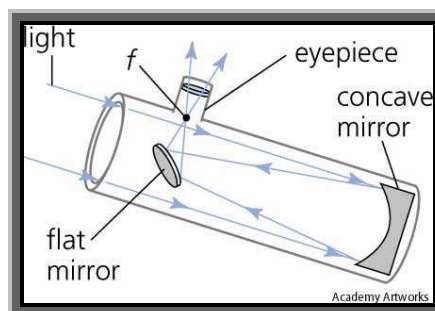


Fig7. Esquema de funcionament d'un telescopi Newton

El mirall primari situat a la part inferior del tub òptic és de 205mm de diàmetre, aquest mirall és parabòlic i la seva feina és concentrar la llum fins al mirall secundari. El sistema de subjectió es va dissenyar per tal de poder orientar el mirall en qualsevol posició i d'aquesta manera corregir possibles errors d'alineació del mirall primari amb el secundari. Es basa en un recipient d'alumini amb suro a la seva base per evitar el contacte directe amb el metall. Aquest recipient s'uneix a la base de l'olla inferior amb una unió cardan i, per mantenir la posició desitjada, 3 cargols distribuïts juntament amb contrafemelles per a fixar-ne la posició.

A la part superior hi trobem l'aranya que és l'estructura que suporta el mirall secundari. Està formada per 3 braços d'alumini i un tub d'acer tallat a 45° per tal que el mirall secundari faci la seva funció que és la de desviar la llum concentrada pel mirall primari cap a un costat del telescopi. L'aranya també ha estat dissenyada per poder donar qualsevol regulació de posició i inclinació del mirall secundari mitjançant cargols i volanderes de material elàstic.

Finalment enganxat a l'olla superior hi trobem el portaocular. En aquest cas es va comprar fet degut a les necessitats d'alta precisió que requereix l'enfocament.

2.1.2. La muntura

És la part més important pel que fa a l'automatització del telescopi i la que es modifica per implementar el sistema de motorització.

El disseny inicial es va concebre per a fer observacions manuals és a dir buscant els objectes a observar amb el coneixement propi de l'observador i/o amb cartes astronòmiques ja sigui impreses o a traves de programes informàtics com SKYMap, Guide, etc.....

La muntura inicial es fonamenta en una base formada per dos perfils T d'acer, aquests són units per un extrem formant un triangle per donar els 3 punt de suport del telescopi. S'escull una base de 3 suports per mantenir un contacte constant i evitar oscil·lacions i també per facilitar la correcta col·locació de la muntura en un pla perfecte mitjançant un nivell de bombolla i cargols a la punta dels suports.

A partir de la unió de les dues barres en T en surt el suport principal des d'on es connecta la forquilla en forma de U per a acoblar-hi el tub òptic. El suport principal com hem dit és un perfil T en el qual s'hi uneix, per soldadura, un cilindre tornejat per l'interior. Com és característic de les muntures equatorials, aquest cilindre està col·locat en una inclinació que ve determinada per la latitud a on s'utilitzarà el telescopi.

La latitud ens marca l'altura a on es troba l'estrella polar o el que és el mateix l'eix de rotació de la terra, aquesta inclinació ens permet facilitar l'observació i la motorització ja que pel fet de ser paral·lel a l'eix de rotació de la terra el seguiment de la rotació terrestre es pot fer movent només aquest eix, que s'anomena eix d'ascensió recta (AR).

A partir d'aquest suport en surt la forquilla. Com el seu nom indica és una estructura en forma de U que va acoblada directament al tub òptic. La forquilla per la seva part posterior té soldada un eix que s'introdueix al tub cilíndric que té el suport principal, donant la inclinació abans comentada, al conjunt. La forquilla està formada per xapa d'acer doblegada i soldada. Els braços són cònics per tal d'estalviar pes a tota l'estructura mantenint la rigidesa desitjada. A la punta dels braços de la forquilla hi trobem el sistema per a l'eix de declinació format per dos eixos amb espàrrecs roscats i unes manetes per a fixar-ne la posició. Per tal de fixar l'eix d'ascensió recta en un punt també s'ha deixat un espàrrec roscat a l'eix cilíndric de la forquilla per carregar-hi una maneta i impedir el moviment de l'eix.

2.2 El sistema de control de Mel Bartels

El sistema de control que s'implementarà es basa principalment en un software de codi lliure basat en ms-dos, que utilitzant el port paral·lel d'un ordinador és capaç de controlar dos o tres motors pas a pas, dos de principals per als dos eixos del telescopi i un altre d'opcional per a controlar un sistema d'enfocament motoritzat o desrotador de camp.

El control dels motors es fa a través d'uns circuits que s'encarreguen de donar als motors la potència amb el voltatge adequat per al seu funcionament seguint les ordres donades pel software. Així mateix el circuit imprès també incorpora sistemes de protecció, indicació, alimentació i un útil sistema de control manual que permet posicionar el telescopi mitjançant un comandament de 4 botons.

Les principals prestacions que es poden obtenir amb aquest sistema són les següents:

- Funciona perfectament amb ordinadors antics tipus 486 o pentium. Aquest ordinador és el que s'encarrega d'executar el programa de control i de fer funcionar tota l'electrònica de control. La connexió es fa a través del port paral·lel de l'ordinador (port d'impressora).
- És versàtil serveix tant per muntures equatorials com per altazimutals es pot utilitzar tant en observatoris de caràcter fix com per aficionats que fan sortides de camp buscant de cel fosc fora de les grans agrupacions urbanes.
- És capaç de controlar fins a tres motors: dos per als eixos principals del telescopi i un tercer motor auxiliar que es pot dedicar com a desrotador de camp (útil per a fotografia en muntures altazimutals) o com a enfocador.

- El seguiment del moviment de rotació de la terra és molt suau gràcies a la utilització de motors pas a pas amb la tècnica dels “mircopassos” amb velocitats variables per la lluna i els objectes del sistema solar.
- Incorpora diferents sistemes de correcció d'errors. Correcció per refracció, control de l'error periòdic (PEC) degut als engranatges, falta d'horitzontalitat, jocs en els eixos i en els sistemes de transmissió de moviment (backlash), flexions mecàniques del tub i imperfeccions mecàniques. Amb sistemes estables i perfectament ajustats es poden aconseguir precisions inferiors al minut d'arc.
- Accepta codificadors òptics (“encoders”) externs per a poder fer un control de la posició real del telescopi, d'aquesta manera es pot desconnectar el sistema de motors i moure el telescopi manualment sense perdre en cap moment la noció d'on està apuntant el telescopi.
- Compta amb la seva pròpia base de dades fet que fa el software totalment autònom. Es poden descarregar bases de dades addicionals d'Internet.
- Pels partidaris de l'automatització total, el software de Mel Bartels pot controlar-se a, través d'un segon ordinador, com si fos un telescopi de la marca Meade model LX200. Molts programes comercials planetaris com TheSky, SkyMap, etc incorporen el control de telescopis de protocol LX200 a través del port sèrie. En aquest cas el conjunt de l'electrònica i el PC que executa el software s'han de veure com una caixa negra que accepta ordres del protocol LX200.

2.2.1 Els circuits electrònics

Com hem dit per a fer funcionar els motors d'acord amb les ordres donades per l'ordinador es fa necessària la inclusió d'uns circuits electrònics. Aquests es divideixen en 5 plaques de circuit imprès:

- 1- Placa principal
- 2- Placa d'alimentació
- 3- Placa de resistències limitadores
- 4- Placa de leds indicadora
- 5- Controlador de ma

1. La placa principal

Aquesta placa conté tot els components necessaris per a fer funcionar el sistema de control sense més electrònica que l'ordinador, un transformador i el controlador de ma.

Els circuits principals són una variació de l'esquema original publicat per Mel Bartels creada per Rafael González Fuentetaja membre de l'Associació Astronòmica de Madrid.

La figura 8 mostra una vista general de la placa principal.

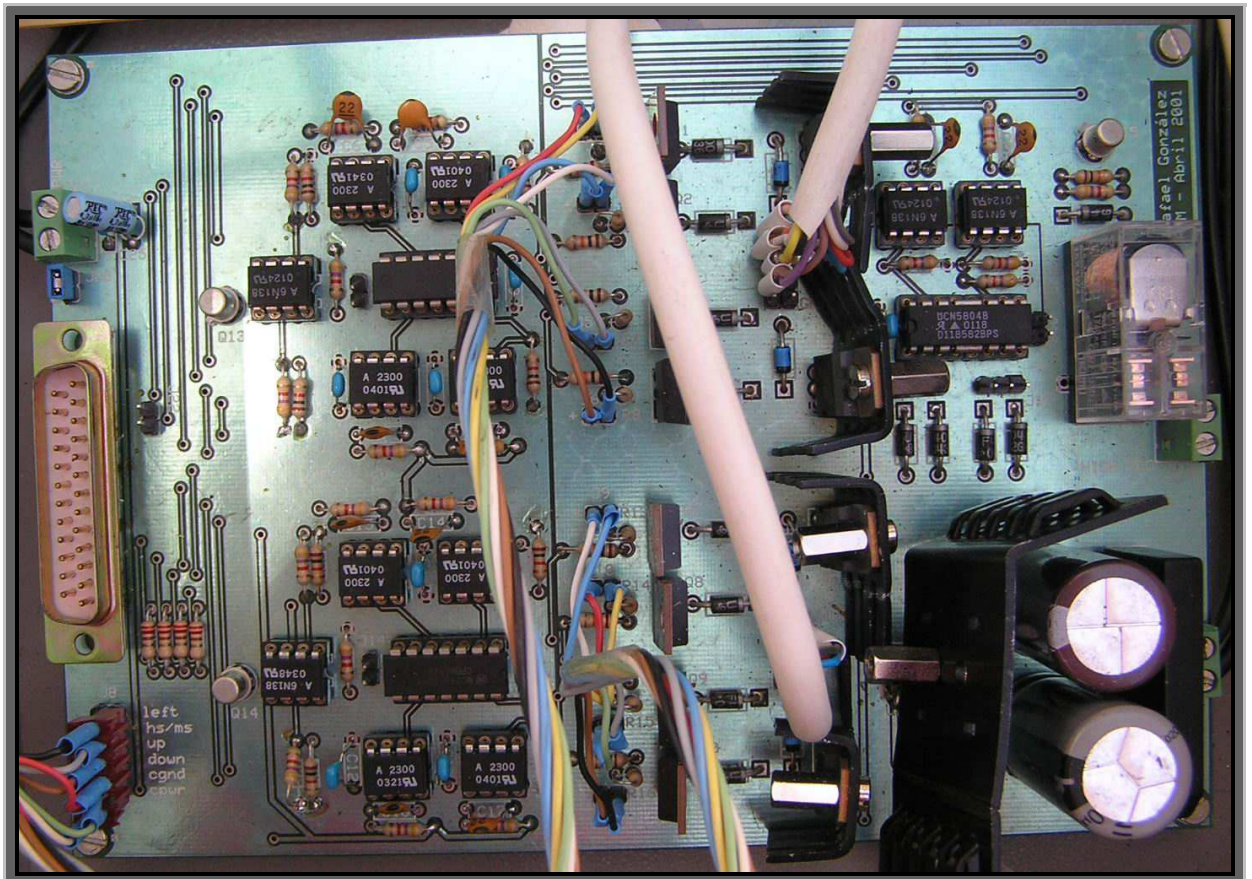


Fig.8 Vista general de la placa principal

Podem dividir la placa en les següents unitats funcionals:

- Optoacopladors d'aïllament.
- Interruptors de límit de recorregut.
- Etapes de potència pels dos motors principals.
- Electrònica de control d'un tercer motor enfocador/desrotador.
- Protecció contra sobretensions i sobreintensitats
- Leds de visualització de les fases dels motors
- Commutació a relè / doblador de tensió.
- Sistema d'alimentacions.

Optoacobladors d'aïllament:

Un optoacoblador és un component electrònic que s'utilitza per aïllar elèctricament dues parts d'un circuit electrònic. Es basa en transmetre el senyal que li arriba per un costat fins a l'altre mitjançant llum, això es fa a través d'un led emissor i un de receptor que fan de pont i aïllen elèctricament les dues bandes.

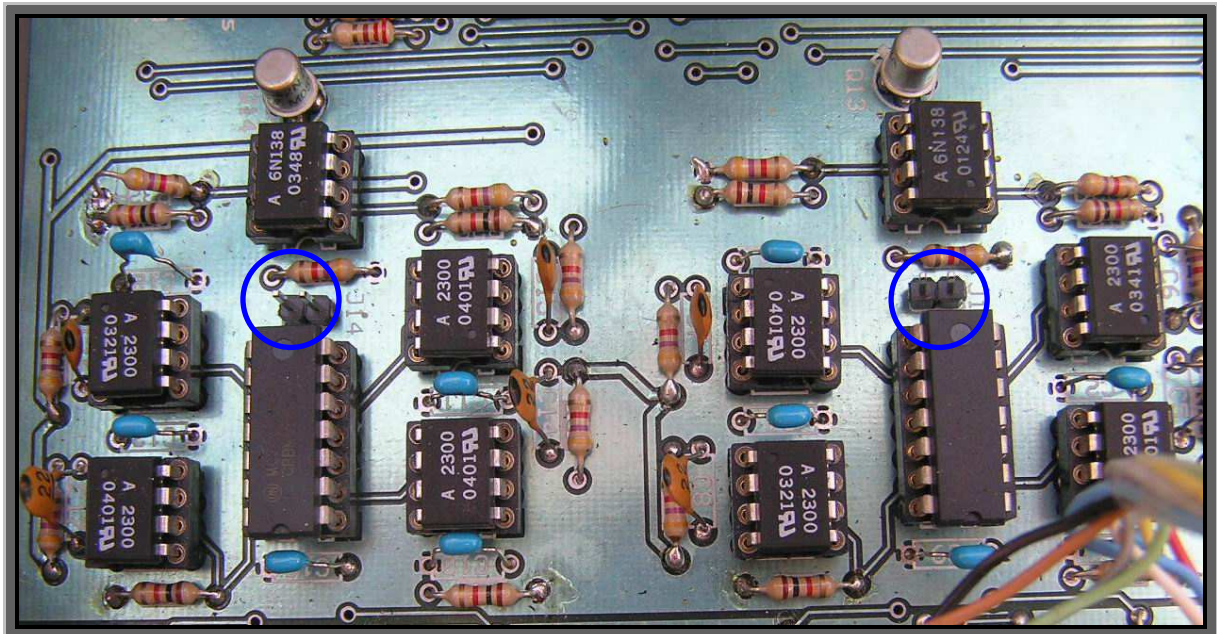


Fig.9 Optoacobladors d'aïllament (integrats de 8 potes) i portes lògiques (integrats de 14 potes). Marcats amb un cercle els interruptors de límit de recorregut.

Per tant els optoacobladors s'utilitzen en aquest circuit per aïllar l'etapa de potència, de la font de senyal que és el port paral·lel de l'ordinador. Es fa necessari aquest aïllament degut a que l'excitació elèctrica de qualsevol motor genera uns pics de sobretensió (algunes desenes de volts) que s'han de tractar convenientment per no danyar la resta de components. La seva funció principal és la de protegir el port paral·lel de l'ordinador pel fet que una avaria seria molt costosa.

L'optoacoblador usat és el HCPL2300. S'ha escollit aquest model per les bones prestacions que ofereix i pel seu baix consum elèctric molt important en el cas d'haver d'alimentar el sistema amb bateries.

Interruptors de límit de recorregut

Com a mesura de protecció per a moviments inesperats del telescopi s'han inclòs dos interruptors que tallen l'alimentació dels motors al ser activats. Aquests interruptors es col·loquen al final del recorregut dels dos eixos del telescopi i en ambdós costats. El seu funcionament es basa en la utilització d'un xip de portes lògiques And 74HC08 (Les portes lògiques & només s'activen si les seves dues entrades son 1 o sigui tenen senyal).

La sortida dels optoacobladors va a l'entrada d'una porta i l'altra entrada és la que va connectada a l'interruptor de límit. Si l'interruptor no està activat s'envia senyal a la porta i per tant el funcionament és el correcte, en cas contrari la porta no s'activa i no s'envia senyal als transistors de potència i per tant es para el sistema.

Per aprofitar les portes també s'ha inclòs un optoacobrador juntament amb un transistor que actua com a interruptor en detectar la fallada de l'alimentació del pc o alimentació auxiliar (+5V).

Etapas de potència pels dos motors principals

Per al correcte funcionament dels motors pas a pas utilitzats es necessiten uns voltatges i intensitats que són impossibles de suportar pel port paral·lel de l'ordinador. Per tant per poder governar un motor pas a pas a voluntat es necessiten 4 transistors, un per a cada bobina que "s'encenen i s'apaguen" a través dels optoacobladors.

