

# Magnet Loop Linear Tuner

Bij de workshop in de WLD-sectie ondervonden we de moeilijkheden om de magnetische loop af te stemmen .

Daarop werd door Francois ON4AUB en Willy ON5KN , besloten om een eenvoudige op afstand te bedienen besturing te ontwerpen met als opzet , nauwkeurigheid , strikt minimum aan storingen in ontvangst en zo immuun mogelijk aan HF-instraling bij zenden .

Francois nam het mechanische (de bouw van de condensator , en het etsen van de PCB's) voor zijn rekening , en Willy zorgde voor de elektronica en het stuurprogramma .

## Beschrijving

Het grote probleem bij magnetische loop antennes is de afstemming van de condensator vanop afstand .

Menige schakeling is reeds ontworpen (ook door deze hams) , om dit tot een goed einde te brengen .

Bij gebruik van een DC-motor moet deze voorzien zijn van een fikse vertraging . Het is echter duur om zulk een vertraging te bekomen met een speling kleiner dan  $0,1^\circ$  , waardoor vooruit-achteruit-bewegingen niet accuraat zijn .

Anderzijds valt niet te bepalen op welke stand de as zich bevindt met dezelfde nauwkeurigheid .

Meestal is de stuurmotor een stappenmotor en hebben we problemen met de stapgrootte die wat groot uitvalt .

Hierbij ligt het voor de hand een microstepper stuurinterface te gebruiken , zoals gebruikt wordt bij 3-D printers . Deze zijn echter een helse bron van RF-storingen , daar ze de motor met pulsen gaan sturen ter grootte van de motorspanning , en dit ook tijdens de stilstand om de motor op de juiste microstep te houden .

Een andere benadering is de stroom in de spoelen van de stappenmotor lineair te wijzigen en om te polen .

Om dit eenvoudig te houden gebruiken we een unipolaire stappenmotor .

Hierbij is ompoling van de wikkeling niet nodig omdat er bij elke winding een in tegenfase gewikkelde spoel zit .

Dit koppel windingen kan dus een gemeenschappelijke aansluiting hebben en aangezien het over twee koppels gaat , kan dit punt uitgevoerd worden zodat het dient voor de 4 windingen . We gebruiken dus een motor met 5 of 6 , of zelfs 8 aansluitingen .

Echt lineaire sturing kunnen we dit echter niet noemen , daar we dan oneindig veel tussenpunten zouden moeten hebben .

Het aantal tussenpunten bij de overgang van stroom naar een overstaande spoel , bepaalt het aantal tussenstappen of microsteps .

Deze tussenpunten worden verkregen door een DAC (digitaal naar analoog conververter) .

Hier werd geopteerd voor 256 tussenstappen mogelijkheid met een 8-bits DAC .

We kunnen dus een waarde 0 tot 255 naar onze stuurschakeling van de vermogentransistors in serie met elke wikkeling sturen .

In de praktijk worden er slechts 20 tussenstappen gebruikt , hetgeen reeds een forse reductie geeft , maar dit kan mits een kleine software ingreep naar wens ingesteld worden .

Dus waarden 0 , 20 , 40 , 60 , 80 .....240 zijn mogelijk in dit geval .

Ook kunnen we van deze 1/20 microstep gemakkelijk overstappen naar 1/10 of zelfs 1/1 step .

Voor een motor met 200 stappen voor  $360^\circ$  zijn bij 1/20 step , 2000 microsteps nodig om  $180^\circ$  te vervatten van een splitcondensator .

De waarde van de step in volts komt overeen met  $5V \times \text{waarde} / 256$  .

Dus bij waarde 0  $V_{out} = 5 \times 0 / 256 = 0 \text{ V}$

bij waarde 20  $V_{out} = 5 \times 20 / 256 = 0,390625 \text{ V}$

bij waarde 240  $V_{out} = 5 \times 240 / 256 = 4,6875 \text{ V}$

Nu is de DAC niet bij machte om de motor rechtstreeks te sturen .

Hiervoor gebruiken we een vermogen-opamp die bestaat uit een opamp gekoppeld aan een transistor (zie schema) . De gain van de opamp wordt ingesteld in functie van de benodigde spanning op de motor en het benodigde koppel om de condensator vlot te laten draaien .

