

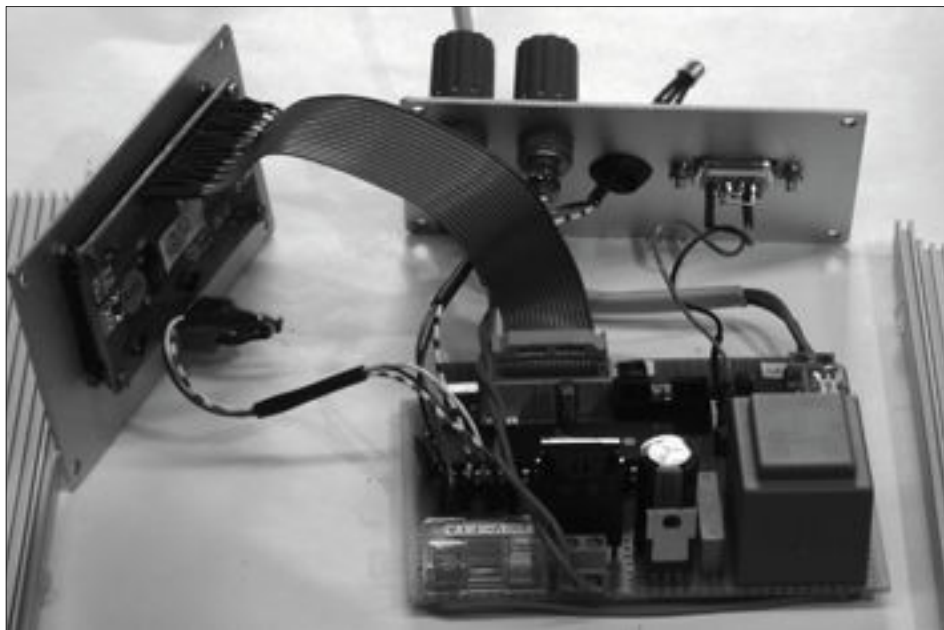
# De STET een Schrijvende Temperatuurmeter en Thermostaat

door Wim Kruyf PAoWV

**Van oudsher is temperatuurdrijf van VFO's en kristaloscillatoren een belangrijk onderwerp geweest in de amateurwereld. Het hebben van een 'oventje' met een nauwkeurige temperatuurmeting en de gelegenheid om die met een verwarmingselement te schakelen en zo de temperatuur constant te houden om schakelingen te testen is dus een object op het verlanglijstje, dat er 'ooit' nog eens moest komen.**

Bij de ontwikkeling van een LC meter liep ik tegen het probleem op dat ik de temperatuurafhankelijkheid van gemeten L en C wilde bepalen teneinde de meetnauwkeurigheid van het apparaat te kunnen verhogen. Als tussendoor project is daarom de STET gemaakt.

metingen te nemen wordt een uitlezing bereikt die de fabrikant garandeert: absoluut minder dan  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  af te wijken van de omgevingstemperatuur die gemeten wordt. De lineariteit is beter dan  $0,2$  graden over het meetgebied, en hij is bruikbaar van  $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot over de  $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



## Opzet van de schakeling

De temperatuur wordt gemeten met een IC in TO-18 behuizing type SMT-160-30-18 van LJK technology, o.a. verkrijgbaar bij Conrad onder bestelnummer 183113-8A.

Dit 3 draads IC geeft als je op 2 poten voeding van 5 volt zet een blok golf af van minimaal 1 en maximaal 4kHz. Het gebruikt dan 200 microampère. Mijn exemplaar geeft bij kamertemperatuur 3160Hz af. De temperatuur van het IC is volgens een formule een nauwkeurige maat voor de mark spaceverhouding van de blok. Niet voor de frequentie dus.