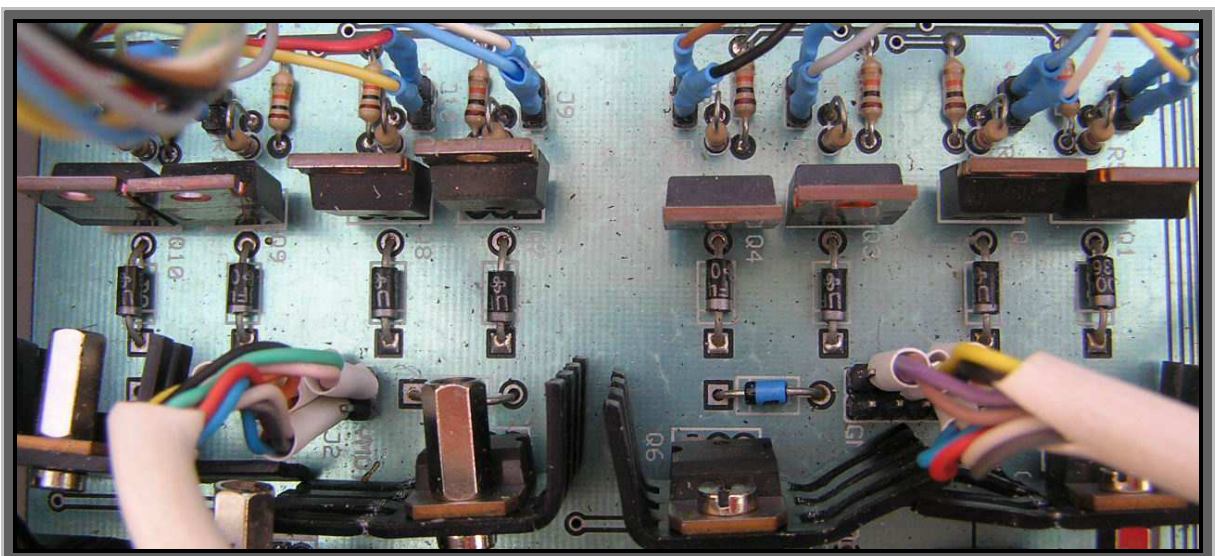


Fig. 10 Els 8 transistors de potència.

La funció dels 4 transistors és amplificar el senyal que arriba del port paral·lel per tal que sigui apta per poder moure els motors amb la velocitat i parell adequat.

Els transistors escollits son transistors de tecnologia MOSFET, concretament el model IRL 530 N, són més cars que els transistors Darlington tradicionals però tenen l'avantatge que a grans tensions i corrents s'escalfen molt menys i són molt més eficients. Es podria usar transistors Darlington juntament amb dissipadors de suficient capacitat, però per contra això voldria dir malgastar energia i si utilitzem bateries reduiríem considerablement la durada d'aquestes.

Protecció contra sobretensions i sobreintensitats

En aquest cas el circuit de protecció és el mateix que el disseny original de Mel Bartels. El circuit està format per díodes normals 1n4007 díodes Zener de 30V i 0,4 W i transistors MJE3055. Aquest 4 transistors es munten amb un dissipador de calor ja que tenen el risc de sobreescalfar-se.

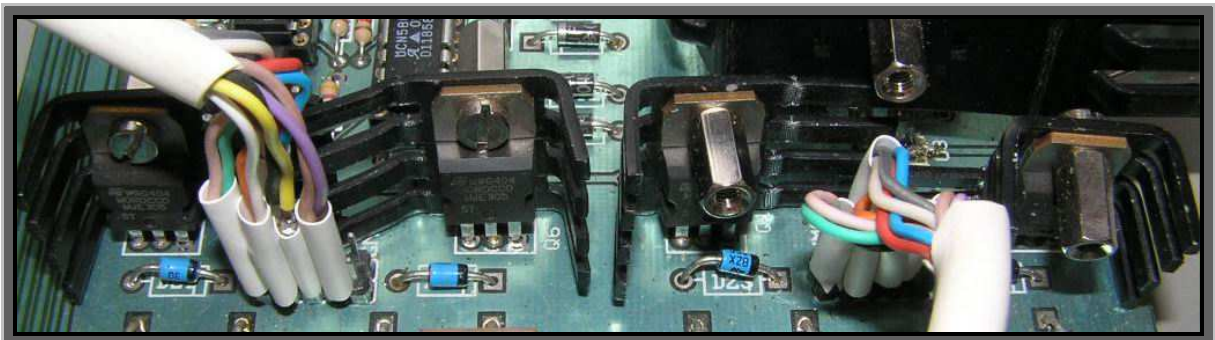


Fig 11. Transistors de protecció

Leds de visualització de les fases dels motors

Per poder conèixer el correcte funcionament del sistema la placa disposa de 8 sortides per a connectar-hi 8 leds, aquestes sortides estan connectades a la sortida dels transistors de potència per tant si al fer el test del port paral·lel que proporciona el software s'encenen els 8 leds; les connexions, els optoacobladors i els transistors funcionen correctament.



Fig.12. Connectors i resistències del visualitzador de fases del motor.

Electrònica de control d'un tercer motor

Com també incloïa el disseny original de Mel Bartels aquesta placa conté l'electrònica necessària per a utilitzar un tercer motor pas a pas. La seva funció principal és fer d'enfocador és a dir fer girar el portaocular fins a obtenir la imatge enfocada, o be com a desrotador de camp, que consisteix en fer girar la càmera per tal que, degut al moviment de la terra la imatge quedi sempre dreta. Totes dues utilitzacions són molt útils en cas de realitzar astrofotografia amb càmeres CCD.

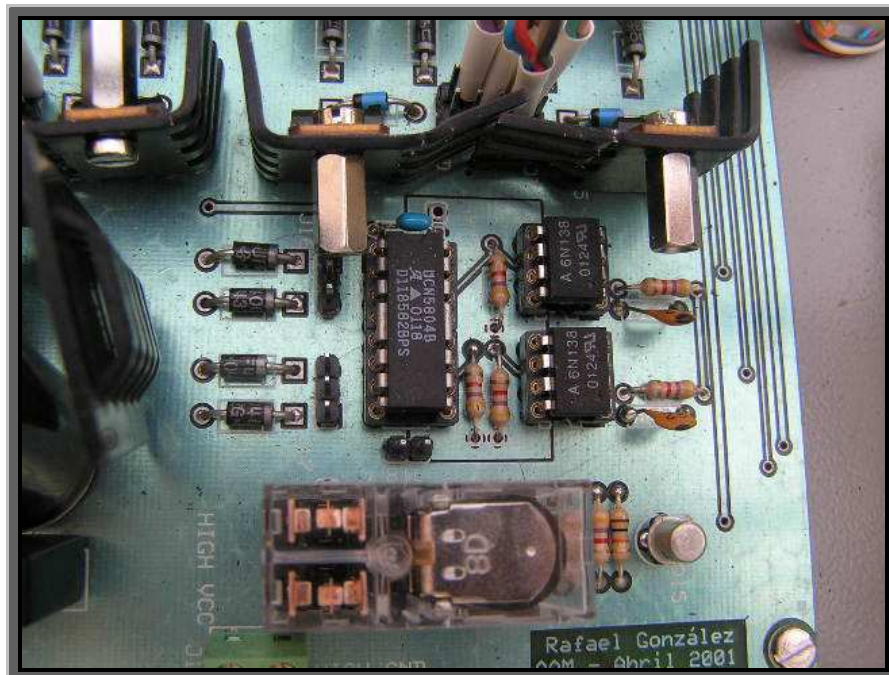


Fig. 13 Electrònica del control d'un tercer motor. 2 optoacobladors (integrats 8 potes). Integrat UCN5804B (16 potes).

En el muntatge realitzat no s'ha implementat cap motor per a ser utilitzat amb aquest fi, però s'ha optat per deixar preparat el muntatge per una possible utilització futura.

Degut a la més baixa precisió requerida per a l'enfocador o desrotador, per controlar el motor, s'utilitza un circuit integrat que conté tot el necessari per al seu funcionament. El xip es tracta de l'UCN5804B de la marca Allegro que és capaç de manipular motors unipolars de fins a 1,5 amperers per fase.

L'ús d'un xip integrat redueix a només dos el nombre de pins del port paral·lel necessaris pel seu control. Juntament amb els seus corresponents optoacobladors d'aïllament i amb les resistències i condensadors adequats completen aquest subcircuit del 3er motor.

Commutació a relè / doblador de tensió

Un dels principals problemes durant el funcionament de sistema és la velocitat de desplaçament entre els objectes a observar o el que s'anomena velocitat de SLEW. Això és degut que per obtenir una bona precisió de seguiment cal una forta reducció de velocitat entre els motors i la muntura.

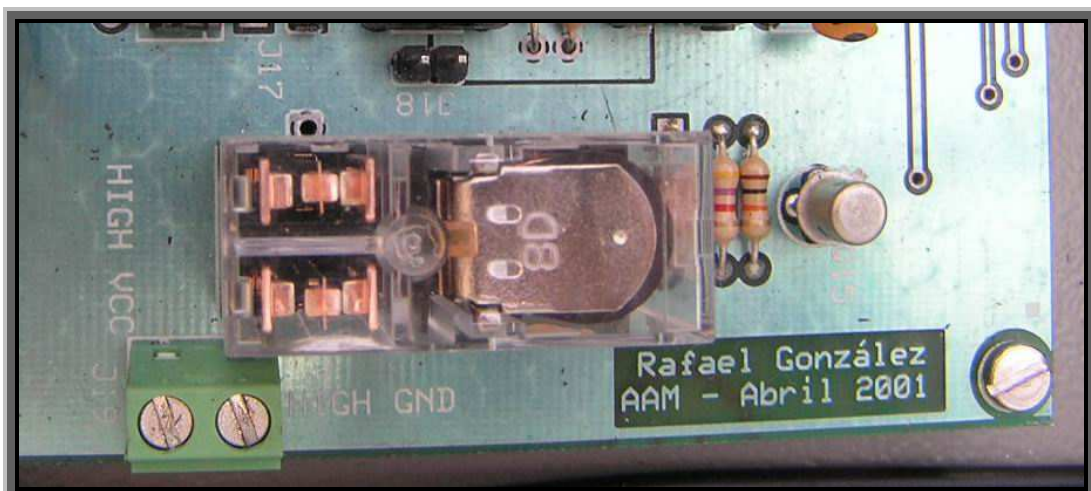


Fig. 14. Relè de commutació de tensió i connector de High VCC i High GND.

Per tal de millorar aquest aspecte es fa treballar els motors al doble o el triple del seu voltatge nominal. Per altra banda, aquest voltatge superior no cal aplicar-lo contínuament als motors ja que es podria produir un sobreescalfament dels motors i una despesa excessiva d'energia, com ja s'ha dit important si es treballa amb bateries.

Per tant per aconseguir aquest alt voltatge s'incorpora a la placa principal un relè que commuta entre dues tensions la baixa i l'alta. Aquest relè s'activa a través d'un pin del port

paral·lel que s'activa quan s'arriba al punt designat a la rampa d'acceleració, llavors es canvia l'alimentació dels motors per la nova i podem augmentar-ne la velocitat. Tots aquests paràmetres s'explicaran més detalladament en l'apartat d'explicació del software.

El relè utilitzat és un de tipus DPCO de 5V de 500mW de potència d'activació i 5A nominals de capacitat de commutació.

Sistema d'alimentacions

- Alimentació dels motors

La placa principal conté tot el necessari per a poder fer funcionar el sistema tant des d'alimentació de la xarxa, com amb bateries de 12V, a excepció del transformador. La connexió a la xarxa de 220 es fa a través d'un transformador de 220 V de corrent alterna a 12 V de corrent alterna, el pas a corrent contínua es fa a través d'un pont de díodes rectificadors conjuntament amb 2 condensadors electrolítics que actuen com a filtre.

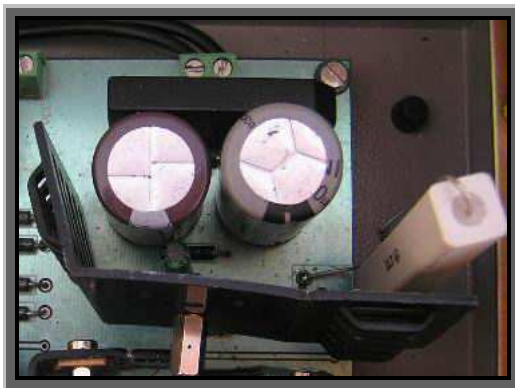


Fig. 15 Pont rectificador i condensadors de filtre. I Regulador 7085 amb dissipador

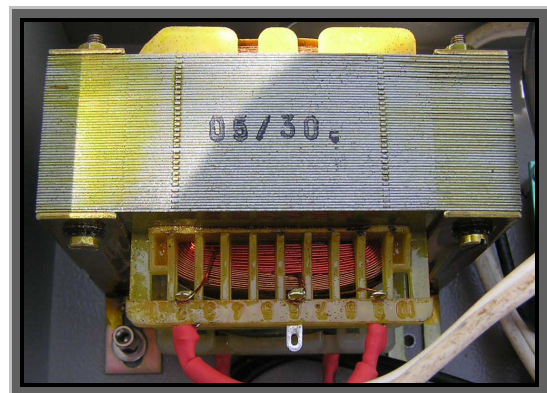


Fig. 16 Transformador, 220V/12 V i 4A

L'alimentació directa amb bateria de 12 volts es fa connectant directament els pols de la bateria al pont rectificador, sense importar la polaritat ja que el pont s'encarrega de donar la polaritat correcta al circuit. El fet de passar a través del pont es perden uns 1,5 volts de la pèrdua de tensió dels díodes. Aquesta baixa tensió pot fer molt lenta la velocitat de "SLEW". Per solucionar això, com s'ha explicat en la commutació a relè, es fa necessari un voltatge superior. Aquesta sobretensió s'obté a través d'una placa d'alimentació dedicada que s'explicarà detalladament al següent apartat. Aquesta sobretensió (aproximadament uns 24V) es connecta a un subcircuit d'alimentació d'"alta" tensió,

- Alimentació de la placa

A part dels motors, l'electrònica que els fa funcionar (optoacobladors, relè, portes lògiques) necessiten la seva pròpia alimentació que és de 5 volts i uns 400 ma. Es pot obtenir de dos fonts diferents: del propi ordinador a través d'un port USB o un port PS2 (ratolí), o a través d'una font independent. L'opció del port d'ordinador és la més fàcil d'utilitzar ja que només cal connectar els pins corresponents del port a les entrades de 5V de la placa, però dependent del relè commutador que s'utilitzi pot ser que no s'obtingui la corrent necessària i per tant obtenir un mal funcionament. L'opció adoptada ha estat obtenir l'alimentació necessària d'una font independent de 5V i 500ma.

2. La placa d'alimentació

Com s'ha exposat en l'apartat anterior per a fer funcionar el sistema farem servir una placa auxiliar, que ens donarà 12 i 24V per als motors i 5V per al funcionament de l'electrònica.



Fig. 17 Placa d'alimentació.

Els 12V

Els 12 V necessaris pel moviment dels motors s'obtenen o bé directament d'una bateria de 12V connectada amb la polaritat correcta a la placa o bé amb un transformador i un pont de díodes rectificadors amb condensadors de filtre; igual com s'ha explicat per a la placa principal. En aquesta placa la connexió per als 12V de la bateria es fa després del pont rectificador així no es perden els 1,5 volts dels díodes.

Els 24V

El sobrevoltatge de 24 volts per a fer velocitats de Slew més ràpides l'obtindrem d'un circuit doblador de tensió dissenyat originalment per a carregar bateries en instal·lacions d'energia solar fotovoltaica, s'obtenen gairebé 24 volts a partir dels 12 inicials i fins a 3 ampers d'intensitat màxima.

La secció de potència d'aquesta placa la formen dos condensadors de gran capacitat, dos transistors MOSFET i dos díodes de potència. S'ha escollit díodes i transistors amb encapsulat TO220 per la possibilitat que en un ús intens s'escalfin i requereixin d'elements dissipadors.

Els 5V

Com ja hem dit per fer funcionar l'electrònica de la placa necessitem 5V. Els obtindrem d'un convertidor DC/DC que ens converteix una entrada de 9 a 18 V a 5 V i 500 ma. L'entrada seran els 12 volts de CC provinents de la bateria o del pont rectificador. La sortida es protegirà amb un fusible ràpid de 500 mA per evitar accidents.

3. Placa de resistències limitadores

Aquesta placa no és res més que un conjunt de resistències de 7W connectades convenientment. Però per què serveixen aquestes resistències?.