De opamp en de stuurtransistors krijgen dus een voedingspanning minstens gelijk aan de (maximale stuurwaarde in volts  $\times$  de opamp gain) + de transistor emitter collector spanning .

De opamp is van het rail to rail type dat ons toelaat dicht bij de voedingspanning te werken .

Een bijkomend probleem is de storingsbron van de LCD-oscillator .

Deze dient uitgeschakeld te worden zodra de tuning afgewerkt is , daarom zal je de inhoud van de LCD zien verdwijnen en blijft alleen het backlight branden .

Ook is er voorzien dat bij het onder spanning zetten van de schakeling , de condensator steeds op dezelfde beginstand wordt geplaatst , zodat we steeds dezelfde stepwaarde lezen voor een frequentie . Om de wrijving nihil te houden wordt geen switch maar een lichtsluis gebruikt .



## Schemabeschrijving

De ENCODER kan mechanisch of optisch zijn , beiden werden getest en “ok” bevonden .  
De optische encoder is van het Bourns type 60 pulsen per omwenteling met drukschakelaar .  
De mechanische encoder is 20 pulsen per omwenteling met drukschakelaar .  
Beiden bezitten ze een drukschakelaar op de as .

De pulsuitgangen worden door de microprocessor gelezen via verandering van toestand en de richting wordt afgeleid uit hun opeenvolgende toestanden .

Elke pulscyclus geeft +1 of -1 op de pulsteller .  
De drukschakelaar dient bij korte druk als omschakelaar tussen 1/1 en 1/20 steps , en bij lange druk als nulstelling van de stappenteller .

De LCD is van het 2 x 16 karakters type met verlichting .

De MICROPROCESSOR is van het type 16F876A en draait op 16 Mhz .  
Poort C is de aansturing in seriële mode van de DAC's MAX548 .  
Deze DAC's sturen 4 OPAMPs aan van het type TLV2372 (2/verpakking) .  
De gain van de opamp wordt bepaald door  $G = 1 + (R10/R5)$  voorbeeld U7B  
Met  $R5 = R10 = 10K$  is dit 2

De STUURTANSISTORS zijn van het type BD135/BD139 of BD177 1,5A  $I_{cmax}$   
De SMOORSPOELTJES zijn zelf gewikkeld 15T op FT37-43 ferite L4 tot T7 (51 $\mu$ H) ,  
en 50T op FT50-43 ferrite L1 en L2 (1mH), allen gewikkeld met 0,5 mm .  
De VOEDING is voorzien voor 10 – 13,8 V

Connectors P5 , P6 en P7 dienen ter aansluiting van een Arduino-Uno in de plaats van een PIC ,  
maar zijn dus niet te plaatsen indien PIC16F876A gebruikt wordt .

De software voor de Arduino Uno is beschikbaar , maar deze laat niet toe om in slaapstand te komen en de LCD te doven .

P8 is een uitbreidingsconnector voor een beginreferentie van de antennecondensator .

Deze voedt een lichtsluis gemonteerd op de stappenmotor en ontvangt een hoog nivo wanneer de as-naald zich tussen de IR-straal bevindt .

Bij het opstarten van de schakeling gaat de motor een achterwaartse beweging maken tot hij een hoog nivo ziet van de lichtsluis, om dan vooruit te bewegen tot een laag nivo bekomen wordt .

Deze lichtsluis kan ook vervangen worden door een schakelaar open in rusttoestand , en een paar weerstanden .

Deze referentie-instelling neemt maximaal 3 sec tijd indien we een volledige omwenteling moeten maken . In praktijk is 180° voldoende en gebeurt dus in minder dan 1,5 sec .

## STORINGSNIVO VAN DE SCHAKELING

Na het inbouwen van een LCD-doof routine en slaapstand van de PIC valt er geen storing te bespeuren tijdens ontvangst op alle HF hambanden .

## VERBRUIK EN GEBRUIK

Met een motor met wikkelingen van 110 Ohm elk en een voedingsspanning van 12,6 tot 15 V , verbruikt de schakeling nagenoeg 200 mA .