Er zit wat jitter op de meetmethode en ook op de blok golf volgens de fabrikant, maar door het gemiddelde van een groot aantal

Door zorgvuldig te jiken met van gedestilleerd water gemaakt ijswater in een thermosfles, kun je dus die  $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$  absolute afwijking naar  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  brengen, gelet op de gegarandeerde lineariteit van  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

De gemeten temperatuur, wordt door een microcontroller bepaald uit de mark space verhouding van de blok golf uit de voeler. Deze berekende temperatuur wordt op een LCD display getoond.

Nu is het zo, dat het prettig is om te weten hoe meetwaarden zoals frequentie verlopen als functie van de temperatuur, daarom is een RS-232 poort opgenomen, zodat de afgegeven data met een PC en het bij Windows bijgeleverde terminal-programma 'hyperterminal' verzamelt en daarna bewerkt kan worden.

## Temperatuurregeling

Als je de voeler in een kast legt, kun je de temperatuur in de apparaatkast constant houden door een verwarmingselement in de kast te schakelen. Daarin is voorzien door een solid state relais te schakelen op een instelbare temperatuur.

Gebruikt is de Sharp S202 S12 die 8A bij 600V maximaal kan hebben, met intern RC om reactieve loads te kunnen schakelen. Ik heb hem 1A Flink gezeerd en hij schakelt bij mij een externe netspanningsaansluiting, die op de STET is aangebracht. Dat IC is ook bij Conrad te bestellen onder bestelnummer 162558-8A.

Als verwarmingselement kun je weerstanden en gloeilampen gebruiken. Gloeilampen hebben het voordeel van een lage warmtecapaciteit. Dan gebruik ik 4 stuks, waarvan met een paar diodes twee stuks in de heen- en twee stuks in de terugrichting van de wisselstroom branden. Ze gaan dan heel lang mee, omdat ze eigenlijk op halve spanning branden. Mocht er een uitvallen, dan nemen de andere drie het over doordat die iets langer gaan branden om de zaak op temperatuur te houden. Je kunt naar wens het relais natuurlijk ook de uitgangsspanning van een variac laten schakelen, dat verbetert de instelmogelijkheid van de verwarming.

## Het schema

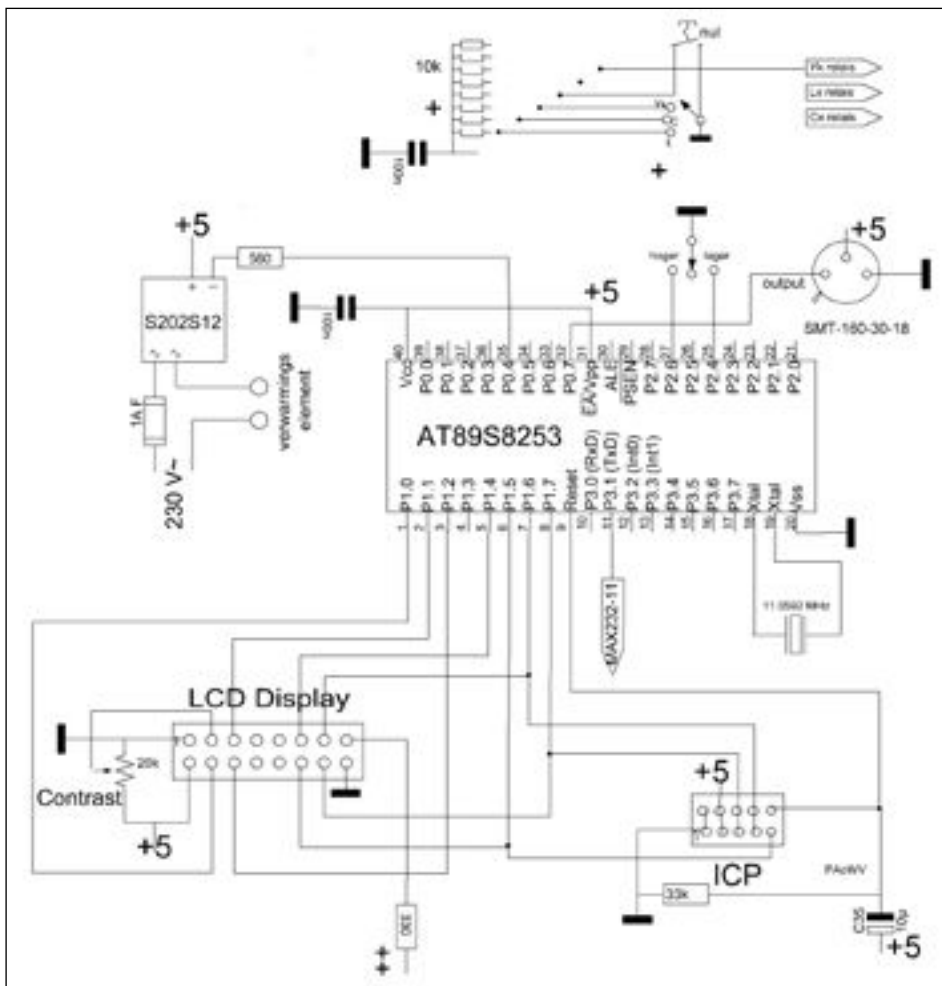
Het schema in fig. 1 toont de microcontroller, die voorzien is van een MAX232 als RS-232 interface, het relais, dat door een inwendige optocoupler wordt gestuurd, en de connectors voor LCD en In Circuit Programming interface. Die laatste heeft alleen nut om te monteren als je voor de schakeling programmatuur ontwikkelt, heb je een kant en klare ingebrande chip dan kun je die weglaten.