Com ja s'ha comentat els motors pas a pas s'alimentaran a un voltatge 2 o 3 vegades superior al nominal en el mode de seguiment i fins a 4 o 5 vegades el nominal en mode de translació. Quan s'aplica aquesta tensió directament els motors, aquests absorbeixen una

intensitat molt superior a la nominal (més de 2 amperes) i s'escalfen molt, fet que podria produir la destrucció del mateix i, a més la velocitat aconseguida no seria l'esperada.

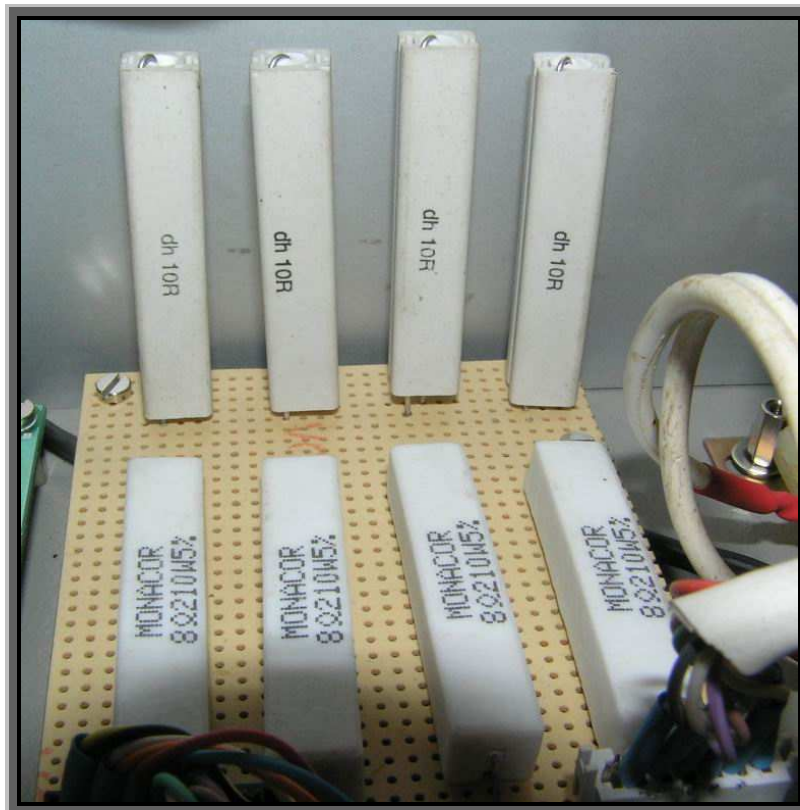


Fig. 18 Placa de resistències limitadores.

L'experiència adquirida per molts constructors del sistema de seguiment de Mel Bartels així com alguns fabricants de motors pas a pas recomanen, que per fer augmentar el rendiment (parell i velocitat) fer treballar els motors a sobretensions i adjuntar resistències als bobinats comuns d'alimentació. Per tant pot semblar contradictori però les resistències s'utilitzen per poder augmentar la velocitat dels motors. Les fórmules per trobar les resistències adequades són les següents.

$$R = V_{\text{fase}} / I_{\text{fase}} \text{ [ohms] resistència de fase} \quad (1)$$

$$n = V_{\text{alim}} / V_{\text{fase}} \text{ factor de sobrevoltatge} \quad (2)$$

$$R_{\text{ext}} = (n-1) \times R \text{ [ohms] resistència externa} \quad (3)$$

Amb els motors utilitzats i les tensions de la placa d'alimentació les resistències seran:

$$R = 6V / 0.85A = 7 \Omega$$

$$n = 21V / 6V = 3,5$$

$$R_{\text{ext}} = (n-1) \times R = (3,5-1) \times 7 = 17,5\Omega \sim 18\Omega$$

4. Placa de leds indicadora

La funció d'aquesta placa és únicament informativa. Serveix per conèixer el correcte funcionament de les connexions del port paral·lel, dels optoacobladors i dels transistors de l'etapa de potència. La verificació es fa a través d'una funció incorporada al software que permet activar o desactivar els 8 pins del port paral·lel que controlen les bobines dels motors. El correcte funcionament es mostra amb la il·luminació dels 8 leds de la placa. Els leds es solden de manera que es puguin mostrar a través del panell frontal de la placa mitjançant 8 forats repartits en dues línies una per a cada motor.

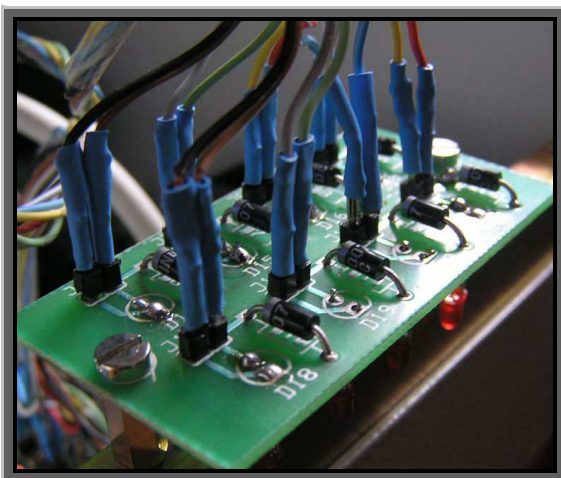


Fig. 19 Placa leds indicadora part del darrera

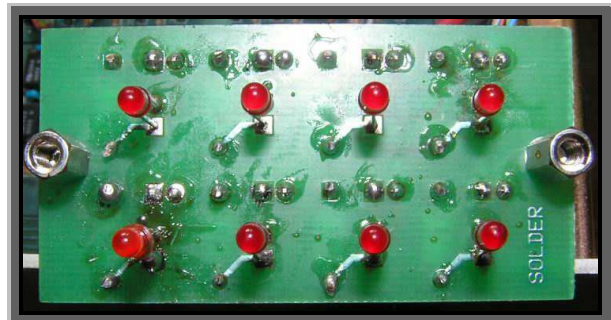


Fig.20 Placa de leds indicadora part davantera

5. Controlador de mà

El controlador de mà és un instrument molt útil i molt fàcil de fer funcionar per a qualsevol persona, incorpora 4 botons i dos commutadors. Els 4 botons serveixen per a fer moure el telescopi en els 2 sentits de cada eix, el primer commutador serveix per seleccionar entre moviment lent per micropassos o moviment més ràpid per semipassos, i el segon commutador, anomenat interruptor de mode, selecciona diferents accions basat en l'estat actual de l'opció (handpad) del programa.

La construcció s'ha fet amb una petita placa de circuit imprès per tal de poder-la encabir dins d'una caixa de plàstic i fer-la més manejable, la connexió es fa a través d'un connector RJ11 6/6 (telèfon). Un led vermell ens indica en tot moment on és el comandament, molt útil per a trobar-lo en la foscor necessària d'una observació.



Fig. 21 Comandament manual dins la caixa protectora

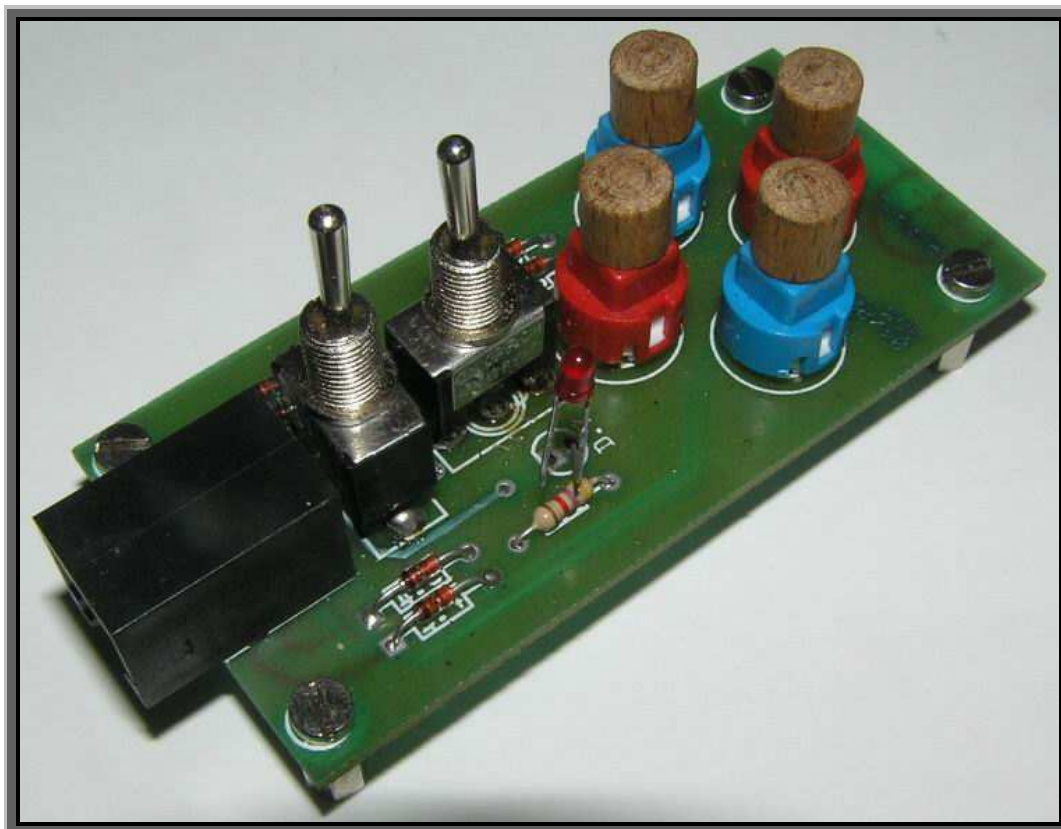


Fig. 22 Placa electrònica del comandament manual amb els 2 commutadors i els 4 botons

2.2.2 El software

L'encarregat de fer funcionar tot el sistema és el software Scope.exe. El programa dissenyat per Mel Bartels fa més de 15 anys, ha estat millorat i perfeccionat pel propi Mel Bartels i molts col·laboradors que han anat afegint noves funcionalitats i unes millors prestacions.

Les dues funcions bàsiques del software són:

- 1- Controlar dos motors pas a pas de manera que donant unes coordenades d'un objecte astronòmic hi apunti automàticament
- 2- Un cop desplaçat cap a l'objecte seleccionat realitzar el seguiment de l'objecte per tal que no surti del camp de visió degut a la rotació de la terra.

Scope és un programa que funciona en MSDOS i es pot fer funcionar amb ordinadors vells com 486 o pentiums de menys de 100Mhz. El seu funcionament es basa en l'enviament continu en temps real de trens d'impulsos al port paral·lel de l'ordinador per fer moure els motors, per tant cal que el programa no treballi sota Windows ja que es podrien endarrerir l'enviament dels impulsos i això causaria un mal funcionament dels motors i la pèrdua de la posició correcta del telescopi. El nucli del programa es basa en la utilització de la interrupció periòdica del rellotge del PC que té lloc cada 18,2 vegades cada segon, d'aquesta manera es disposa d'una base de temps precisa que ens permet generar els senyals de control que regeixen el moviment dels motors.

L'aspecte del programa un cop inicialitzat és el de la figura 23. Pel seu aspecte pot semblar un programa senzill però és un programa amb moltes funcionalitats, fàcil d'usar i una versatilitat molt alta, útil per a ser usat en qualsevol situació i tipus de telescopi.

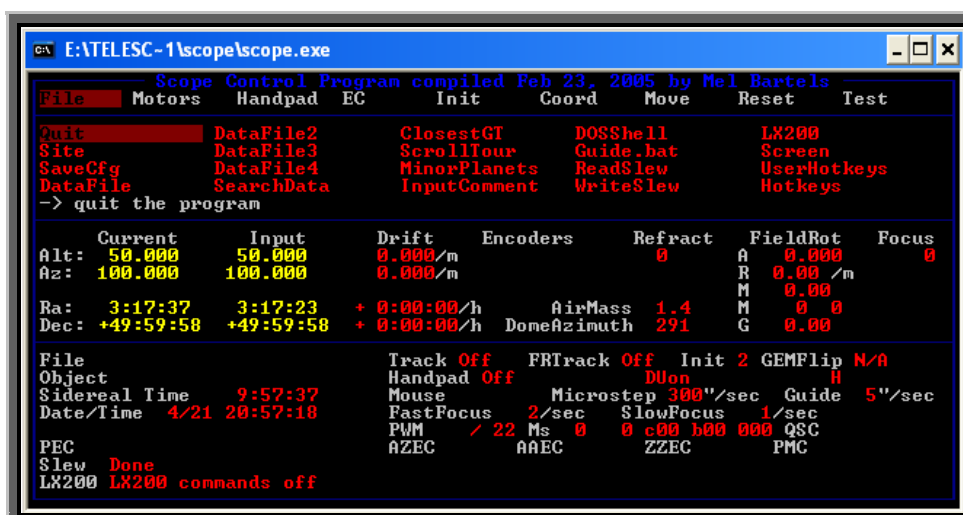


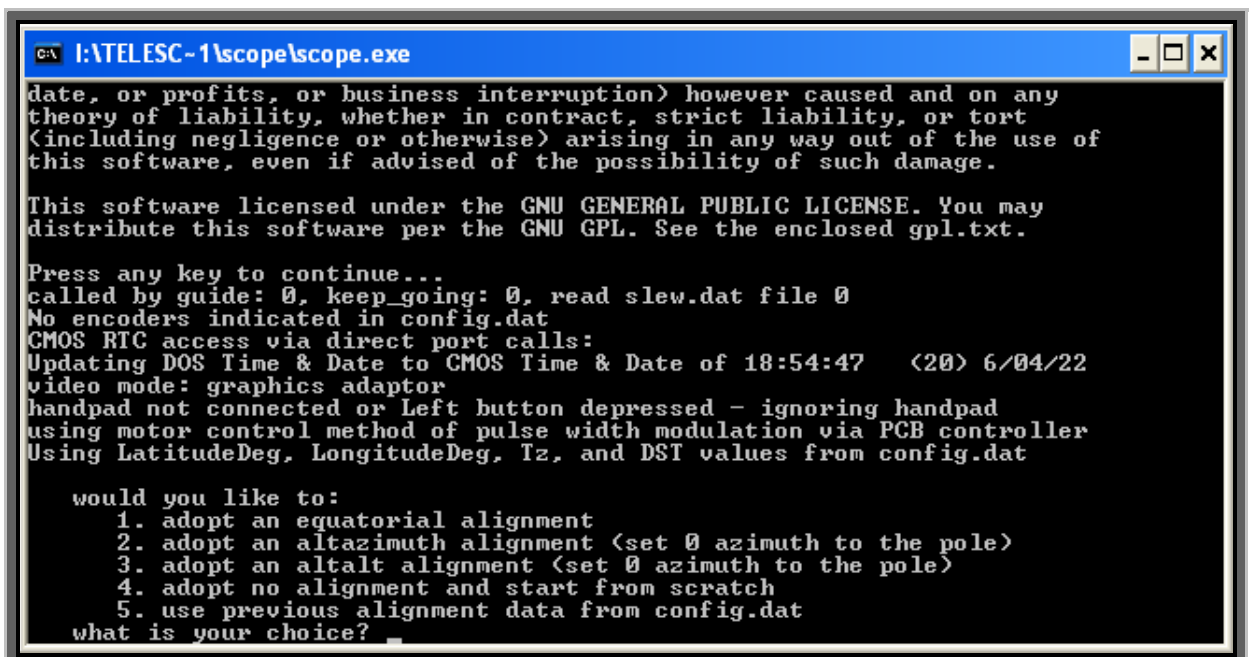
Fig. 23 Programa scope un cop inicialitzat

Les seves principals funcionalitats són les següents:

- Busca automàtica d'objectes a alta velocitat a mitjos passos
- Seguiment dels objectes mitjançant micropassos
- Possibilitat de controlar un tercer motor per enfocador o per corregir la rotació de camp en muntures altacimutals.
- Busca d'objectes amb bases de dades integrada o mitjançant programes planetaris com "Guide" des del mateix ordinador o "Sky map", que segueixin el protocol de comunicació LX200 des d'un altre ordinador.
- Compensació d'errors periòdics així com errors de construcció de la muntura
- Encoders opcionals per a controlar la posició del telescopi quan es vol moure el telescopi manualment.
- Possibilitat de programar seqüències d'observació automatitzades. (fer una llista d'objectes a observar i mitjançant un botó anar d'un objecte a l'altre en un temps determinat.