Echter indien bij het onder spanning zetten de drukschakelaar van de encoder ingedrukt staat , gaat de schakeling over in de omschakeling van Mlo of Mhi stroomsturing van de motor .Bij Mhi wordt de motor gestuurd met 3 spoelen die actief zijn , hetgeen een sterker koppel biedt dan bij Mlo , maar de stroom opgenomen in de motor verdubbelt . De Mlo stand is echter voldoende om een vlot draaiende condensator te bewerkstelligen . De initialisatie begint in dit geval pas bij het loslaten van deze drukschakelaar .

In 1/1 stepmode is 1,5 omwenteling nodig voor 180° met optische encoder , 4,5 voor mechanische .

In 1/20 stepmode 33 T /180° met optische encoder en 100 T/180° voor de mechanische .

Bij het onder spanning zetten wordt de motor en condensator op de referentiepositie gebracht en de microstep-teller op nul gezet , en de afstemming staat in 1/1 mode .

In 1/1 stepmode wordt op ontvangst afgestemd op maximum signaal of ruis .

Daarna wordt in 1/20 stepmode afgestemd op minimum SWR .

## MONTAGE TIPS

De PCB's kunnen geboord worden op 0,8 mm

**Behalve:**

**STUURPCB**

**Q1,Q2,Q3,Q4,U2,P1,P2,P3,P4,P5,P6,D1 boren met 0,9mm**

**RV1 boren met 1,2 mm**

**ENCODERPCB**

**OPTISCH**

**encoder boren met 0,6mm**

**connectors boren met 0,9mm**

**MECHANISCH**

**connectors boren met 0,9mm**

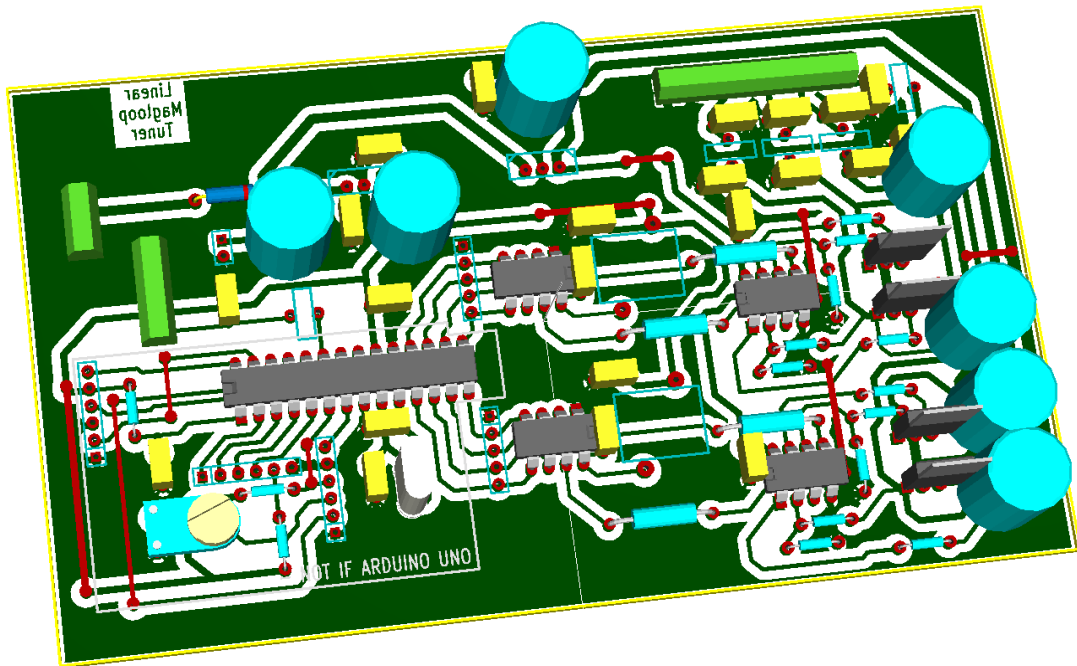
Eerst straps solderen

IC-voetjes in goede richting plaatsen

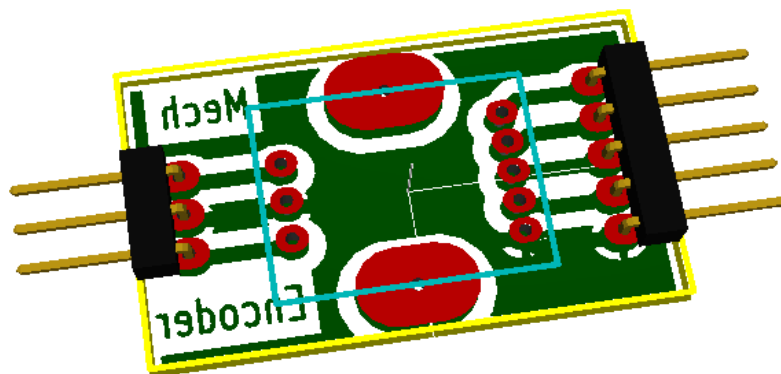
Oppassen richting connectors en nummering

