

De Demper

door Wim Kruif PAoWV

De Demper is een stappenverzwakker die in tegenstelling tot verzwakkers met schuifschakelaartjes, waarbij je steeds je wisselgeld moet tellen, continu regelbaar met een draaiknop de verzwakking regelt in een 50 ohm circuit van 0 tot ruim 100 dB in stappen van 1 dB.



In ieder geval is de verzwakker bruikbaar van DC tot voorbij 15 MHz, dus voor een aantal HF banden. Boven 21 MHz gaat mijn belangstelling niet uit, omdat ik graag de hobby bedrijf binnen het budget dat de AOW mij maandelijks toemeet, dus zonder gebruik van dure commerciële meetapparatuur die niet meer zelf te bouwen is.

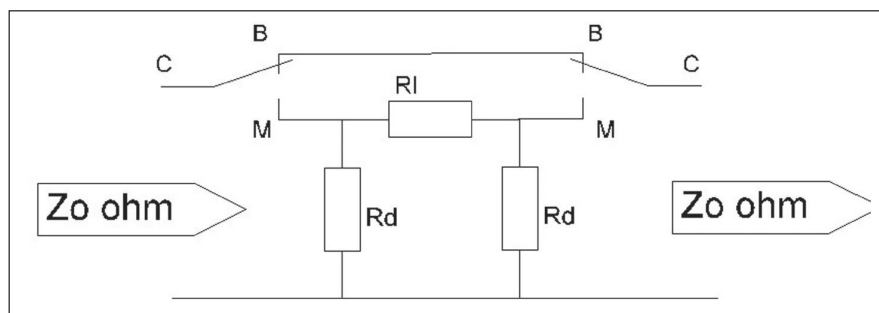
Eigenschappen

De demper levert voorzien van een draaiknop en een LCD display de op de display aangeduide verzwakking, door bij elke ingestelde demping automatisch verzwakkertrappen in te schakelen uit de reeks 1, 2, 3, 6, 10, 20, 20, 20, 20 dB.

Voorts wordt er, om kortstondige en wellicht fatale overbelasting van op de uitgang aangesloten apparatuur te voorkomen, bij het in- en uitschakelen van dempingtrappen bij wijziging van de demping, er steeds voor gezorgd dat de demping tijdens het schakelen als overgangverschijnsel wel groter maar nooit kleiner wordt dan de vereiste ingestelde demping, doordat eerst de dempingtrappen van de nieuwe stand worden ingeschakeld en daarna pas de

trappen die niet meer mogen dempen in de nieuwe stand, worden uitgeschakeld. Kortstondige overbelastingen van gevoelige circuits op de uitgang wordt daarmee effectief voorkomen.

Er is gebruik gemaakt van dubbelpolig om relais met op zilver zwaar vergulde contacten in een huisje met een inerte atmosfeer, zodat ook voor zwakke signalen er geen nevenverschijnselen ten gevolge van goedkope contactmaterialen die niet geschikt zijn voor zwakke signalen, kunnen optreden.

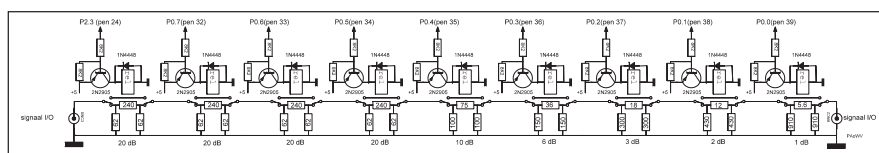


Figuur 1: Pi weerstand netwerkje.

Ontwerp

Veel microcontrollers voor de aansturing van de 9 relais zijn geschikt, mits ze voldoende I/O pennen hebben; ik gebruik er een AT89S8253 voor die hier op de plank ligt, en die in 40 pins DIL huis nog goed te solderen is met een dikke bril, een loupe en bibberhanden die Old Timers, met werktempo kernachtig geschetst als QRS, plegen te vergezellen.

De uitgangspoten van de controller kunnen niet veel stroom trekken, slechts een paar mA en al zeker die 5 volt relais dus niet direct aansturen, we meten van een relais een spoelweerstand van 120 ohm en het trekt bij 5V, de nominale spanning,



Figuur 2: Stappenverzwakker.

dan 45 mA.

Zoals je hier kunt narekenen klopt in mijn shack de Wet van Ohm niet, of mijn multimeter die inmiddels zijn zestigste verjaardag heeft gevierd deugt niet geheel meer. De voeding dient dus bij 9 bekrachtigde relais 400 mA te kunnen leveren.