Descripció del programa

Quan iniciem el programa (cal tenir en compte de sortir completament de windows) ens apareix un petit menú (Fig. 24)



```
C:\I:\TELESC-1\scope\scope.exe
date, or profits, or business interruption) however caused and on any
theory of liability, whether in contract, strict liability, or tort
(including negligence or otherwise) arising in any way out of the use of
this software, even if advised of the possibility of such damage.

This software licensed under the GNU GENERAL PUBLIC LICENSE. You may
distribute this software per the GNU GPL. See the enclosed gpl.txt.

Press any key to continue...
called by guide: 0, keep_going: 0, read slew.dat file 0
No encoders indicated in config.dat
CMOS RTC access via direct port calls:
Updating DOS Time & Date to CMOS Time & Date of 18:54:47 (20) 6/04/22
video mode: graphics adaptor
handpad not connected or Left button depressed - ignoring handpad
using motor control method of pulse width modulation via PCB controller
Using LatitudeDeg, LongitudeDeg, Tz, and DST values from config.dat

would you like to:
  1. adopt an equatorial alignment
  2. adopt an altazimuth alignment (set 0 azimuth to the pole)
  3. adopt an altalt alignment (set 0 azimuth to the pole)
  4. adopt no alignment and start from scratch
  5. use previous alignment data from config.dat
what is your choice? _
```

Fig. 24 Menú d'inici del programa scope

On hem d'escollir entre 5 opcions, muntura equatorial, altazimutal, altalt, sense alineació o iniciar a través de l'arxiu de configuració config.dat. En el nostre cas escollim la

primera opció ja que tenim una muntura equatorial. Tot seguit ens indica que connectem l'alimentació de l'electrònica i els motors.

A partir d'aquí ens surt la pantalla principal del programa.

El programa es controla mitjançant un menú superior de color blanc i els submenús de color vermell. El desplaçament es fa a través de les fletxes de direcció del teclat. A l'última línia es pot veure la descripció de l'opció seleccionada

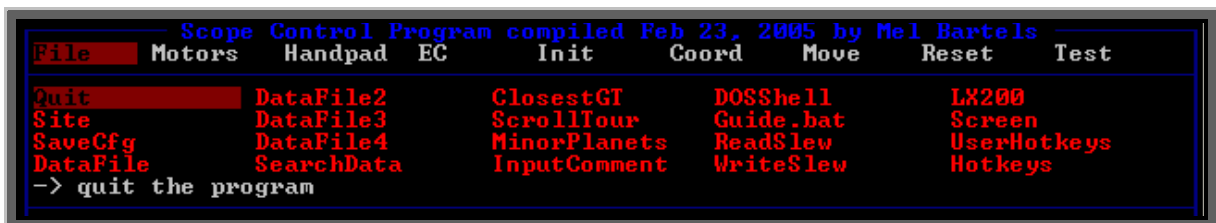


Fig. 25 Menú principal del programa

A la part central trobem més informació.

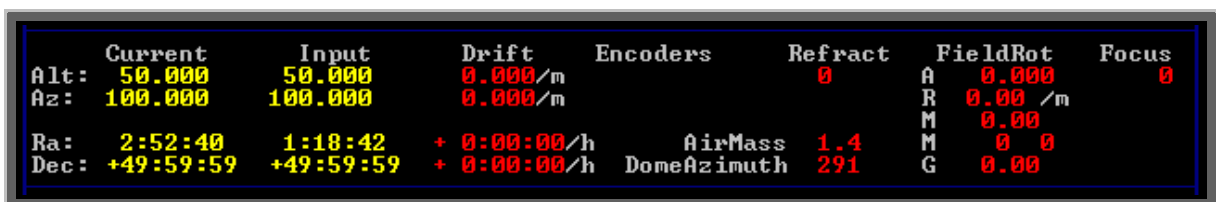


Fig. 26 Part central del programa

El camp *Current* ens presenta les coordenades actuals a les que apunta el telescopi. A continuació al camp "*Input*" es mostren les últimes coordenades introduïdes exteriorment, que són les coordenades que anirà el telescopi si es selecciona "Move To/Equat" o "Move to/Altaz" en els menús de la part superior de la pantalla.

Drift ens mostra la deriva de cada eix. A continuació es mostren les coordenades dels encoders, en cas que estiguin instal·lats, la refracció atmosfèrica, "Airmass" és el número d'atmosferes en la línia de visió del telescopi i "DomeAzimut" és la direcció a on s'ha d'orientar la cúpula de l'observatori. Si està instal·lat el tercer motor per corregir la rotació de camp, a *FieldRot* es mostren els valors de variació en graus per minut i angle de gir del motor i finalment trobem un altre paràmetre "*Focus*" que ens dona un valor de posició del portaocular si l'enfocament està motoritzat amb un motor pas a pas.

Finalment a la part inferior podem trobar la següent informació relacionada amb el funcionament del sistema.

```

File                               Track Off   FRTrack Off   Init 2   GEMFlip N/A
Object                              Handpad Off          DUon     H
Sidereal Time  10:01:58             Mouse       Microstep 300"/sec   Guide 5"/sec
Date/Time  4/22 20:57:44           FastFocus 2/sec     SlowFocus 1/sec
PEC                                             PWM / 22 Ms 0      0 c00 b00 000 QSC
Slew Done                                     AZEC          AAEC          ZZEC          PMC
LX200 LX200 commands off

```

Fig. 27 Part inferior del programa

File ens indica quin és l'origen de les últimes coordenades introduïdes i que apareixen en el camp *Input*. L'origen d'aquestes coordenades pot ser la introducció manual per part de l'usuari, o bé provinent d'algun fitxer de la base de dades, del programa Guide o des d'una altra font externa a través del protocol LX200.

Si les coordenades s'han introduït mitjançant un fitxer de la base de dades d'Scope, al camp **Object** hi apareix el nom de l'objecte seleccionat. A continuació es veu l'hora sideral i la data i hora local.

Més a la dreta el camp **Track** ens indica si el seguiment de la rotació terrestre està activat.

FRtrack mostra si el motor de rotació de camp està o no habilitat.

Init indica quantes inicialitzacions s'han fet.

Gemflip ens indica, en cas de tenir una muntura de tipus Alemany, si ha estat canviada de meridià.

Handpad ens indica en quin mode de funcionament es troba, i si el mode està actiu o no. A la dreta es veuen els botons que s'estan polsant i la posició dels interruptors. C=botó gir sentit del rellotge, W=boto sentit contrari, U= boto amunt, D=boto avall, m=velocitat en micro passos, H=velocitat en semi passos, L= interruptor de mode a la dreta, R= interruptor de mode a la dreta,x= botons d'amunt i avall invertits.

Mouse ens indica si el mode de moviment del telecopi a través d'un ratolí està activat.

Microstep indica la velocitat actual en segons d'arc per segon.

Guide presenta la velocitat actual de guiat en segons d'arc per segon.

Fast Focus indica la velocitat actual d'enfocament ràpid en passos per segon.

SlowFocus indica la velocitat d'enfocament lent en passos per segon.

PWM mostra el número actual de polsos de modulació d'amplada de pols per cada pols del rellotge de la Bios de l'ordinador, i el número aproximat de polsos de modulació d'amplada per pols del rellotge que el programa està usant actualment.

Ms mostra el número de micro passos moguts per pols del rellotge pels motors d'altitud i azimut, les 4 bobines de 'a' la 'd' i els micropassos entre bobines pels motors d'altitud i azimut.

QSC, AZEC, AAEC, ZZEC, PMC i PEC son paràmetres que fan referència a la correcció d'errors.

Si **LX200** es mostra actiu llavors es mostren l'històric de les ordres rebudes des de l'ordinador extern a través del port sèrie.

Configuració del software

La configuració del programa per adaptar-lo al nostre sistema (motors, muntura, reduccions...) es fa editant un fitxer de text anomenat Config.dat que es situa al mateix directori que l'executable Scope.exe. Configurar correctament el software és un procés llarg i laboriós i de la correcta configuració en dependrà la precisió del sistema.

Una configuració bàsica del software apte per a realitzar observacions visuals es podria dividir en 5 etapes:

- 1- Ajust de les coordenades geogràfiques i zona horària
- 2- Configuració del desplaçament angular per pas
- 3- Ajust del moviment en micropassos
- 4- Ajust del moviment en semipassos
- 5- Compensació del backlash (joc dels engranatges)

1. Ajust de les coordenades geogràfiques.

Al ser una muntura del tipus equatorial cal, a més d'introduir amb precisió la localització des d'on es faran les observacions, col·locar amb precisió la muntura amb un pla perfecte i la forquilla de la muntura apuntant perfectament a l'estrella polar, la muntura es pot ajustar amb un nivell de bombolla i l'ajust a l'estrella polar es pot fer de moltes maneres depenent de les necessitats de precisió, des de a ull per observació visual, fins a usar oculars reticulats per observar la deriva de les estrelles controlades i llavors corregir la posició.

Un cop tinguem la muntura ben posicionada li hem de dir al programa a quina posició del planeta ens trobem i a quina hora. Per fer-ho entrarem a l'arxiu de configuració de dades i a l'apartat corresponent introduïrem la nostra posició de latitud i longitud. Per trobar-les podem usar un aparell de GPS amb suficient precisió, un mapa o programes informàtics com el google earth. En tots els casos en poden aconseguir precisions de menys de 100 metres.

```
[*** astronomical times section ***]

LatitudeDeg 80.000000

CMOS_RTC_Access 0

LongitudeDeg 120.000000

Tz 8.000000

DST 1
```

Al paràmetre LatitudeDeg hi posem la latitud on ens trobem en decimals tants decimals com sapiguem. A LongitudeDeg la longitud també en decimals.

El paràmetre Tz vol dir *Time zone* i es refereix a la zona horària a on observem en el nostre cas Catalunya pertany a la zona horària 1 (GMT+1) per tant cal posar un 1 al paràmetre Tz. Finalment el paràmetre DST (Daylight saving time) fa referència als canvis d'hora que es fa 2 vegades a l'any per tal d'estalviar energia. Cal posar-hi el número d'hores que s'adelanta l'hora del lloc d'observació durant l'estiu.

2. Configuració del moviment angular per pas del motor.

La configuració d'aquests paràmetres permeten al sistema conèixer el desplaçament angular del tub òptic produït per un sol pas de motor. Per configurar aquest paràmetre, s'ha de conèixer el número de dents dels engranatges, la relació de la caixa reductora i el número de passos del motor.

En el cas de la nostra muntura, aquest paràmetre és el mateix pels dos eixos, això és degut que els engranatges i les caixes reductores dels dos eixos són iguals per tant quan el motor d'ascensió recta es mou un pas produeix el mateix desplaçament angular en el tub que quan el pas el fa el motor de declinació.

Per configurar-ho, en el menú motors existeix l'opció AZStepSizes, que permet configurar el desplaçament angular per pas de motor en ascensió recta i en declinació. El valor s'introdueix en segons d'arc.

Per tant, si els motors són de 400 passos, la reductora té una relació de 250:1 i els engranatges una relació de $i=6$

$$\text{Resol} = 360 \times 60 \times 60 / (\text{Passos Motor} \times \text{relació total}) \text{ En segons d'arc} \quad (4)$$

$$\text{Resol} = 360 \times 60 \times 60 / (400 \times 1500) = 2,16 \text{ " / pas}$$

Aquest desplaçament angular per pas representa la resolució base del nostre sistema. Del seu valor, depenen dos factors característics del control de moviment.

El primer és la resolució en mode de seguiment, el seguiment requereix un moviment lent però d'alta resolució, és a dir que sigui capaç de governar el moviment a nivell de fracció de segon d'arc.

La segona implicació dependent de la resolució del sistema és la velocitat de Slew, com més alta la resolució del sistema, més gran serà la desmultiplicació mecànica i menor serà la velocitat màxima en grans desplaçaments.

Per tant, el conjunt motoreductor haurà de tenir una relació tal que permeti el millor dels dos aspectes, això significa adoptar una solució de compromís entre l'alta resolució en seguiment i l'alta velocitat de Slew.

3. Ajust del moviment en micropassos

Aquest és un dels ajustaments més difícils i complexos del software. Per fer-ho correctament cal comprendre com funciona la tècnica dels micropassos i el perquè d'aquest ajust.

Què son els micropassos ?

Un motor pas a pas de tipus unipolar té quatre bobinats. Amb un funcionament normal, les bobines s'exciten individualment una darrera l'altre, i una sola cada vegada, d'aquesta manera el rotor del motor avança un pas a cada excitació rebuda de l'electrònica.

La figura següent mostra l'ordre d'excitació:

Pas	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D
1	ON			
2		ON		
3			ON	
4				ON

Fig. 28. Seqüència d'excitació d'un motor per passos.

Per altra banda si en lloc d'excitar només una bobina a la vegada, excitem dos bobines simultàniament, l'eix del motor no avançarà un pas, sinó mig, ja que aplicant corrent a tots dos bobinats el rotor se situarà entremig de les dues bobines. La seqüència seria la següent:

Pas	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D
Mig pas 1	ON			
Mig pas 2	ON	ON		
Mig pas 3		ON		
Mig pas 4		ON	ON	
Mig pas 5			ON	
Mig pas 6			ON	ON
Mig pas 7				ON
Mig pas 8	ON			ON

Fig. 29. Seqüència d'excitació d'un motor per semipassos.

La tècnica dels micropassos va una mica més enllà i es basa en l'aplicació de nivells discrets de corrent a dos bobinats consecutius del motor. D'aquesta manera s'aconsegueix que el rotor es posi a un punt intermedi entre els dos bobinats. Per tant podem donar tants punts intermedis com nivells de corrent podem donar a les bobines. Per tant si donem un 30% de la corrent nominal a un bobinat A i el 70% restant al bobinat B, l'eix es posicionarà en un punt al 30 % de distancia d'A i un 70% de distancia de B, d'aquesta manera s'aconsegueix multiplicar la resolució angular del motor. Típicament amb el sistema de Mel Bartels es divideix un pas en 20 micropassos.

Per aplicar els nivells discrets de corrent el sistema de Mel bartels utilitza una tècnica denominada modulació per amplada de polsos (Pulse With Modulation – PWM), que consisteix en aplicar polsos de corrent als motors moltes vegades per segon, i variar l'amplada d'aquests polsos per controlar el nivell eficaç del senyal, és a dir com més amples siguin els polsos més alt serà el valor eficaç rebut pels motors.

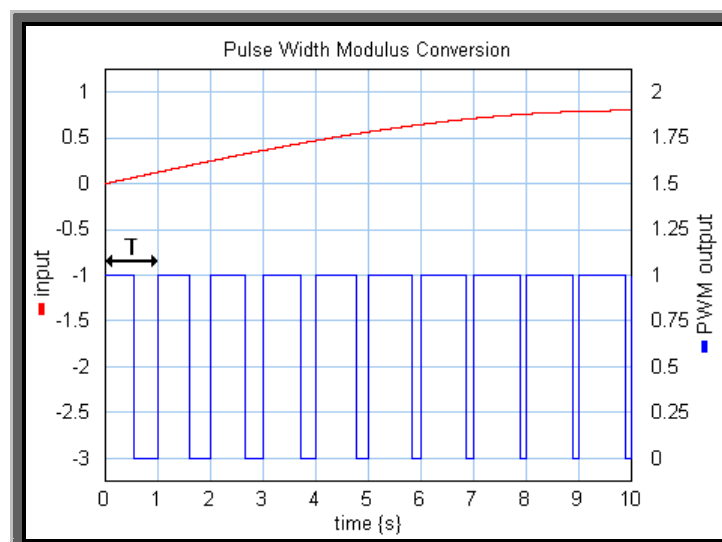


Fig. 30 Principi de funcionament de la modulació per amplada de polsos.

Perquè cal ajustar el micropassos?

Tal com s'ha dit aplicant un 30% de corrent nominal al motor del bobinat A i un 70% a un bobinat B, l'eix es posiciona a un 30% de A i a un 70 % de distancia de B. Això no és del tot cert. La realitat és que depenent de paràmetres estructurals i variables de manufactura dels motors, si s'apliquen aquests corrents indicats la posició que prendran els motors no serà exactament 30 i 70 sinó una posició pròxima.

Mel ha previst aquesta situació i el software conté una matriu denominada PWM que conté els valors de corrent que s'apliquen als bobinats a cada micropas. Aquesta matriu cal

tenir-la ben ajustada si pretenem obtenir un seguiment precís i sense salts, ja que si els micropassos no estan correctament repartits el seguiment estel·lar serà defectuós.

Com ajustem els micropassos?

Per poder ajustar la matriu PWM d'acord amb els nostres motors cal poder mesurar cada moviment de micropas, si tenim en compte que els motors tenen 400 passos i dividim aquests 400 passos en 20 micropassos, ens trobem que hem de mesurar un gir de prop de 3 minuts d'arc. És molt difícil de mesurar aquest moviment ja que és molt petit. Per fer el mesurament s'ha aplicat un mètode ideat per un constructor de telescopi de la mailing list del sistema que consisteix en col·locar un punter làser unit a l'eix del motor i projectar-lo a uns 7 o 8 metres de distància. Amb cada micropas el punt de llum del làser es desplaça uns mil·límetres que són suficients per prendre mesures i fer els càlculs corresponents per completar la matriu PWM.