# 3D VAN DE PCB's

Het StuurPCB



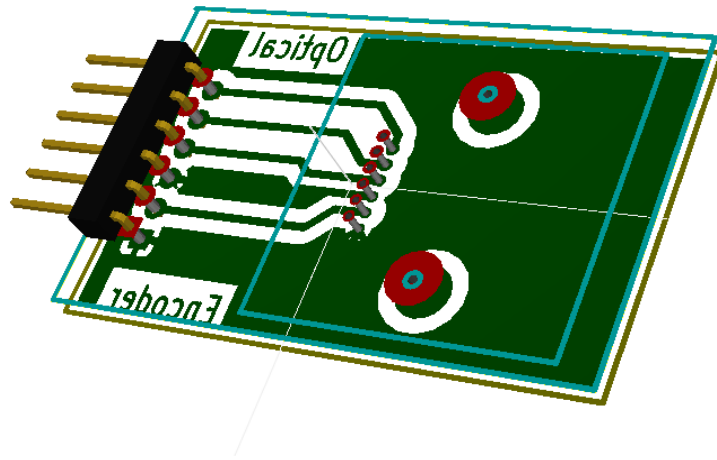
Het Mechanisch EncoderPCB



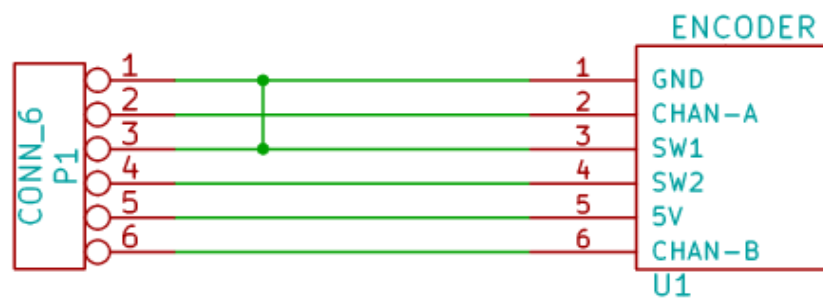
Schema Mechanische EncoderPCB