## De programmatuur

Het programma kijkt naar de inputpen die de blok van de temperatuurvoeler aangeboden krijgt en meet daarvan de mark- en spacebreedte. Nu is het zo dat zo'n meetloop altijd te laat is, de loop kijkt op een gegeven moment en ziet een hoge input, anderhalve microseconde later kijkt de loop weer en is de input laag. Het precieze moment van laaggaan weet je dan niet, dat ligt ergens in dat interval van 1,5 microseconde. Om die loop zo snel mogelijk te houden wordt ervoor gezorgd dat de telling van het aantal keren dat je laag meet en dat je hoog meet beide de 255 niet kunnen overschrijden.

Daarvoor is bij de snelle klok (zie verderop) vereist dat de losse frequentie van de temperatuurtransducer niet beneden 2200Hz komt. Zou dat wel het geval zijn dan moet op een lagere klok worden overgegaan of een ander exemplaar meetkop worden gebruikt.

Je kunt dan namelijk met 1 byte voor de



Figuur 1: De Processor en de LCD schakeling.

telwaarde volstaan en dat maakt het programma sneller en dus het interval tussen twee kijkmomenten korter. Na zo'n meting worden de resultaten opgeteld bij de eerder gemeten mark en space tijden die wel in meer bytes opgeslagen zijn, omdat dat grote getallen zijn. Daarna wordt de korte meting weer herhaald, en dat gebeurt dan enkele duizenden keren per meting. Totaalduur ongeveer 1 seconde. De instructie-executietijd van de processor is op dubbele snelheid gezet, dat kan bij de AT89S8253, waardoor de onzekerheidstijd halveert tot de genoemde 1,5 microseconde.

Je zou de mark space verhouding met deze processor ook met een 3 maal grotere resolutie kunnen meten, door gebruik te maken van de mogelijkheid een teller te laten lopen gedurende de tijd dat een externe gate (op de int1 pen) hoog is. Ik had dat in het schema er aanvankelijk bij bedraad, zodat de software ervoor geschreven en getest kon worden. Een volledige meting is zo niet mogelijk want je kunt wel hoogtijden (marks) meten maar niet laagtijden (spaces). Dan is er een externe inverter nodig. Dat kan met een ex-or port 74LS86 omdat de ex-or functie inhoudt dat je op een ingangspoot (hoog of laag) kunt bepalen of de andere inputpoot geïnverteerd of niet geïnverteerd op de uitgang

verschijnt. De processor kan dat sturen. Kost weer een IC extra, heb ik niet gedaan om nog een tweede reden die verderop aan bod komt.