Al mateix temps que es realitzen les mesures amb el làser cal tenir en compte la intensitat que consumeixen els motors, per tant usarem un polímetre que mesuri en tot moment el consum dels motors, per evitar superar el corrent nominal.

Procediment

Primer de tot se subjecta fortament el làser a l'eix del motor mitjançant dues anelles perpendiculars unides per una rosca i seguidament projectar el punt de llum a uns 8 metres de distància. També col·locarem un amperímetre a l'entrada de l'alimentació dels motors.



Fig. 31 Laser subjectat al motor i aquest a una taula. Al fons es veu la llum del laser projectada a un full de paper per a poder fer les medicions.

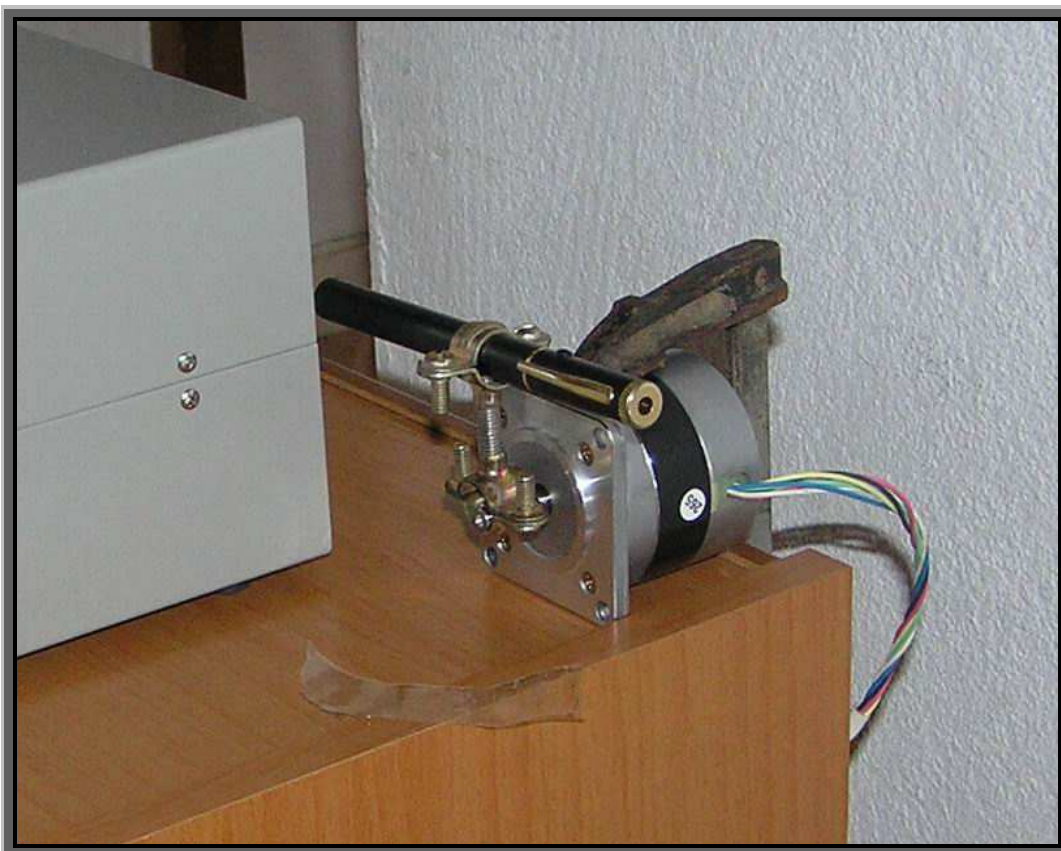


Fig. 31 Laser fixat. Al motor.

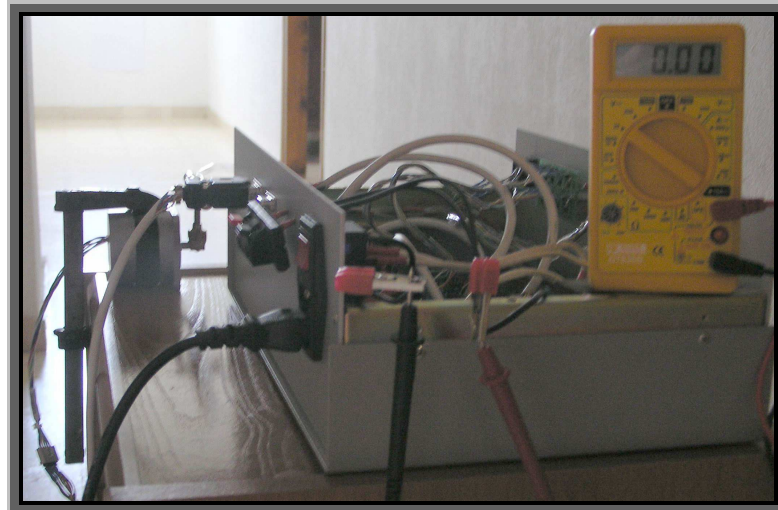


Fig. 32 Amperímetre connectat a la sortida del transformador per a mesurar la intensitat consumida pel motor.

Connectem tot el cablatge dels motors i de l'ordinador a la caixa d'electrònica. Enguegem l'ordinador i executem el programa Scope.exe. Un cop dins del programa anem al menú "Motors" i dins d'aquest l'opció "MsParams" ens sortirà una finestra per poder modificar els paràmetres de la matriu PWM i altres paràmetres pel funcionament dels motors. També hi ha l'opció de moure els motors de micropas en micropas polsant les tecles "+" i "-".

```

MS scope
Auto
Scope Control Program compiled Feb 12, 2006 by Mel Bartels
+- moves motors, left/right arrow selects & up/down changes value, 'q' quits
PWM 47/ MsDlyX 10 MsPaus108 Ms 20 HsMsTg 5 MsIncr 5 MaxPWM100
0:100 0 1:100 11 2:100 20 3:100 32 4:100 42 5:100 54 6:100 66 7:100 81
8:100 87 9:100 94 10:100 100 11: 94 100 12: 87 100 13: 81 100 14: 66 100 15: 54 100
16: 42 100 17: 32 100 18: 20 100 19: 11 100

Current      Input      Drift      Encoders      Refract      FieldRot      Focus
Alt:  84.328   84.328    0.000/m      0              0            A 360.000     0
Az:  327.537  327.537    0.000/m      0              0            R  0.35 /m
Ra:  19:21:06 19:20:43  + 0:00:00/h  AirMass 1.4    M 360.00
Dec: +84:19:39 +84:19:39 + 0:00:00/h DomeAzimuth 4      G  0.00
Microsteps/sec: 0.0 0.0 Accel (ms/tick): 0.0 0.0 press 't' to stop
File          Track Off  FRTrack Off  Init 2 GEMFlip N/A
Object        Handpad Off DUon m
Sidereal Time 17:13:41 Mouse      Microstep 300"/sec Guide 5"/sec
Date/Time 5/27 18:02:38 FastFocus 2/sec SlowFocus 1/sec
PEC           PWM 47/ 32 Ms 0 0 c00 d00 003 QSC
Slew Done    AZEC      AAEC      ZZEC      PMC
LX200 LX200 commands on
Additional features by Don Ware

```

Fig.33 Submenú d'entrada de paràmetres dels micropassos.

Com que dividirem els passos en 20 micropassos, el paràmetre "Ms" ha de ser 20, "MaxPWM" no cal canviar-lo i es deixa a 100.

Com s'ha explicat a la descripció del programa a la part inferior dreta de la pantalla a la dreta de Ms apareixerà el micropas en el que es troba cada motor. El programa ens informa amb una lletra i un número del 0 al 19 a quin micropas de cada bobina ens trobem.

El procés d'ajustatge es pot dividir en les següents etapes.

1. *Ajustatge de MsDelay i MsPause.* Aquests valors permeten ajustar la intensitat que travessa els bobinats del motor, augmentant el valor de MsDelayX veurem com la intensitat augmenta, i el soroll fet pels motors també ho fa, MsPause també fa augmentar la intensitat, però en menor mesura, per tant s'utilitza per fer un ajustatge fi de la intensitat que ha de passar per cada bobinat.

S'ha de buscar un punt en el que la intensitat no superi la nominal i el soroll que fan els motors sigui el més baix possible. Un cop trobat aquest punt, comprovarem que el punt de llum del làser és això un punt i no una ratlla produïda per una oscilació.

2. *Presa de mesures.* A la superfície on projectem el làser hi col·loquem un paper per tal de poder fer unes marques de la posició d'almenys, els 10 primer micropassos de les 4 bobines, és a dir s'ha de mesurar els micropassos des de a00 fins a a10 avançarem fins a b00 fins a b10 i així fins a d10. Per fer avançar els motors polsem les tecles + o – per retrocedir.

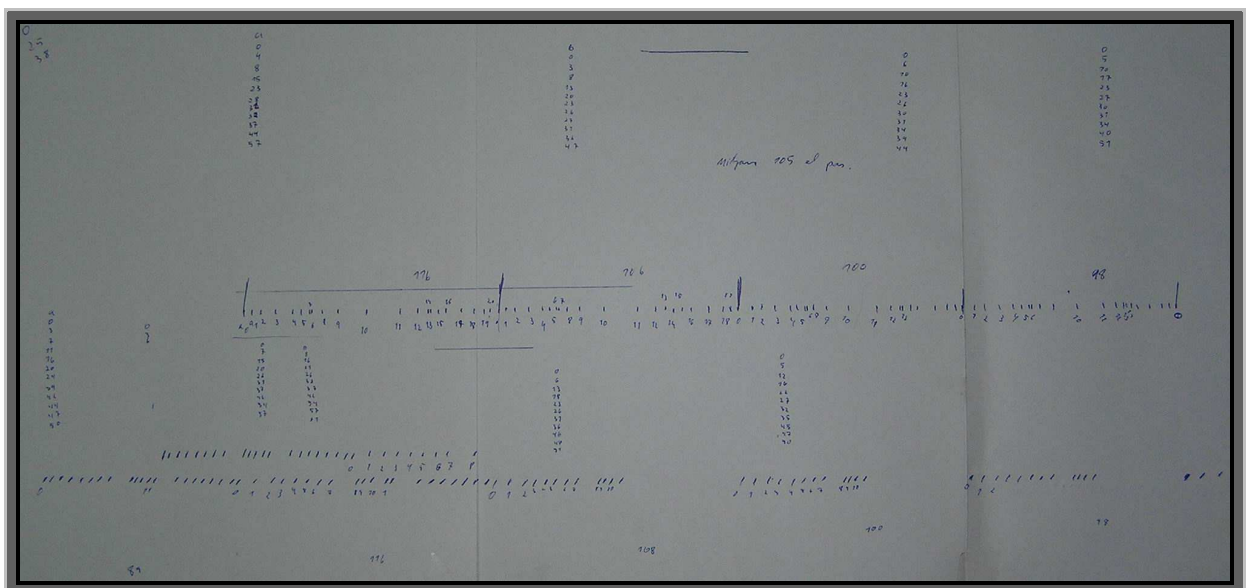


Fig. 34 Fulls de paper en els que s'han fet les marques de cada micropas

3. Càlcul dels elements de la matriu. Un cop hem marcat sobre el paper totes les posicions indicades. Amb un regle milimetrat mesurem les distàncies de cada marca prenent com a referents l'inici de cada pas o sigui x00. Amb aquestes mesures seguim un senzill procés matemàtic que a partir dels valors de les marques i dels valors de la matriu PWM per defecte ens dona una nova matriu PWM. Tot aquests càlculs es fan amb una taula d'excel.

		Pas senser (mm)		Mp ideal (mm)				MsPause		MsDelayX					
		105		5,25				97		15					
Fase 1															
Micropas	PWM_a	PWM_b	Mesura a00-a10	Mesura b00-b10	Mesura c00-c10	Mesura d00-d10	Mitjana	Mp Ideal	Ideal-Mitjana	Diff.	Correcció	PWM	PWM Arrodonit		
x00	100	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0		
x01	100	23	15	16	15	15	15,3	5,25	10,0	0,663	-15,08	7,92	8		
x02	100	34	20	22	20	20	20,5	10,5	10,0	0,477	-20,95	13,05	13		
x03	100	44	25	26	25	25	25,3	15,75	9,5	0,475	-20,00	24,00	24		
x04	100	54	29	32	30	30	30,3	21	9,3	0,500	-18,50	35,50	36		
x05	100	58	31	34	32	32	32,3	26,25	6,0	0,500	-12,00	46,00	46		
x06	100	63	34	36	35	35	35,0	31,5	3,5	0,550	-6,36	56,64	57		
x07	100	65	35	37	36	36	36,0	36,75	-0,8	0,500	1,50	66,50	67		
x08	100	75	40	42	40	41	40,8	42	-1,3	0,475	2,63	77,63	78		
x09	100	85	44	47	46	46	45,8	47,25	-1,5	0,500	3,00	88,00	88		
x10	100	100	52	54	53	53	53,0	52,5	0,5	0,483	-1,03	98,97	99		
							variança		24,25						
Fase 2															
		Pas senser (mm)		Mp ideal (mm)											
		116		5,8											
Micropas	PWM_a	PWM_b	Mesura a00-a10	Mesura b00-b10	Mesura c00-c10	Mesura d00-d10	Mitjana	Mp Ideal	Ideal-Mitjana	Diff.	Correcció	PWM	PWM Arrodonit		
x00	100	0	0	0	0	0	0	0	0,000	0	0	0	0		
x01	100	9	5	5	5	5	5,0	5,8	-0,8	0,625	1,28	9,28	9		
x02	100	13	10	10	10	10	10,0	11,6	-1,6	1,000	1,60	14,60	15		
x03	100	24	15	15	15	14	14,8	17,4	-2,7	0,432	6,14	30,14	30		
x04	100	36	21	21	21	21	21,0	23,2	-2,2	0,521	4,22	40,22	40		
x05	100	46	27	27	27	27	27,0	29	-2,0	0,600	3,33	49,33	49		
x06	100	57	33	33	33	32	32,8	34,8	-2,1	0,523	3,92	60,92	61		
x07	100	67	39	39	39	39	39,0	40,6	-1,6	0,625	2,56	69,56	70		
x08	100	78	45	45	45	45	45,0	46,4	-1,4	0,545	2,57	80,57	81		
x09	100	88	51	50	51	51	50,8	52,2	-1,5	0,575	2,52	90,52	91		
x10	100	99	58	56	58	58	57,5	58	-0,5	0,614	0,81	99,81	100		
							variança		0,61						

Fig. 35 Taula d'excel on s'han fet els càlculs.

Els càlculs dels nous valors de la matriu es fan utilitzant els 40 valors que hem pres de les marques dels 10 primers micropassos de casa micropas, això es fa així ja que la matriu de valors és simètrica, és a dir és simètric donar un 30% d'intensitat al bobinat A i un 70% al bobinat B que un 70% al bobinat A i un 30% al bobinat B.

Amb els 40 valors en fem la mitjana valor a valor i ens queda una sola columna amb 10 valors. Tot seguit fem la diferència entre aquests valors amb el que seria la distància entre micropassos ideals, és a dir la distancia de mig pas dividit entre 10. Per mesurar l'equidistància entre les mesures es calcula la variància.

Seguidament es compara els valors inicials de la matriu PWM amb les mitjanes del 40 valors. Es fa dividint les diferències entre els dos valors de la matriu PWM que corresponen als 2 valors de la mitjana. Després es calcula la correcció que cal donar als valors inicials de la matriu PWM fent la divisió entre la diferència entre moviment ideal i la mitjana i la comparació feta anteriorment. Aquests valors de correcció que poden ser positius

o negatius se sumen als valors inicials de la matriu PWM i finalment s'arrodoneix a un valor enter.

4. *Nova sèrie de mesures.* Els valors obtinguts s'introdueixen al programa SCOPE i es repeteix el procés prenent mesures i introduint-les altre cop a la fulla d'excel. En aquesta segona iteració es veu com les mesures són molt més equidistants i la variància dona un valor molt més baix. En cas necessari et pot fer una tercera iteració per millorar-ne la precisió.

4. Ajust del moviment en mitjos passos

En aquest apartat es configuren els paràmetres relacionats amb el moviment ràpid de la muntura. Quan la muntura fa moviments de desplaçament entre objectes distants (Slew), la seqüència de control dels motors fa que aquests es moguin de mig pas en mig pas. En els moviments entre objectes l'objectiu és que el telescopi es mogui tan ràpid com sigui possible, per tant quan s'ajusta el moviment en mitjos passos es pretén optimitzar els paràmetres buscant la màxima velocitat del sistema. La rampa d'acceleració i desacceleració i el sobrevoltatge també apunten en aquest sentit.