Elk relais is voorzien van een driverschakeling met een 2N2905A transistor, ook alweer omdat die hier in laatjes liggen en naar de grootvuil-container verhuizen als ik ze niet opmaak voor IJzeren Hein met de zeis me komt ophalen. Die kunnen natuurlijk door elke PNP tor die 45 mA collectorstroom kan trekken en 6 V collectorspanning kan verdragen worden vervangen.

De verzwakker

Een goede verzwakker is te maken met PI netwerkjes die elk uit drie weerstanden bestaan (zie figuur 1), met de eigenschap dat als die afgesloten wordt met 50 ohm op de uitgang weer 50 ohm wordt gezien op de ingang. Dan zijn ze achterelkaar te schakelen en kun je de dempingen uitgedrukt in dB optellen. De weerstanden moeten dan zo gekozen worden dat je elke gewenste demping kunt bereiken in stappen van 1 dB, door ze achterelkaar te zetten.

Met wat gereken kun je formules afleiden

voor die PI weerstand netwerkjes.

De resultaten van het gereken zijn als volgt samen te vatten:

De netwerkimpedantie is z_0 , in ons geval 50 ohm.

$r_1 = \text{dwarstak}/z_0$ $r_2 = \text{langstak}/z_0$
Tussenschakeldemping = $20 \log(1+r_2+r_2/r_1)$ dB

Voor eis dat ingangsweerstand weer z_0 is bij afsluiting met z_0 :

moet gelden:
 $r_1 = 1/r_2 + \sqrt{(1/r_2^2 + 1)}$

Je kunt de weerstanden dan precies bepalen voor verzwakker-elementen van 1, 2, 3, 6, 10 en 20 dB die ik hier gebruik. Die weerstanden zijn dan geen handelswaarden.

Pakken we dichtbij liggende 1% handelswaarden uit de E24 reeks, die vlot verkrijgbaar zijn, dan komen we uit op het volgende lijstje weerstanden met demping en ingangswaarde:

1 dB r1d =910,0	r1l = 5,6	demping 0,96	ing imp 50,08
2 dB r2d =430,0	r2l = 12,0	2,04	50,17
3 dB r3d =300,0	r3l = 18,0	2,99	50,59
6 dB r6d =150,0	r6l = 36,0	5,9	50,59
10 dB r10d=100,0	r10l= 75,0	10,06	52
20 dB r20d= 62,0	r20l=240,0	19,68	50,34

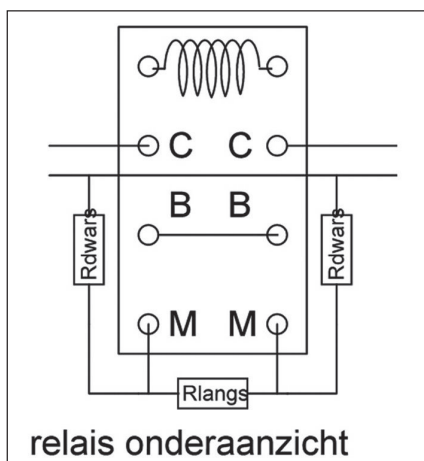
Er zijn verschillende mogelijkheden voor reekskeuze bijvoorbeeld bij verzwakkelementen van 1 2 2 5 10 20 20 na die 20 zou je 50 verwachten, maar 50 dB in een pi-netwerkje van 3 weerstanden: de demping wordt dan bij hogere frequenties door parasitaire capaciteiten minder, want de spanning op de uitgang is dan bijna 300 keer kleiner dan op de ingang die er vlak bijzit. Dus ik ben doorgeslagen met elementen van 20 dB.

Ik heb gekozen voor de reeks 1,2,3,6,10,20,20,20,20 dB.

Op een 20 dB netwerkje is de uitgangsspanning 10 maal kleiner dan de ingangsspanning en dat valt dan nog wat mee.

Dan kun je dus maximaal 102 dB dempen in stappen van 1 dB. Het schema van de verzwakker staat in fig. 2. Het zijn 9 trappen die je elk met een miniatuurrelais dubbelpolig om kunt in- en uitschakelen in de keten. De lengte van de europrint (16 cm) liet 9 trappen toe, vandaar. Met een actuator draaiknop is de demping te regelen, 25 dB per omwenteling. De controller bepaalt welke relais in- en uitgeschakeld worden bij de ingestelde demping die op een LCD schermje afleesbaar is.