De door de fabrikant opgegeven formule waarmee de temperatuur uit de dutycycle van de blok, dus ook uit de geaccumuleerde mark- en spacetijd kan worden bepaald is:

$$\text{Temperatuur} = \frac{\text{Dutycycle} - 0,320}{0,00470} \text{ } ^\circ\text{C}$$

In assembler zijn de vereiste delingen en vermenigvuldigingen geprogrammeerd.

De software is getest door de mark en spaces uit de korte meting hard te overschrijven van  $\frac{1}{255}$  tot  $\frac{255}{1}$

De correcte temperatuur volgens de formule hierboven wordt dan op de display getoond.

Vervolgens is met een tweede controller een bloksignaal gemaakt dat zo geprogrammeerd is dat een mark spaceverhouding van een in een tabel opgenomen blok golf precies bekend was en gevarieerd is in 64 stappen. Dat signaal is in plaats van de meetkop aan de STET aangeboden en gecontroleerd of in alle gevallen de aange-

wezen temperatuur overeenkwam met de dutycycle van de bekende blokgolf. Daardoor is dus ook de korte meetroutine getest en correct bevonden.

Je loopt risico van een soort interferentie als beide kristallen van de controllers nagenoeg gelijke frequentie hebben, wat het uitmiddeelproces zou verstoren. Dat is voorkomen door de andere controller, die de blok genereert, van een 10MHz kristal te voorzien. De te meten pulsen wandelen dan door het kijkvenster en gemiddeld zal daardoor over een groot aantal vensters de juiste pulsbreedte worden gevonden.

### Meetkop

Een andere zaak die mij me opkwam is, dat de meetkop de blok aan de controller aflevert; bij laag gaan van de meetkop krijgt die dan sinkstroom op zijn dak en de vraag is in hoeverre de dissipatie van die sinkstroom temperatuurverhogend werkt op de chip en dus een fout introduceert in de meting.

Om dat te testen heb ik in het kant en klare apparaat een extra sinkweerstand van 10kΩ bijgeschakeld tussen plus 5V en de outputpoot van de transducer. Die weerstand schakel ik 20 s aan en 20 s uit met een relais, gestuurd door de secondeteller en ik kijk of de gemeten temperatuur in een gesloten isolatiebox herkenbare wijzigingen met dezelfde frequentie als het relais schakelt geeft. Dat bleek het geval, regressie-analyse van een etmaal meten leverde 0,003 °C relatie op, ten gevolge van het schakelen van een 10kΩ pull-up. Niet veel maar ook niet nodig. Ik heb namelijk als oplossing de meetkop verplaatst van een pen van port P2 naar een pen van port P0, die is niet voorzien van interne pull ups, meestal vervelend, hier dus prettig. Daarmee was dus gelijk het plan om ex-or porten te gebruiken volledig van de baan.