## Het Optisch EncoderPCB



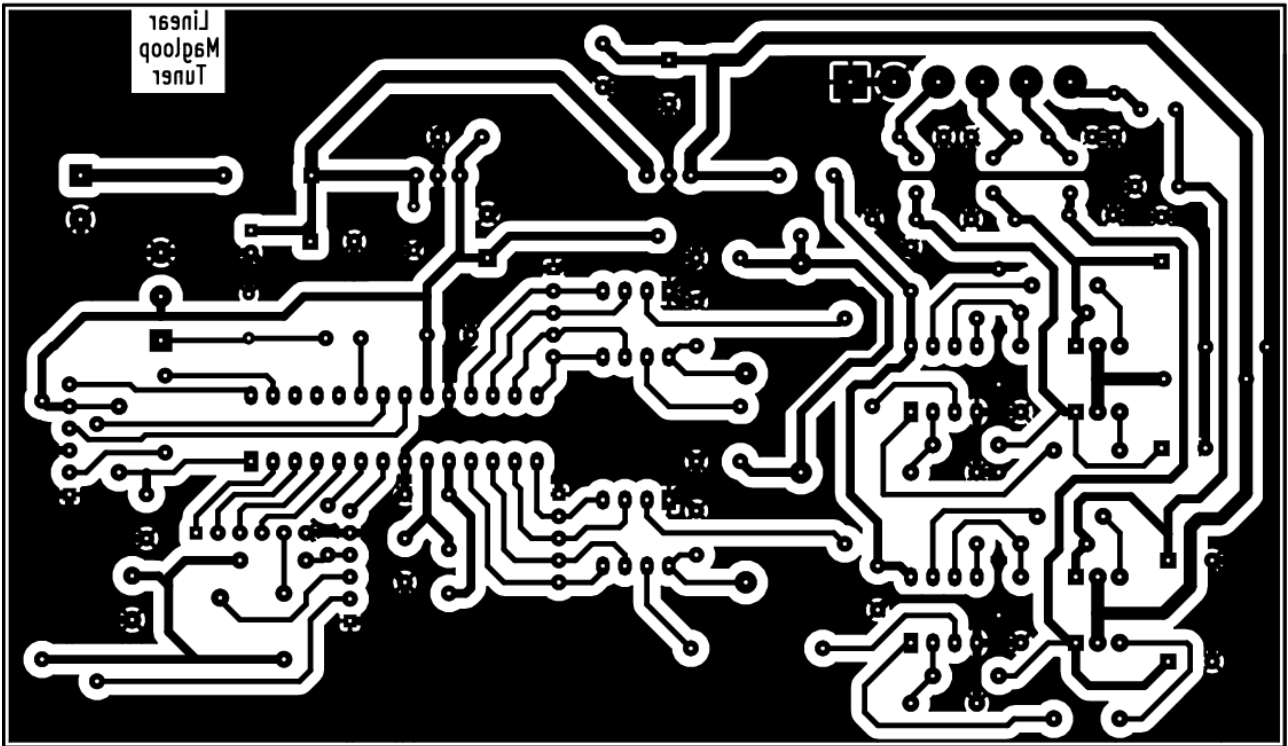
## Schema Optical EncoderPCB



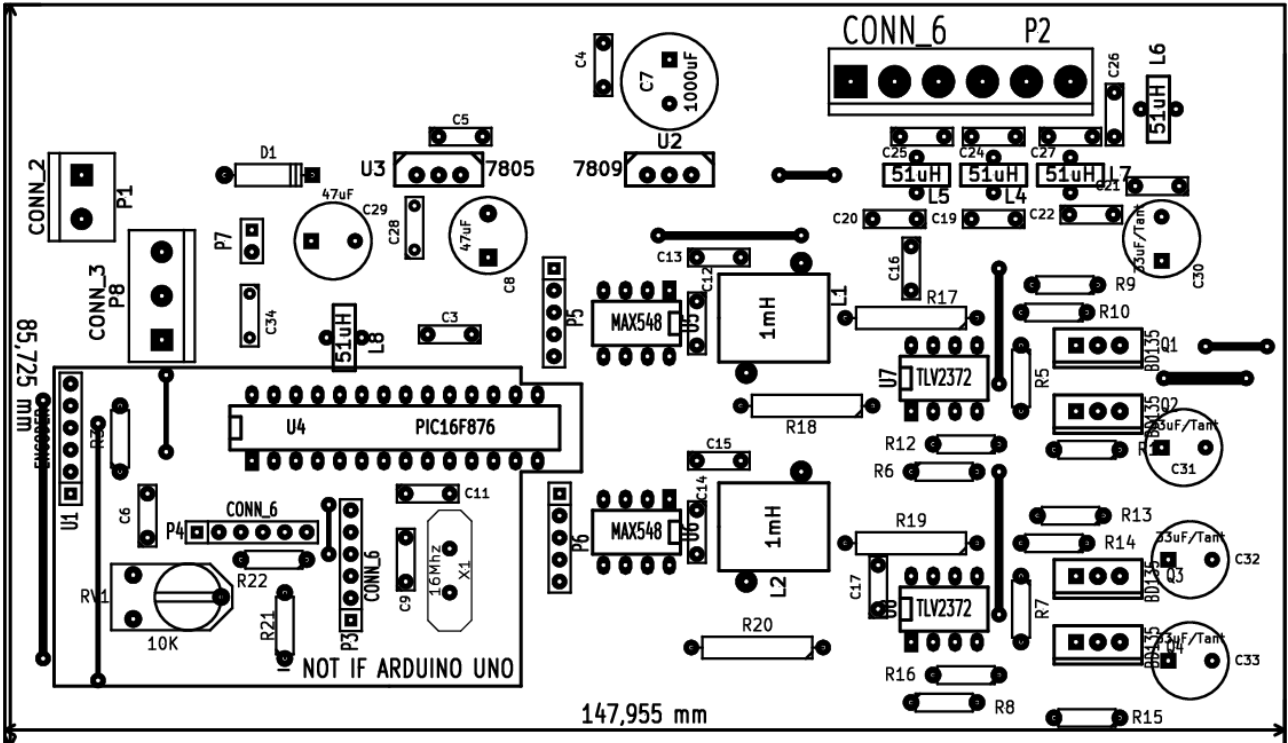
## Aansluitingen optical en mechanical encoder