Procediment

Dins del menú "Motors" hi ha el submenú "Halfstep", mitjançant el qual s'accedeix a tots els paràmetres relacionats amb el moviment a mitjos passos.

El primer paràmetre que apareix és "HSTimerFlag". Si aquest paràmetre val 1, s'activa la generació de senyals controlada per interrupcions, el que fa que el valor dels paràmetres sigui independent de la velocitat de microprocessador del PC de control, en el nostre cas, aquest paràmetre ha de ser 1.

Seguidament apareixen dos paràmetres més "MaxDelay i Min Delay", aquest dos paràmetres defineixen la velocitat dels motors al principi i al final de les rampes d'acceleració i desacceleració. "MaxDelay defineix la velocitat més lenta (inici de la rampa d'acceleració o final de la de desacceleració, i "MinDelay" defineix la velocitat més ràpida. "HsRampX" defineix la durada de la rampa d'acceleració i desacceleració.

Finalment el paràmetre HsOvervoltage defineix el valor a partir del que s'activarà el senyal de control del relè de sobrevoltatge. El seu valor ha d'estar situat entre MaxDelay i MinDelay.

El procés és bastant intuïtiu, si programem una velocitat massa alta els motors faran sorolls estranys i no giraran, haurem d'augmentar MinDelay i si el moviment és massa lent cal disminuir MaxDelay i MinDelay.

5. Compensació del backlash

Cada eix del telescopi està connectat a una sèrie d'elements encarregats de transmetre el moviment des del motor fins al tub òptic. Quan el motor es mou, aquest moviment és transmès a la caixa reductora en la que 6 etapes d'engranatges transmeten la rotació. Des de l'eix de la caixa reductora el moviment es transmet a l'engranatge de la muntura fent que finalment el tub òptic giri.

Tota aquesta cadena d'engranatges té un joc que produeix errors d'apuntament del telescopi. Aquest error es veu clarament quan, amb el controlador de ma fem un moviment en un sentit i immediatament després fem girar en sentit contrari, si mirem a través de l'ocular veurem que el canvi de sentit no és instantani. Això és el Backlash, és la suma dels jocs entre tots els elements de la cadena de transmissió de moviment.

Per tal d'anular aquest error el programa Scope disposa de paràmetres configurables.

Per trobar el backlash de cada eix el més pràctic és observar amb el telescopi un objecte terrestre mol llunyà utilitzant si és possible un ocular potent i reticulat. Amb el controlador de ma en mode de micropassos, movem el telescopi en un eix en un sentit durant uns instants i seguidament apuntem les coordenades equatorials de l'eix i polsem el boto de sentit contrari de l'eix i quan veiem per l'ocular que el telescopi es mou deixem de prémer el boto. Apuntem les coordenades equatorials de l'eix en qüestió i calculem la diferència entre les coordenades inicials i les finals. Aquesta diferència (en minuts d'arc) és la que s'ha d'introduir en els paràmetres de configuració de l'arxiu Config.dat. Cal repetir el procediment unes quantes vegades per fer un mitjana dels valors trobats. Finalment cal repetir el procediment per l'altre eix i introduir les dades editant el fitxer Config.dat els paràmetres AltBacklashArcmin i AzBacklashArcmin.

Un cop introduït el valor, el programa mourà els motors aquest valor addicional cada vegada que es produeixi un canvi del sentit de gir.

En el telescopi prototip el Backlash trobat per a cada eix és de 3,2 minuts d'arc

2.3 El sistema mecànic

Passem seguidament a descriure els sistemes mecànics del projecte. Podem dividir en dues parts diferenciades: Els motors actuadors i el sistema de transmissió de moviment. Totes dues parts estan interrelacionades, no només perquè els motors s'han d'acoblar convenientment sinó perquè les característiques dels motors ens determinaran la relació de transmissió que haurem d'obtenir amb el sistema de transmissió.

Alternatives

Les alternatives possibles per a transmetre el moviment dels motors són molt variades, les més usades pels constructors de telescopis són les següents:

- 1- Vis sens fi amb caixa reductora.
- 2- Roda i pinyó dentats amb caixa reductora.
- 3- Roda i pinyó llis amb caixa reductora.
- 4- Roda i pinyó units per corretja amb caixa reductora

1- Vis sens fi amb caixa reductora

És una de les millors solucions i de les més usades. Els seu principal avantatge és la gran capacitat de reducció que ofereix un vis sens fi de mitjanes dimensions i el seu gairebé nul joc entre la corona i el pinyó. A més al tenir una gran capacitat de reducció permet usar una caixa reductora de baixa reducció, això vol dir que tindrà menys etapes fet que es traduirà en la reducció del joc total o Backlash.

El principal inconvenient d'aquesta solució és la dificultat de trobar una corona de vis sens fi de les dimensions requerides i en cas d'aconseguir-la o de demanar-la a fer, el seu preu és molt elevat.

2- Roda i pinyó dentats amb caixa reductora

Aquesta és la solució que s'ha adoptat en el muntatge realitzat. L'avantatge rau en la facilitat de trobar rodes dentades de dimensions considerables i de gran diversitat de materials. Els inconvenients principals són el joc entre la roda i el pinyó, si el conjunt no està ben ajustat, i la poca capacitat de reducció amb dimensions raonables fet que porta a posar caixes reductores de més etapes i a augmentar el backlash.

3- Roda i pinyó llis amb caixa reductora

És una solució molt adoptada i recomanada per alguns constructors. Els seus avantatges són l'eliminació del joc entre la roda i el pinyó i una bona capacitat de reducció ja que no es depèn del número de dents d'un engranatge i la relació entre roda i pinyó pot ser bastant gran sense comprometre la mida de la instal·lació. Per altra banda cal tenir en compte que en la transmissió per fricció cal tenir una bona adherència entre els dos elements per garantir la transmissió del parell necessari. Cal triar curosament els materials a utilitzar i ajustar molt bé al sistema. Finalment dir que amb aquesta opció es pot fer fabricar per un preu baix ja que es pot fer de qualsevol material fins i tot fusta.

4- Roda i pinyó units per corretja amb caixa reductora

En aquest cas cal tenir molt en compte que la corretja sigui d'un material no flexible ja que l'extensió o compressió de la corretja donaria errors de posicionament. Totes les altres característiques són molt semblants al sistema de roda i pinyó llis. Útil en telescopis de grans dimensions on poden haver-hi distàncies més grans.

2.3.1 Transmissió del moviment

La solució adoptada, tant per l'eix de declinació com pel d'ascensió recte, ha estat roda i pinyó dentat juntament amb una caixa reductora. La raó principal ha estat la facilitat de trobar rodes dentades del material desitjat. També perquè el seu principal inconvenient, el joc entre els engranatges, es pot solucionar configurant correctament paràmetres del software de control i finalment el cost total del sistema també s'ha tingut en compte en la presa de decisió.

Velocitat i precisió

Com s'ha dit, el sistema de transmissió de moviment és el mateix tant en un eix com en l'altre amb variacions segons la situació de cada eix.

En tots dos casos la relació de transmissió total és de 1500:1. S'ha escollit aquesta relació tenint en compte 3 aspectes, la velocitat de translació o "Slew", el numero de passos dels motors i la precisió de seguiment que depèn de l'ús que se'n faci ja sigui observació visual o fotografia astronòmica.

La precisió obtinguda amb els components usats es calcula de la següent manera.

$$\begin{aligned} \text{Resol} &= 60 \times 60 \times 360 / (2 \times \text{Passos Motor} \times \text{Micropassos} \times \text{Relació total}) = \quad (5) \\ &= 60 \times 60 \times 360 / (2 \times 400 \times 20 \times 1500) = 0.054'' \text{ segons d'arc} \end{aligned}$$

És una precisió de seguiment molt alta suficient per a fer observació visual i que a més ens permetria fer fotografia astronòmica.

La velocitat de moviment del telescopi es calcula de la següent manera:

$$V_{\text{slew}} = V / \text{Reducció total} \quad (6)$$

$$\text{Reducció total} = (\text{reducció engranatges} \times \text{red. caixa reductora}) = 6 \times 250 = 1500 \quad (7)$$

$$V = (1000000 / \text{Mindelay}) \times 360 / (2 \times \text{Passos Motor}) = 2368 \quad (8)$$

Per tant

$$V_{\text{slew}} = 2368 / 1500 = 1.58 \text{ graus /segon} \quad (9)$$

No és una velocitat gaire gran però suficient, ja que per recórrer tot el cel, 180° es tardarien menys de 2 minuts.

La velocitat es podria millorar de diverses maneres:

1- Canviar el sistema mecànic: Posant un pinyó de més dents per reduir la relació o canviar la caixa reductora per una de menys reducció, aquestes modificacions influïrien en la precisió del seguiment que seria raonable fins a 0.2" o 0.25" per a observació visual. Per tant canviant la caixa de reducció, per exemple, a una relació de i:100 ens quedaria :

$$V_{\text{slew}} = 3.95^\circ/\text{s}$$

$$\text{Precisió} = 0.135'' \text{ segons d'arc}$$

La velocitat augmentaria considerablement i faria molt ràpides les observacions d'un objecte a un altre. Per altra banda la precisió de seguiment es mantindria correcte per a una observació visual però insuficient per a fotografia. És una opció a tenir en compte per a millorar el telescopi per dedicar-lo exclusivament a observació visual.

2- Modificar electrònica / software: Un dels paràmetres de càlcul de la velocitat de Slew és el MinDelay. És una variable modificable del software que ens determina la velocitat màxima dels motors. El millor valor que podem donar al paràmetre depèn de la qualitat dels motors, del voltatge d'alimentació dels motors i de les resistències limitadores.

Com més bons són els motors més velocitat els hi podem donar, també la correcta combinació de voltatge alt amb les resistències limitadores adequades fa augmentar

considerablement la velocitat màxima dels motors, aquestes solucions farien augmentar la velocitat màxima de Slew i no es veuria afectada la precisió de seguiment.

Finalment una altra opció per augmentar la velocitat seria canviar els motors per uns de 200 passos en comptes dels motors de 400 que utilitzem. En aquest cas es disminuiria la precisió de seguiment a la meitat i es doblaria la velocitat.

La mecànica

La roda dentada, que és la mateixa per als dos eixos, és un engranatge recte de mòdul 1 i de 120 dents, el material utilitzat es nylon, escollit, perquè és un material fàcil de treballar i per ajudar a reduir la transmissió de vibracions entre els motors i la muntura. El seu inconvenient és que és més imprecís, deformable i fràgil que un engranatge d'acer, per altra banda també és molt més barat que un engranatge d'acer o alumini.

El pinyó és de 20 dents i de mòdul 1. És d'acer ja que en el mateix material que la roda, la mecanització d'una rosca per a la subjecció a la caixa reductora era difícil.

Pel que fa a la caixa reductora es van valorar moltes possibilitats, des de reductors de forns de pollastres a l'ast, engranatges del joc mecano o la construcció de la caixa reductora a partir d'engranatges petits. Aquestes solucions es van desestimar degut a l'alta reducció requerida o bé per la complexitat de fer una caixa reductora amb tots els engranatges ben alineats. Per tant es va decidir comprar una caixa reductora feta, les opcions no eren gaires, i per facilitar el muntatge es va escollir una caixa reductora que permetia l'acoblament de motors amb el format estàndard NEMA 23, que és el més usual en els motors pas a pas.

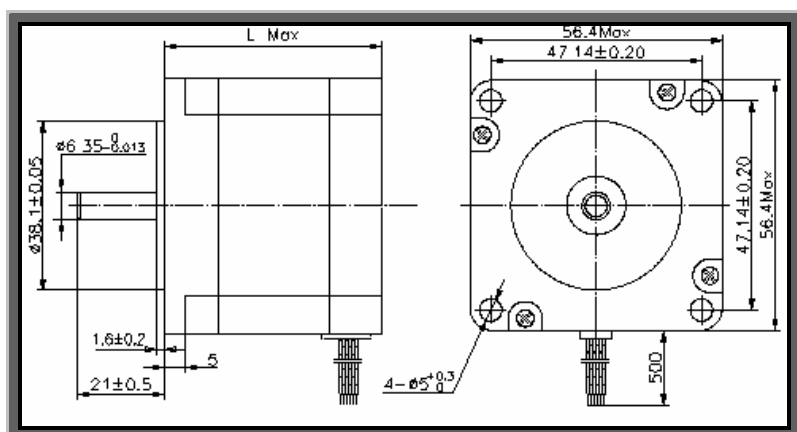


Fig 36. Caixa reductora utilitzada

Fig 37. Mesures de l'estàndard NEMA 23.

El sistema i les peces en detall es pot veure amb més claredat al document nº 3. plànols i les figures 38 , 39 , 40 i 41.

2.3.2 Els motors

Trobar els motors adequats, no és fàcil, la correcta elecció dels motors en pot dependre el bon funcionament del conjunt. El principal problema dels motors és que els de bona qualitat són bastant cars uns 80 a 100 € cada un. Per tant l'opció que prenen molts constructors és buscar els motors adequats en aparells en desús com ara impressores, fotocopiadores o torns de control numèric. Pot ser bastant difícil trobar els motors adequats ja que cal tenir en compte els següents aspectes: el tipus (bipolar o unipolar) el voltatge i la intensitat per bobina, el format del motor i el número de passos.

Tots aquests aspectes fan que la millor solució per trobar un motor adequat sigui o bé comprar un motor nou de més baixa qualitat com el comercialitzat per la casa RS-components el model 440-442 (5V i 1A), o bé comprar-lo de segona mà a cases de subhastes per internet o alguna deixalleria especialitzada.

L'opció escollida va ser comprar els motors a una coneguda casa de subhastes per internet ja que, buscant bé, es poden trobar motors pas a pas, de qualitat, de tots tipus i a un preu molt bo. Es van escollir uns motors de fabricació japonesa de la marca VEXTA concretament el model PH265M-31 de 6V i 0.85 A per fase, 0.9° per pas o el que és el mateix 400 passos per volta i el format estàndard NEMA 23 que és el format que s'acobla a les caixes reductores sense haver de fer cap modificació ni utilitzar utilitatges especials.

Per altra banda l'acoblament entre els motors i les caixes reductores es fa mitjançant un engranatge que es fixa a l'eix del motor amb una cola especial i a una posició determinada per tal de garantir el correcte contacte entre l'engranatge de l'eix i el primer engranatge de la caixa reductora. La carcassa del motor es fixa a la caixa mitjançant 4 cargols disposats segons l'estàndard de dimensions NEMA 23.

2.4 Procés de construcció i muntatge

El procés de construcció i muntatge de tots els elements del projecte es poden dividir en 4 fases.

- 1.- Definició de necessitats, estudi d'alternatives i disseny preliminar.
- 2.- Compra dels components de les plaques electròniques, muntatge i primeres proves amb motors.
- 3.- Adaptació de la muntura inicial del telescopi, compra o construcció d'elements necessaris.
- 4.- Muntatge final de l'electrònica i de la muntura adaptada.

2.4.1 El disseny

La utilització d'un telescopi sense control ni motorització, requereix d'un bon coneixement de mapes astronòmics i una certa pràctica en l'ús i posicionament del telescopi, a més la falta de seguiment requereix un reposicionament constant. Per tant com s'ha dit en els primers capítols de la memòria els objectius a complir eren posicionament automàtic i seguiment.

Per aconseguir els objectius es presentaven dues opcions: Dissenyar un sistema des de zero amb tota la complexitat, temps i diners que implica i amb la incertesa de tenir un sistema fiable i en funcionament en el temps requerit. O bé optar per implementar un sistema ja dissenyat.

Finalment es va decidir implementar un sistema conegut i posat en practica en moltes ocasions per molts aficionats d'arreu del mon: el sistema GOTO amb motors pas a pas de Mel Bartels.

Durant la busca d'informació del sistema de Mel Bartels vaig trobar una pagina web d'un membre de l'Associació Astronòmica de Madrid (A.A.M) (<http://es.geocities.com/astrorafael/motorscopio/motorscopio.html>) , en la qual s'explica el procés que van seguir per crear un sistema GOTO basat en motors pas a pas de Mel Bartels, per a un telescopi de l'associació. En un dels apartats s'ofereix a qui vulgui, la possibilitat d'adquirir les plaques de circuit imprès que van utilitzar per fer el muntatge.

Després de valorar si era millor dibuixar les pistes d'un circuit imprès o comprar el circuit fet es va decidir comprar-lo fet ja que no disposava dels aparells que permetrien crear

un circuit imprès de qualitat. Per tant em vaig posar en contacte amb l'associació i em van fer arribar les plaques de circuit imprès del disseny del sistema de Mel Bartels. El circuit de les plaques és una variació del circuit original amb algunes millores incorporades. Els esquemes dels circuits utilitzats es poden consultar a l'annex C i l'explicació detallada dels components a l'apartat 2.2.1 de la memòria.