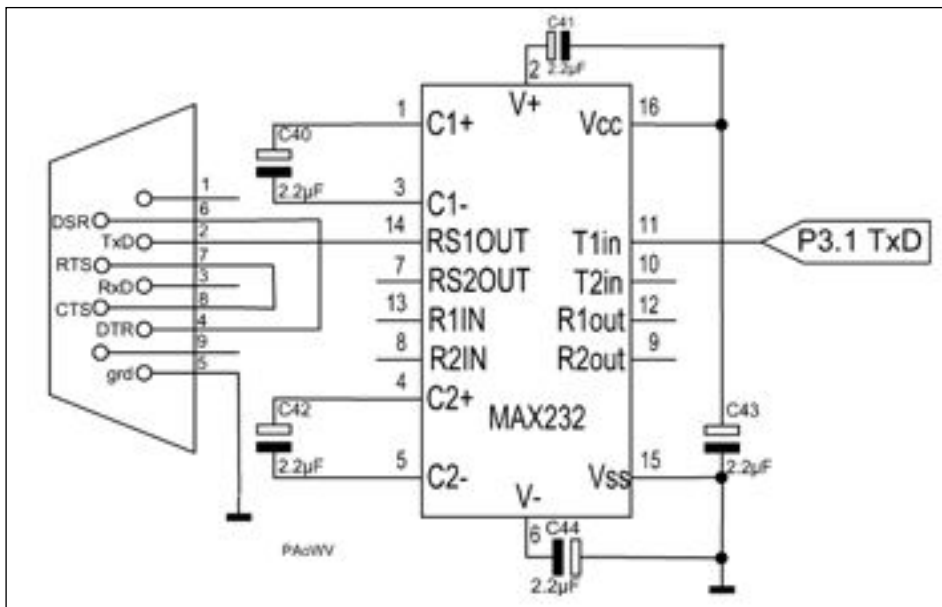
### Uitvoer Data

Er is een circulair buffer opgenomen ter grootte van het ongebruikte RAM, voor de interface naar de RS232 port die als DCE op de connector is bedraad en die op 9600 baud staat ingesteld. Tijdens het meten kan dan intussen de buffer printen.

Alleen tijdens het kritische korte deel van de meting als het precieze interval wordt bepaald, worden alle interrupts afgeschakeld, zodat dat proces niet onderbroken kan worden, en dan hapert de transmissie van meetgegevens naar de PC dus even, wat mag, want het gebeurt altijd tussen een stop- en een startbit van de asynchrone communicatie.

Handshake of flow control is er niet, de PC in hyperterminal, ingesteld op 9600 baud dient dus te slikken wat binnenkomt.

Er wordt vanaf inschakelen een 6 cijferige decimale teller gestart die per seconde een oploopt en die wordt ook verzonden naar de PC tezamen met de temperatuur en het



Figuur 2: De RS 232 aansluiting.

gegeven of het verwarmingselement aan- of uitstaat en de ingestelde schakeltemperatuur van de thermostaat. De tijdteller staat ook als een 6 cijferig decimaal getal op de display. Die tijdteller is een handig hulpmiddel voor het maken van een tijdas in grafieken.

### Bediening en toepassing

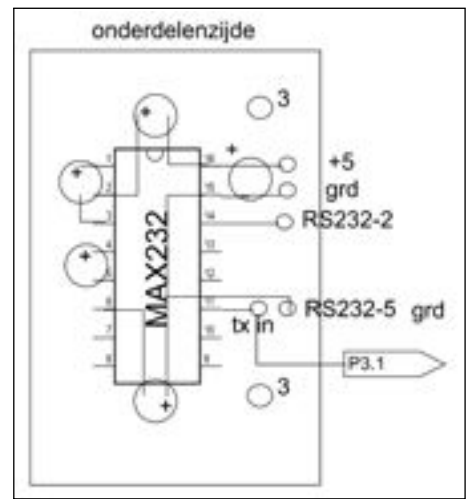
Een bedieningsschakelaar (driestanden tumbler terugverend naar de middenstand) is aanwezig. Als je die indrukt dan rouleert de schakeltemperatuur op de display in stappen van een graad, naar wens naar boven of naar beneden. Tevens wordt die na een wijziging in EEPROM bewaard, zodat als je later de netspanning inschakelt die schakeltemperatuur herinnerd wordt. Het schrijven in EEPROM vindt plaats 5 seconden nadat er geen wijziging meer is opgetreden middels de schakelaar op het frontpaneel.