	Controlebord	MechEnc	OpticEnc
	U1	K1 P1	P1
GND	1-----2	-----1	
SW	2-----3	-----4	
GND	3-----1	-----3	
CHAN-A	4-----1	-----2	
+5V	5-----not connected	-----5	
CHAN-B	6-----3	-----6	

# STURPCB KOPERZIJDE



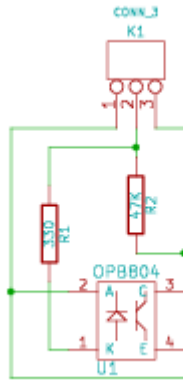
# STURPCB COMPONENTOPSTELLING



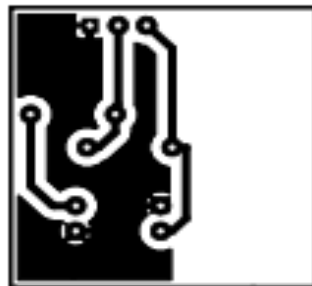
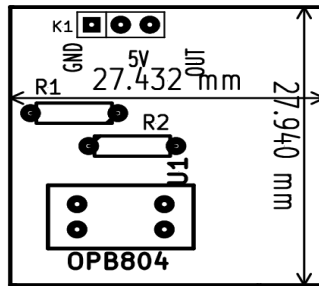