Pel que fa al disseny de la part mecànica i adaptació de la muntura existent, es va optar per utilitzar rodes dentades juntament amb caixes reductores: les opcions també eren múltiples (veure capítol 2.3), la solució final es pot veure detalladament al document plànols i les figures 38, 39, 40 i 41.

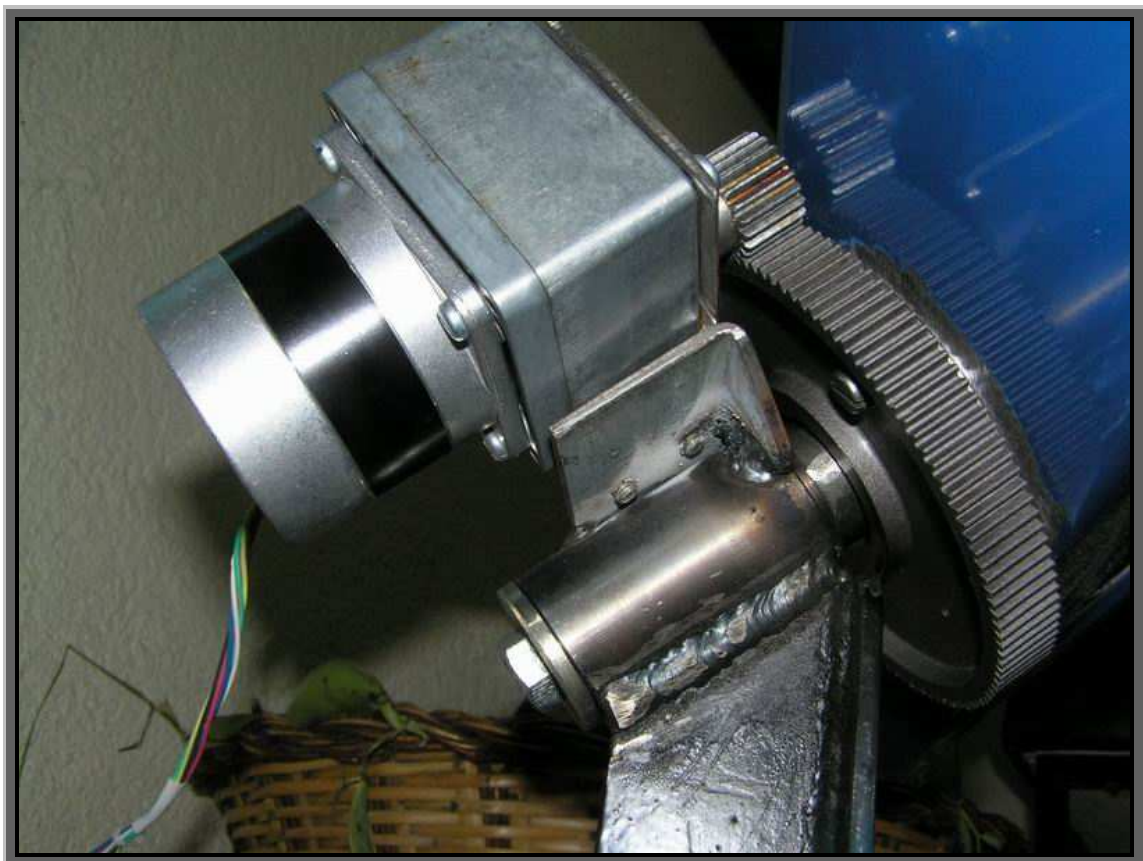


Fig.38 Mecanisme de l'eix d'ascensió recta.



Fig. 39 Mecanisme de l'eix d'ascensió recta.

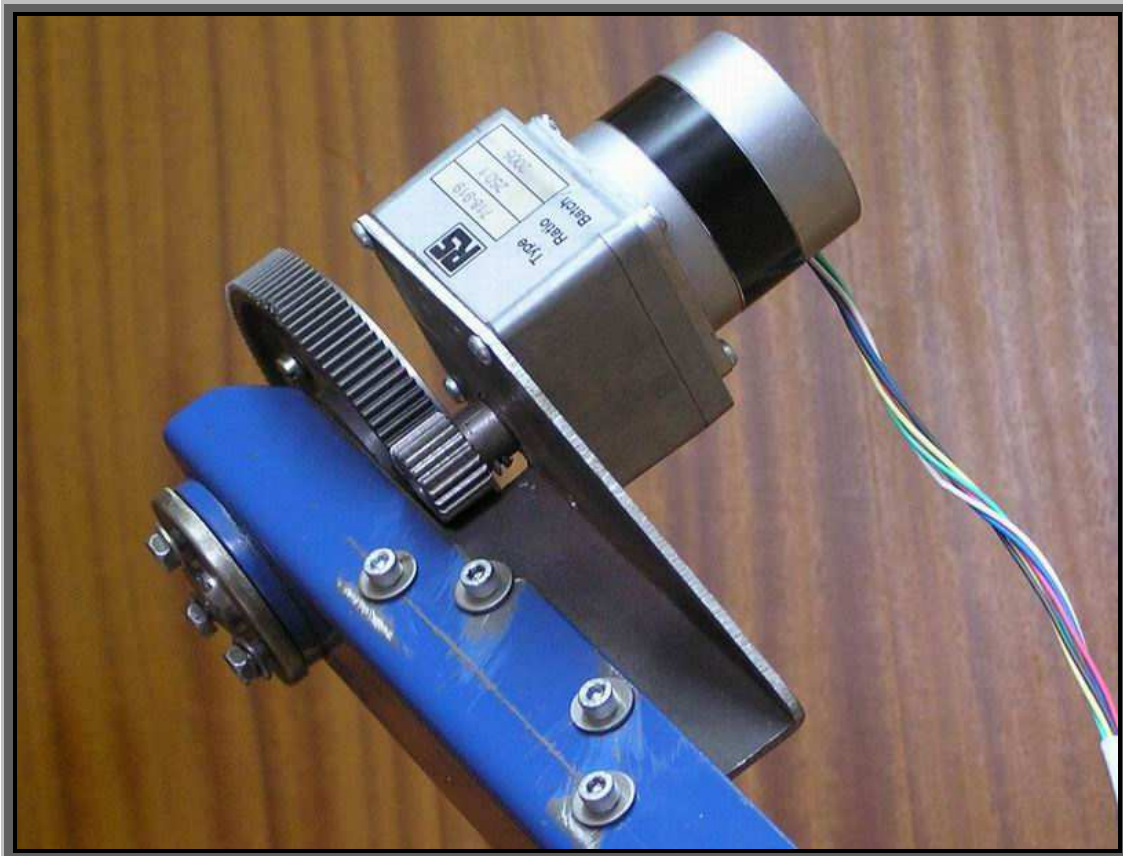


Fig. 40 Mecanisme de l'eix de declinació

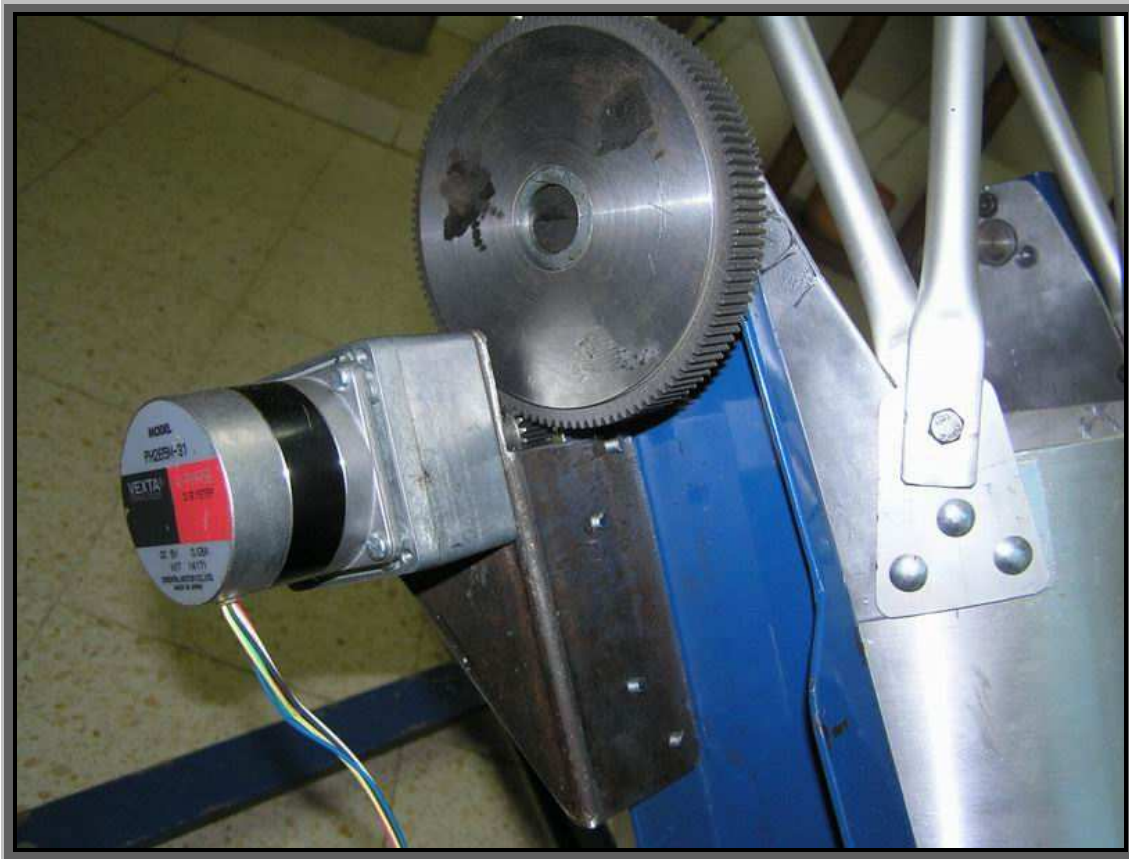


Fig. 41 Mecanisme de l'eix de declinació

2.4.2 L'electrònica

Com s'ha dit la construcció de l'electrònica es basa una modificació dels dissenys de Mel Bartels creats per Rafael Gonzalez membre de l'A.A.M. l'any 2001.

Els components necessaris per a soldar en les plaques de circuit imprès s'han comprat majoritàriament per Internet a www.rs-amidata.com per la facilitat de crear llistes de materials, per la varietat de components ofertats i pel seu bon preu. La resta de components necessaris s'han adquirit a www.ondaradio.com i a botigues especialitzades de Girona i Figueres. La busca d'alguns component s'ha fet difícil degut a que eren poc corrents i en alguns casos s'ha hagut de substituir per components d'iguals prestacions.

La soldadura s'ha amb estany amb un soldador de punta fina, tenint en compte de no crear ponts d'estany entre les potes i assegurant un correcte contacte amb les pistes del circuit imprès.

Durant les primeres proves de funcionament s'han hagut de resoldre diferents problemes, de mal funcionament de la placa. Des de fallades degudes a la falta de contacte

dels pins del port paral·lel resolts mirant el contacte mitjançant un voltímetre. Fallades en l'alimentació del doble voltatge (explosió de components), sobreescalfaments de les resistències limitadores i un llarg etcètera de fallades que han comportat moltes hores de feina per trobar-ne la causa i la solució.



Fig. 42 Vista general de tots els components electrònics.

2.4.3 La muntura

La construcció de les peces necessàries i la modificació de la muntura inicial s'ha realitzat en la seva pràctica totalitat en un taller particular. Les principals eines utilitzades han estat el torn, el trepant, una plegadora manual, màquina de soldadura per arc, serra radial, i altres petites eines manuals.

Procés de fabricació:

Primer es va procedir a desmuntar el tub òptic de la forquilla i aquesta de la base, per tal de treballar amb la base i la forquilla per separat. Primer es va treballar amb l'eix d'ascensió recta (AR) ja que és el que requeria més modificacions. Calia fer un sistema que oferís suavitat de moviments i rigidesa. La col·locació de la roda a prop de la forquilla permet

disminuir la llargada de l'eix i disminuir la seva flexió. Per tant es va decidir col·locar el conjunt motor-reductor damunt el cilindre de l'eix de AR mitjançant una base soldada i una peça de planxa doblegada que ens dona la unió amb la muntura. Aquesta peça s'uneix a la base soldada a través de 4 cargols i 4 traus colissos que permeten el lliscament del conjunt moto-reductor per adequar la distància idònia de treball de la roda i el pinyó.

El pinyó s'uneix a la caixa reductora amb un cargol que el ferma a l'eix de la reductora. Pel que fa a la roda, el treball ha estat més elaborat. Per començar ha calgut canviar per complet el cilindre i l'eix. El cilindre nou incorpora un coixinet de bronze per millorar la fricció i donar un moviment més suau. L'eix s'uneix a la roda dentada a través d'un cercle que subjecte la roda just per sota els engranatges fixant-lo mitjançant 3 cargols distribuïts. La roda dentada ha calgut mecanitzar-la per adaptar-la a les necessitats de l'eix. La mecanització va ser dificultosa degut a bombolles i porus que hi havia a la part central de la roda dentada, a més es va tenir molt en compte que el mecanitzat fos concèntric amb el perfil dentat.

Finalment el cercle és soldat a la forquilla per 2 punts, inferior i superior, i l'eix se subjecta amb el cilindre amb un cargol per la part inferior juntament amb una volandera de bronze.

Pel que fa a l'eix de declinació s'ha aprofitat una part del sistema anterior, a la part dreta simplement s'ha substituït la maneta de subjecció per un cargol de plàstic.

A l'altre braç de la forquilla s'ha substituït l'eix existent per un eix semblant a l'utilitza't en l'eix d'AR. Un eix cilíndric amb el que s'hi enganxa un suport per a la roda, la subjecció es fa amb un cargol que travessa el suport i a apreta contra l'eix.

El cilindre que allotja l'eix és al mateix que hi havia, amb un cilindràt interior per encabir-hi el nou eix.

El suport pel conjunt motoreductor és molt semblant al de l'eix d'AR i també és una xapa de 3 mm doblegada. Se subjecta a la forquilla amb 4 cargols i la regulació de la distància entre pinyó i roda es fa a través de 4 traus colissos a la peça.

2.4.4. Muntatge final

Pel que fa a l'electrònica totes les plaques, i el transformador s'han posat dins d'una caixa metàl·lica per fer el sistema més compacte. Aquesta caixa s'ha dotat dels connectors

necessaris per a motors, ordinador, energia etc. Per les interconnexions interiors s'ha usat cable de 1,5 mm de secció per a la secció d'alimentació i pels cables de senyal, cable d'interfon de 12 fils amb els fils units 2 a 2 i cable electrònic de colors. Els contactes finals s'ha unit amb soldadura i s'ha cobert amb funda termoretràctil per evitar contactes indesitjats.