Bedien je na die 5 seconden de schakelaar weer, dan wordt de mantisse, dat is het decimale deel achter de komma, van de schakeltemperatuur gewijzigd. Ook naar boven of naar beneden en ook na de laatste wijziging na 5 seconden geschreven in EEPROM. Aanvankelijk had ik dat er niet inzitten, maar ik heb het erbij gezet, omdat je met dit apparaat dan ook kippeneieren (37,5 °C) of andere vogeleieren kunt uitbroeden.

De hele zaak in een koelbox ter isolatie, verwarming met gloeilampen omdat uitvallen van de verwarming dodelijk is voor het broedsel, de eieren 3 maal per dag een halve slag draaien, niet steeds dezelfde kant op, vochtigheid met een natte spons rond de 70 à 80% houden en succes verzekerd.

Ook bij de temperatuurkarakteristiek van kwartskristallen bepalen komt een nauwkeuriger instelmogelijkheid dan 1 graad van de thermostaat van pas.

Met de getemperde display-verlichtingsweerstand van 330Ω trekt het geheel met een analoge gelijkstroommeter in de minleiding naar de trafo middenaftakking van de voeding gemeten iets minder dan 50



Figuur 3: Montage van aansluitingen MAX-232 gezien vanaf de onderdelenzijde.

mA, terwijl de display zonder eropvallend licht toch prima afleesbaar blijft.

### Voorbeeld

Ik heb een prototype van het apparaat een nachtje de temperatuur in de shack laten meten. Een grafiek gemaakt van de afgegeven data via de UART naar hypertermi-

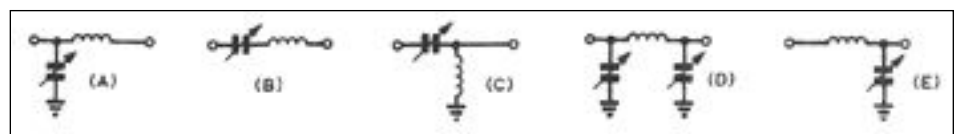
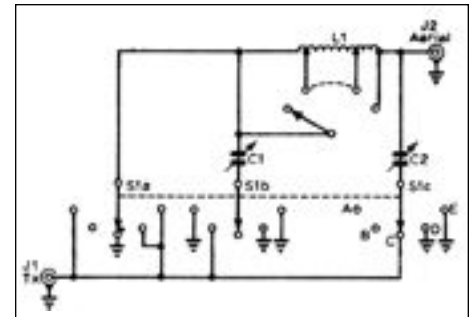
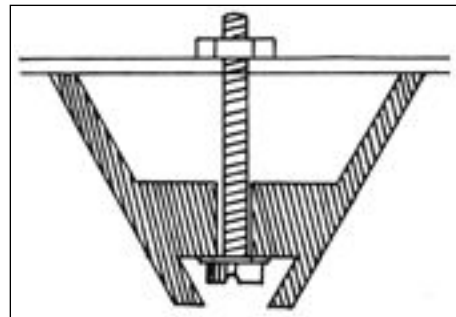
# Uit de oude doos

In CQ-PA nr. 31 van het jaar 1973 vonden we op pagina 554 een tip van Marcus PA-2069.