# De Lichtsluis

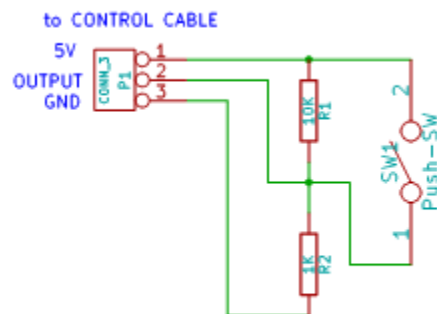
## Schema



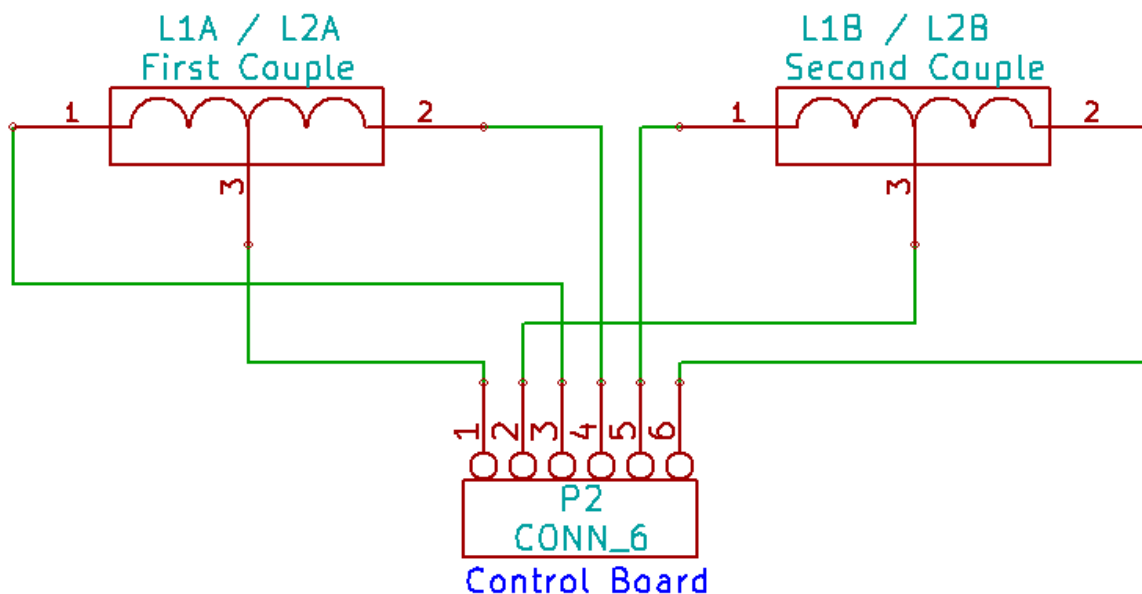
## PCB



## De SWITCH als alternatief



## De Motoraansluiting op P2



Bij omgekeerd draaien , verbindingen 1 en 2 verwisselen van ofwel First- of Second- couple .

## De Software

De broncode is beschikbaar .

Softwarematig start de PIC16F876A op en kijkt of de drukschakelaar ingedruwd staat . Indien dit het geval is wordt de omschakeling gemaakt van Mlo naar Mhi of omgekeerd , hij zal steeds het omgekeerde nemen van wat er in de EEPROM stond en schrijft de nieuwe waarde in EEPROM . Mlo is de low-power instelling waarbij de motoraanstuuring gebeurt op 2 van de 4 spoelen . Mhi is de high-power instelling waarbij de motoraanstuuring gebeurt op 3 spoelen , deze geeft meer torque .

1. Verder is in plaats van een lineaire stroomsturing , een sinusoidale stroomsturing gebruikt .

Dit verterkt het koppel en verbeterd de nauwkeurigheid van de micro-stappen .

Bij het loslaten van de drukschakelaar gebeurt hetzelfde dan wanneer de schakelaar niet werd aangeraakt . De Motor wordt eerst in achterwaartse beweging gestuurd om het referentiepunt te zoeken . Nadien wordt 1 stap voorwaarts gedaan .Vervolgens worden de tellers op nul gezet en de motor wordt bekrachtigd op microstepnummer 0 .

Op het scherm verschijnt in lijn 1 “u-Step=0 ” en in lijn 2 “Step1/1 0 Mlo” .

De 0 na Step1/1 geeft aan dat de lichtsluis of switch een logisch hoog geeft (switch open of lichtsluis belicht) .

Indien verder geen commando gegeven wordt (geen verdraaiing van de encoder of druk op de as-schakelaar) , gaat de Pic in slaaptoestand en wordt de inhoud van het LCD gewist .

Om de schakeling opnieuw te activeren , volstaat het de encoder 1 step links of rechts te draaien . De logische 0 na Step1/1 zal naar 1 gaan indien de switch sluit of de lichtsluis verduisterd wordt door de wijzer die op de motoras staat .

Bij een korte druk op de as voor dat de Pic in slaaptoestand zit , wordt gewisseld tussen 1/1 stepmode en 1/20 stepmode .

## Normale werkwijze :

De tuner wordt onder spanning gezet .

Een snelle afstemming tijdens RX met 1/1 step en fijninstelling SWR met 1/20 step .