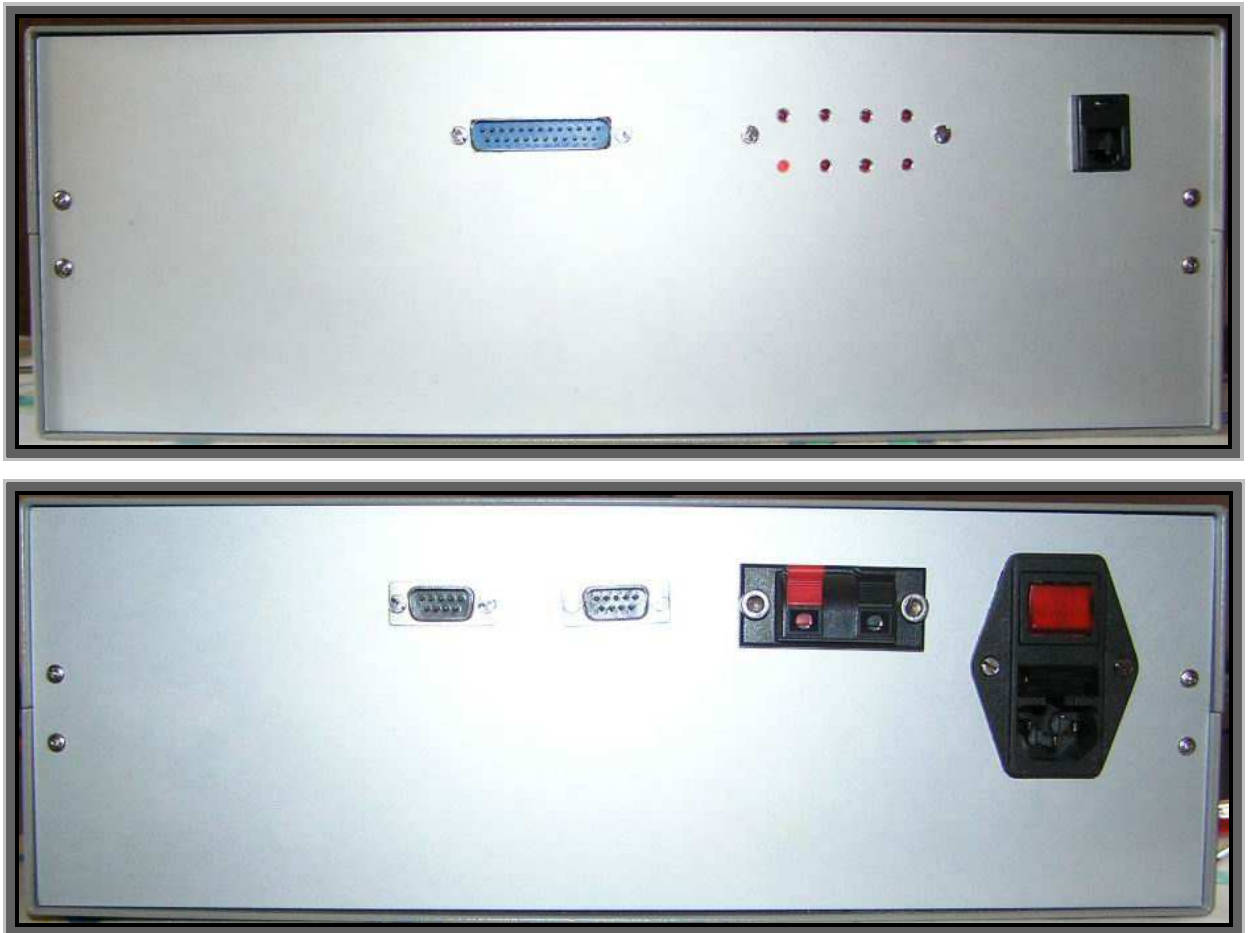


Fig. 43 Frontal i darrera de la caixa d'electrònica

Hi podem trobar; a la part davantera el connector pel comandament manual i un connector femella de port paral·lel per rebre la informació de l'ordinador de control, a més hi ha els 8 leds de control de les fases dels motors, per a visualitzar-ne el correcte funcionament.

A la part del darrera hi trobem un connector amb interruptor i fusibles incorporats per a l'alimentació de 220V , els dos connectors per als motors, (dos connectors DB9 de 9 pins dels quals se n'usen 6) i un connector per a la presa de 12 volts d'una bateria.

La caixa ha calgut mecanitzar-la per a posar-hi els connectors. Un cop marcades les posicions s'ha usat el trepant fixa per fer forats per a buidar la forma necessària i finalment amb una llima acabar de perfilar la forma desitjada.

Per altra banda totes les plaques i el transformador estan cargolats a la base de la caixa a través de forats i cargols juntament amb separadors hexagonals.

Pel que fa a la mecànica, el muntatge ha consistit en muntar les unions cargolades dels suports del conjunt moto-reductor i la col·locació dels 2 pinyons i les dues rodes d'engrenatges. El muntatge s'ha fet tenint en compte la correcta distància entre els centres dels dos engranatges i que els dos eixos del pinyó i la roda fossin perpendiculars per garantir un contacte permanent i uniforme al llarg de tot un gir.. També ha calgut calcular la posició exacta en la que calia posar el pinyó d'atac del motor a la caixa reductora per a garantir el contacte entre el pinyó i el primer engranatge de la caixa reductora.

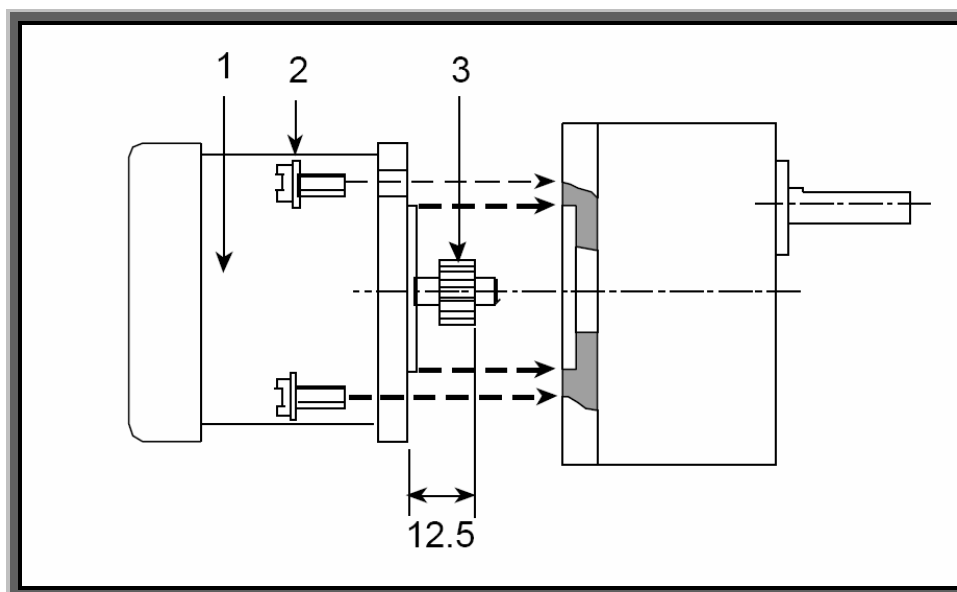


Fig. 44 Posicionament del pinyó d'atac del motor per garantir el contacte. 1) motor.
2) Cargols de subjecció, 3) pinyó d'atac.

Finalment ha calgut fer els dos cables per la connexió als motors. S'ha utilitzat cable d'interfon de 12 fils i s'ha unit 2 a 2 per a augmentar la secció útil i garantir així que no tindrem caiguda de tensió al llarg del conductor. A l'inici s'ha connectat un connector DB9 femella, amb la caixa de protecció corresponent i al final s'ha soldat una tira de pins per a connectar els motors. El cable telefònic per al comandament manual s'ha comprat fet a mida, amb els connectors ja soldats.

2.5 Posada a punt del sistema. Inicialització

La posada a punt del sistema, s'explica detalladament en l'apartat 2.2.2 de configuració del software. Un cop tenim tots els paràmetres del software calculats i introduïts correctament, el següent pas és la inicialització del sistema i observació dels primers resultats.

2.5.1 Inicialització

La inicialització del sistema consisteix en donar les dades necessàries per que el sistema de control sàpiga a on apunta el telescopi i a partir d'aquí fer els moviments cap als objectes i el seguiment amb precisió.

Hi ha diferents maneres de fer una inicialització depenent del tipus de muntura del telescopi. La inicialització en muntures equatorials es basa principalment en el correcte posicionament de l'eix d'AR, de les coordenades de la situació d'observació, i de la precisió en la construcció de la muntura, especialment de l'angle d'inclinació de l'eix d'AR.



Fig. 45 Nivell de bombolla circular

Primer de tot cal posicionar la base de la muntura en un pla perfecte. Per fer-ho es pot usar un nivell de bombolla de construcció, o be incorporar en la pròpia muntura un nivell de bombolla circular com el de la figura 45. En el que es veu la planitud de la muntura quan la bombolla en manté fix dins del cercle marcat.

Tot seguit cal apuntar l'eix d'AR cap al nord. La millor manera és fer-ho amb una brúixola graduada. I amb molt de compte apuntar correctament.

Un cop tenim la muntura correctament situada, iniciem el programa scope, escollim l'opció de muntura equatorial i mitjançant el comandament manual apuntem un objecte conegut, tot seguit entrem les coordenades de l'objecte a través de la base de dades o be manualment i llavors executem l'acció "reset to equat coordinates" per informar al software

cap a on està apuntant. A partir d'aquest moment ja li podem donar qualsevol ordre de posicionament cap a objectes visibles del cel.

2.5.2 Primera observació. Avaluació dels resultats obtinguts.

La primera instal·lació de tot el sistema a l'aire lliure es va fer el 3 de juny del 2006. Es va instal·lar una taula per als ordinadors i l'electrònica i es va alimentar tot amb corrent de 220V de la xarxa. Per la col·locació de la muntura es va utilitzar un nivell de bombolla i una brúixola. Un cop tot col·locat, es van fer totes les connexions de cablatge i es va iniciar els ordinadors i l'electrònica. Com que no era un dia molt clar es va decidir apuntar el telescopi a un dels objectes més brillant de la nit la lluna. Un cop centrat es va introduir les coordenades de posició del satelit i es va fer un "reset to equatcoordinates", a partir d'aquell moment ja teníem el telescopi a punt de fer qualsevol observació. La introducció de les coordenades i moviments es feien a través d'un segon ordinador amb el protocol LX200 a través del port sèrie, amb el programa SKYmap 10.



Fig. 46 Vista general del telescopi amb els ordinadors de control i la caixa d'electrònica.

El primer moviment que es va voler fer va ser orientar el telescopi cap Júpiter. El telescopi es va moure, però en sentit contrari és a dir els motors giraven al revés. La solució era fàcil ja que el software proporciona una opció per invertir el sentit de gir dels motors. Un cop reposicionat el telescopi, (al girar al revés es va perdre la posició correcta), es va tornar a fer la mateixa operació, el telescopi es va moure en la direcció correcta i amb la precisió suficient com per deixar el planeta dins de l'ocular de 25 mm utilitzat. El camp de visió d'aquest ocular és de $1,4^\circ$ i proporciona 48 augments.



Fig. 47 Vista general del telescopi amb els ordinadors de control i la caixa d'electrònica.

Per altra banda la funció de seguiment funciona correctament al mantenir l'objecte dins del camp de visió de l'ocular.

Per tant podem dir com a conclusió que la precisió final del telescopi és superior als $1,5^\circ$. Tinguent en compte que la col·locació d'un telescopi mòbil és molt difícil d'aconseguir que sigui perfectament al nord i en un pla perfecte.

A continuació es mostren 3 fotografies preses amb el telescopi.



Fig. 48 Mart, pres amb una càmera digital directament sobre l'ocular, sense adaptador.



Fig. 49 Lluna presa amb càmera digital directament sobre l'ocular sense adaptador.



Fig. 50 Fotografia de saturn presa amb una càmera analògica amb un tub adaptador a l'ocular.

3. RESUM DEL PRESSUPOST

El cost total del sistema mecànic, el sistema electrònic i incloent totes les peces i components de compra, les de fabricació, el muntatge i la posada a punt de tot el conjunt (sense incloure el preu de redacció del projecte), és de:

Pressupost general de realització del projecte:
3964.29 € (TRES MIL NOU-CENTS SEIXANTA-QUATRE EUROS AMB VINT-I-NOU CÈNTIMS)

Girona, Juny de 2006.

El redactor,

Eduard Turon Teixidor

4. CONCLUSIONS

Després d'haver fet observacions astronòmiques, es considera que el sistema proposat és totalment satisfactori per a les necessitats que ha de cobrir.

Per a donar per finalitzat el projecte, es procedirà a repassar punt a punt els quadres d'especificacions del projecte:

Especificacions sobre el sistema mecànic				
Concepte	Data	Tipus	Descripció	Verificació
<i>Generals</i>	10/10/05	R	S'ha d'adaptar al telescopi existent	OK
	10/10/05	R	Ha de permetre fer el correcte seguiment de la rotació terrestre sense desviacions.	OK
	10/10/05	R	Ha de permetre fer el posicionament correcte a l'objecte o les coordenades introduïdes per l'usuari amb un error inferior a 1,5°.	OK
<i>Materials</i>	10/10/05	R	Els materials han de ser capaços de suportar els esforços necessaris i mantenir la rigidesa durant els esforços.	OK
<i>Fabricació i muntatge</i>	10/10/05	D	Fer servir el màxim nombre de peces i materials existents al taller.	OK
	10/10/05	D	Cal que es pugui muntar i desmuntar fàcilment.	OK
<i>Costos</i>	10/10/05	D	El cost ha de ser el mínim possible, tenint en compte les especificacions.	OK
<i>Seguretat</i>	10/10/05	R	Ha de tenir un sistema de parada automàtica dels moviments del telescopi en arribar al límit de recorregut.	OK

Taula 4: Taula de tancament del sistema mecànic

R: especificacions requerides.

D: especificacions desitjables.

Especificacions sobre el sistema electrònic.				
Concepte	Data	Tipus	Descripció	Verificació
<i>Generals</i>	01/11/05	R	Ha de fer un correcte seguiment de la rotació terrestre amb suavitat i precisió.	OK
	01/11/05	R	Ha de fer un ràpid i precís posicionament a l'objecte o coordenada introduïda per l'usuari amb un error inferior a 1,4°.	OK
<i>Energia</i>	10/10/05	R	Ha de poder funcionar amb bateria de 12V o corrent de la xarxa 220V, amb les mateixes característiques. I consumir el mínim d'energia.	OK
<i>Fabricació i muntatge</i>	01/11/05	D	Cal que sigui accessible per trobar i solucionar possibles errors.	OK
	01/11/05	D	Cal que es pugui muntar i desmuntar sense possibilitat d'equivocar-se en la connexió dels cables.	OK
<i>Costos</i>	01/11/05	D	El cost mínim possible, tenint en compte les especificacions.	OK
<i>Seguretat i ergonomia</i>	01/11/05	R	Cal que el telescopi no pugui fer moviments incontrolats o que puguin malmetre els mecanismes.	OK
	01/11/05	R	Cal que pugui ser utilitzat amb facilitat per una sola persona.	OK
	01/11/05	R	Ha de disposar d'un sistema còmode de moviment del telescopi.	OK

Taula 5: Taula de tancament del sistema electrònic

R: especificacions requerides.

D: especificacions desitjables.

Com que es compleixen totes les especificacions requerides del projecte, aquest es dona per tancat.

Girona, Juny de 2006.

El redactor,
Eduard Turon Teixidor

5. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Els documents que formen aquest projecte són

DOCUMENT 1: MEMÒRIA

DOCUMENT 2: ANNEXES A LA MEMÒRIA

Annex A: Funcionament dels motors pas a pas.

Annex B: Funcionament i tipus de telescopi.

Annex C: Esquemes i components electrònics.

Annex D: Arxiu de configuració config.dat.

DOCUMENT 3: PLÀNOLS

DOCUMENT 4: PLEC DE CONDICIONS

DOCUMENT 5: PRESSUPOST

6. BIBLIOGRAFIA

González Fuentetaja, R. Motorización de telescopios según el proyecto de Mel Bartels (<http://es.geocities.com/astrorafael/motorscopio/motorscopio.html>, Juny de 2005)

Bartels, M. Stepper Control System. (<http://www.bbastrodesigns.com/cot/cot.html>, juny 2005)

Peña A. Automatización de una Losmandy GM-8 (http://es.geocities.com/astrohyperion/losmandy_e.htm 30 setembre 2005 setembre 2005)

Arce.E, Claramunt J. Peris V. Prototipo de telescopio Dobson controlado por ordenador (http://www.google.com/search?q=cache:MgQ5wu4fMQJ:www.astrored.org/contenidos/articulo.php/juan_conejero/dobsonordenador/0.html+sistema+mel+bartels&hl=ca&gl=es&ct=clnk&cd=17&client=firefox-a octubre 2005)

Llista de correu- ConstructoresTelescopios · Constructores Aficionados de Telescopios (<http://es.groups.yahoo.com/group/ConstructoresTelescopios/> Agost 2005)

Conejero.J. Razones para Construir un Telescopio Dobson Motorizado (http://www.astrored.org/contenidos/articulo.php/juan_conejero/dobson/1.html Agost 2005)

Agrupación Astronómica de madrid (<http://www.aam.org.es/> juny 2005)

Cedrés, M. Observatorio los estancos (<http://perso.wanadoo.es/tp130wanadoo/index.htm> juny 2005)

Todorobot. Tutorial sobre Motores Paso a Paso (Stepper motors) (<http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/stepper-tutorial.htm> , Gener 2006)

Gaitano Játiva M. Iniciación a la Astronomía (<http://www.mailxmail.com/curso/excelencia/astronomia> 10 març 2006)

Cubas Garcia. A. Introducción a los motores paso a paso (<http://www.redeya.com/electronica/tutoriales/mpp/mpp.htm> Gener 2006)

Jeudy- Tipos de telescopios (<http://perso.wanadoo.es/jeudy/Telescopios.html> Gener 2006)

Telescopios-Chile - Tipos de telescopios (<http://www.telescopios-chile.cl/seccionpersonal/pages/telescopios.html> Febrer 2006)

Astrosurf – Tipos de monturas (<http://www.astrosurf.com/astronosur/monturas.htm> març 2006)

C. F. Kurtz - Monturas para telescopios (<http://www.surastronomico.com/telescopios2.htm> març 2006)