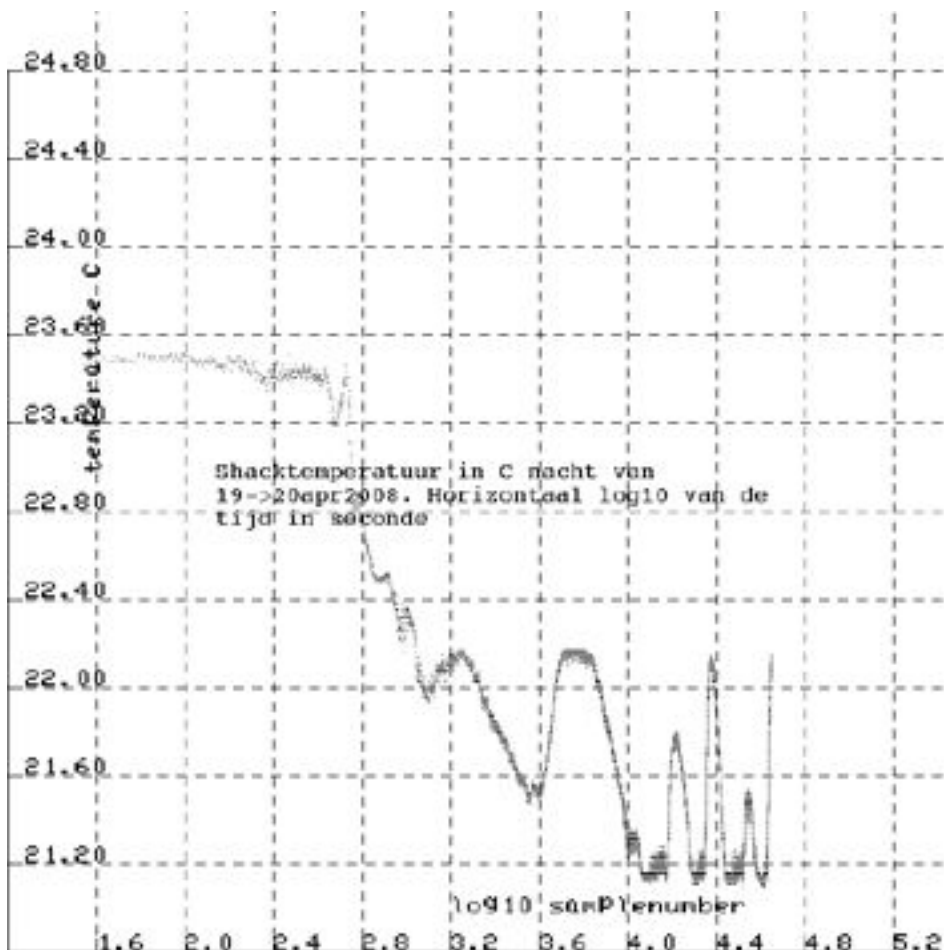
Indien u voor uw zelfbouw apparatuur pootjes nodig heeft, dan stelt Marcus voor om daarvoor schroefdopjes van tandpasta te gebruiken. Deze zijn gemakkelijk te doorboren en leveren keurige pootjes op, zoals u kunt zien op de tekening. Natuurlijk staat het u vrij om ook dopjes van andere soorten tubes te gebruiken.

Op dezelfde pagina vonden we ook een flexibel antennetunertje van J. Järgensen SMoETP en door PA-1649 vertaald. De schakelaar S1 kiest het gewenste netwerk en zal van zware uitvoering dienen te zijn teneinde de HF-stromen met lage impedantie te kunnen verwerken.

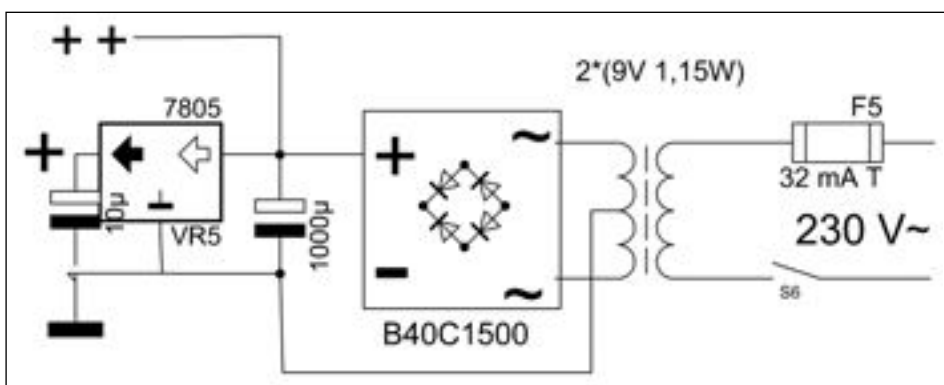
Met S2 wordt de juiste aftakking van de spoel gekozen. C1 en C2 zijn 150 pF en moeten geschikt zijn voor hoge spanningen.