## STUKLIJST

```
#Cmp ( order = Reference )
| C3      100nF      ;   alle condensatoren 0,2 inch spacing
| C4      100nF      ;
| C5      100nF      ;
| C6      100nF      ;
| C7      1000uF     ;   alle gepolariseerde condensatoren min 25V
| C8      47uF       ;
| C9      33pF       ;
| C11     33pF       ;
| C12     100nF      ;
| C13     100nF      ;
| C14     100nF      ;
| C15     100nF      ;
| C16     100nF      ;
| C17     100nF      ;
| C19     10nF       ;
| C20     10nF       ;
| C21     10nF       ;
| C22     10nF       ;
| C24     10nF       ;
| C25     10nF       ;
| C26     10nF       ;
| C27     10nF       ;
| C28     100nF      ;
| C29     47uF       ;
| C30     33uF/Tant  ;   Tant = tantalium
| C31     33uF/Tant  ;
| C32     33uF/Tant  ;
| C33     33uF/Tant  ;
| C34     10nF       ;
| D1      1N4001     ;
| L1      1mH        ;   50T 0,5mm op FT50-43 ferrite L1 en L2
| L2      1mH        ;
| L4      51uH       ;   15T 0,5mm op FT37-43 ferrite L4 t.e.m L8
| L5      51uH       ;
| L6      51uH       ;
| L7      51uH       ;
| L8      51uH       ;
| P1      CONN_2     ;   0,2 inch connector 2pins
| P2      CONN_6     ;   0,2 inch connector 6pins
| P3      CONN_6     ;   0,1 inch connector mannelijk
| P4      CONN_6     ;   0,1 inch connector mannelijk
| P5      CONN_5     ;   0,1 inch connector mannelijk
| P6      CONN_5     ;   0,1 inch connector vrouwelijk
| P7      CONN_2     ;   0,1 inch connector vrouwelijk
| P8      CONN_3     ;   0,2 inch connector 3pins
| Q1      BD135      ;   Q1 tot Q4 BD139 compatibel
| Q2      BD135      ;
| Q3      BD135      ;
```

```

| Q4          BD135      ;
| R3          10K        ;
| R5          10K 1%     ; ! 1% nauwkeurig daar waar aangegeven
| R6          10K 1%     ;
| R7          10K 1%     ;
| R8          10K 1%     ;
| R9          0          ; kortsluitbrug
| R10         6K8        ;
| R11         0          ; kortsluitbrug
| R12         6K8 1%     ;
| R13         0          ; kortsluitbrug
| R14         6K8 1%     ;
| R15         0          ; kortsluitbrug
| R16         6K8 1%     ;
| R17         2K7        ;
| R18         2K7        ;
| R19         2K7        ;
| R20         2K7        ;
| R21         100        ;
| R22         10K        ;
| RV1         10K        ; trimpot contrast LCD
| U1          ENCODER    ; Zie bijkomende info onder stuklijst
| U2          7809       ;
| U3          7805       ;
| U4          PIC16F876A ; PIC16F876 is compatibel mits aanpassing soft
| U5          MAX548     ; DAC bestelling bij Digikey
| U6          MAX548     ;
| U7          TLV2372    ; OPAMP
| U8          TLV2372    ; vergeet geen IC-voetjes !
| X1          16Mhz      ;
| LCD         2 x16 Chars ; LCD met verlichting
#End Cmp

```

Optical encoder 64 pos/360° Bourns

<http://www.conrad.be/ce/nl/product/447182/Bourns-EM14A0D-C24-L064S-Encoder-Schakelposities-64-1-stuks>

Prijs op 11/06/2017 : 25,41 euro zonder verzendkosten

Mechanical encoder 24 pos/360° verlicht

<https://www.hobbyelectronica.nl/product-tag/sparkfun/page/4/>

Prijs op 12/06/2017: 4,95 euro

Vorkichtsluis 3mm opening

<http://benl.rs-online.com/web/p/slotted-optical-switches/9087138/>

Prijs op 11/07/2017: 1,432 euro/stuk minimale afname 10stuks

of:

TCST2103

wel te modificeren(wegnemen voetsteunen)

[http://www.conrad.be/ce/nl/Search.html;jsessionid=A950008D2645A03357D24549DB79861C.AS  
TPCEN30?search=TCST2103&searchType=mainSearchBar](http://www.conrad.be/ce/nl/Search.html;jsessionid=A950008D2645A03357D24549DB79861C.ASTPCEN30?search=TCST2103&searchType=mainSearchBar)

Prijs op 11/07/2017: 1,49 Euro

### Stuklijst Lichtsluis

```
#Cmp ( order = Reference )
| K1          CONN_3      ;0.1 inch connector
| R1          330         ;
| R2          47K         ;
| U1          OPB804      ;vorklichtsluis bij RS of TCST2103 bij Conrad
#End Cmp
```

De MAX548 DIP8-uitvoering is te verkrijgen bij FARNELL als MAX548 ACPA+ en kost 4,42 euro/stuk of 4,25 euro bij aankoop van 10 stuks . <http://be.farnell.com/search?st=max548>

De TLV2373 DIP8-uitvoering is eveneens bij FARNELL te verkrijgen als TLV2372 IP en kost 1,98 euro/stuk of 1,54 euro bij aankoop van 10 stuks . <http://be.farnell.com/search?st=tlv2372>

Veel plezier met de bouw .  
73 Willy & Francois