Temperatuursverloop in de shack.



Figuur 4: De voeding van de STET.

nal toont het resultaat. Horizontaal is de log10 van de meettijd in seconden uitgezet. De meetresultaten werden als punten

geplot zonder verbindinglijn. Het geeft een goede indruk van de spreiding in de meetresultaten.

## Nabouw

De meetkop is door een rubber tule naar buiten gebracht. Ik heb die met gewoon PVC montagedraad bedraad, wil je hogere temperaturen meten waardoor dat misschien zou weg kunnen smelten, dan moet je daar teflongeïsoleerd draad voor gebruiken. De geschakelde netspanning is op 2 apparaatklemmen beschikbaar die 19 mm uit elkaar staan zodat er eventueel een gewone netstekker in past.

Een geprogrammeerde controller kan ik leveren tegen de kostprijs; neem contact met mij op via het emailadres pa0wv@vrza.nl. Je kunt ook gratis het programma krijgen onder GNU licentievoorzwaarden en als je zelf een processor AT89S8253 levert, programmeer ik hem ook gratis, mits je retourporto insluit.

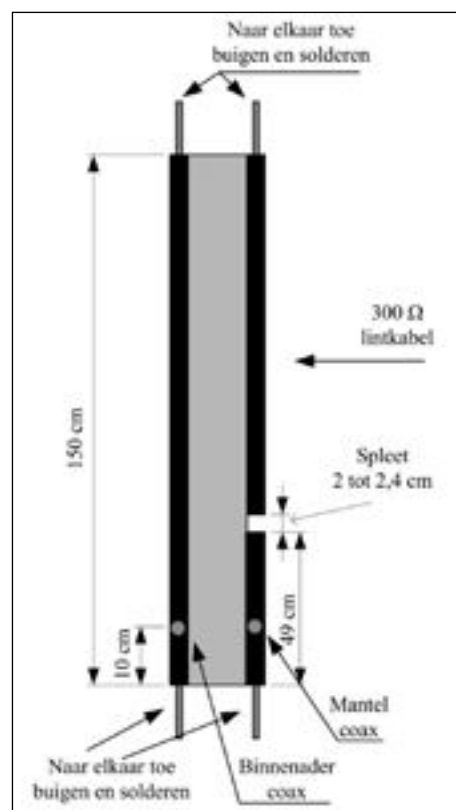
## Slim Jim voor 2M

Van sommige antennes worden er steeds weer andere varianten gepubliceerd.

In de PI4SDH nieuwsbrief nr. 52 van de VRZA afdeling Apeldoorn zagen we een voor ons nieuwe variant van de Slim Jim in 2 meter uitvoering staan.

Het betreft een uit 300Ω lintkabel simpel te maken exemplaar. De tekening spreekt voor zich zelf.

Veel succes bij de nabouw!



## Advertentiemanager gezocht

Het bestuur is op zoek naar iemand, die de functie van advertentiemanager CQ-PA op zich wil nemen.

Het heeft natuurlijk een pre indien u commerciële ervaring heeft, maar ook zonder dat wordt uw aanmelding gewaardeerd!

Uw aanmelding voor deze onbetaalde functie wordt vanzelfsprekend vertrouwelijk behandeld. Schroomt u niet, maar meldt u aan, zodat dit belangrijke werk wordt gedaan.

Wie durft dit aan? Het is in het belang van uw eigen club.

Kandidaten M/V kunnen zich aanmelden via [secr@vrza.nl](mailto:secr@vrza.nl).