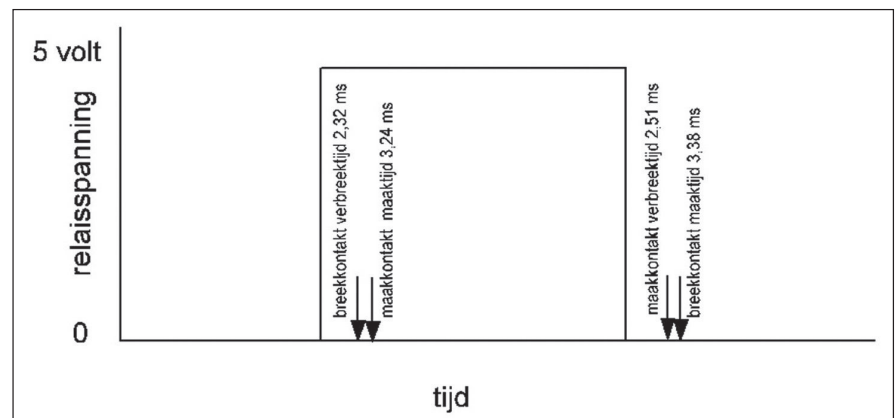
Nu is die verzwakker op zichzelf voor veel andere doeleinden ook hoogfrequent bruikbaar, de ingangs BNC zit aan de voorzijde van het apparaat en de uitgang aan de achterzijde om maximale demping van parasitaire effecten te bereiken. In- en uitgang kunnen natuurlijk onderling worden verwisseld. De richting van het sig-



naal door de verzwakker maakt namelijk voor de demping niet uit.

Het voordeel is dat je de demping makkelijk en afleesbaar met de draaiknop snel

kunt instellen. Is een hogere demping dan de maximaal instelbare demping gewenst, dan kunnen er nog wel 1 of 2 elementen van 20 dB worden bijgezet, zodat je aan ruim 120 of 140 dB komt, maar de praktijk wijst uit dat die hoge dempingen niet makkelijk realiseerbaar zijn bij hogere frequenties. Dat is per slot van rekening ook min of meer het principe van het zendamateurisme dat je regelmatig de halve aardbol kunt omspannen als je met een demping van 140 dB tussen zenden en ontvangen signaal genoeg neemt.



De software

Het programma is geschreven in assembler.

Bij de meting van de vertragingstijd van het maken en breken van de relais is eenzelfde type driver en beveiligingsdiode gebruikt, welke laatste doorgaans de afvaltijd vertraagt omdat de stroom nog even doorloopt door de diode. Bij bekrachtiging wordt na 2,32 ms verbroken en na 3,24 ms gemaakt exclusief bounce bij het gebruikte type relais.

Bij release (weghalen spoelspanning) wordt na 3,38 ms het breekcontact gemaakt en na 2,51 ms het maakcontact verbroken.

Gedurende 0,8 ms is er dus helemaal geen contact, dan zit het moedercontact zwevend tussen het verbreek- en maakcontact in, dat betekent geen signaal erdoor, en dat kan geen kwaad.

Ook zijn voor de vier genoemde gevallen de bouncetijden gemeten, die worden bij de gemeten tijden opgeteld, en vervolgens is er een veiligheidsfactor genomen voor

spreidingen, er wordt 5 ms voor de schakeltijd aangehouden.

Deze gegevens zijn verwerkt in de software in verband met het voorkomen van lagere dan gekozen demping als overgangsverschijnsel tussen de dempingsstappen. De delayroutine telt het aantal teller-overflow interrupts, die elke 100 microseconde optreden. De delay is dus in stappen 100 microseconde regelbaar. De interrupts van de counter_0 zijn uitsluitend nodig voor de delayroutine, daarom worden die interrupts alleen enabled bij de executie van de delayroutine, om te voorkomen dat de processor zenuwenziek wordt doordat hij 10000 keer per seconde wordt onderbroken met zijn werkzaamheden voor een dan niet relevante taak.

Voor de aansturing van de relais is een 102 woorden lange tabel gegenereerd, de assembly listing daarvan is gemaakt als output door een C programma, zodat fouten daarin vermeden zijn. Een 0 bit betekent relais bekrachtigd, en door de oude stand met de nieuwe te AND-en, bereik je dat

de nieuwe relais eerst worden ingeschakeld met behoud van de oude, en dat vervolgens na de ingestelde schakeltijd-delay pas de nieuwe demping alleen wordt ingesteld.

Bij de actuator is het 5 ms bounce-probleem als volgt ondervangen:

De output van kanaal A van de actuator veroorzaakt een externe interrupt. De interrupt routine schakelt als eerste verdere externe interrupts af en zet een bounce-vlag aan.

Vervolgens kijkt hij naar de processorpen waarop kanaal B van de actuator is aangesloten, om de draairichting vast te stellen. Dan verhoogt of verlaagt hij de waarde van een variabele in RAM die attenuation_h genoemd is. Dat is alles. Verdere interrupts door bouncing worden dus vermeden.

Het hoofdprogramma werkt in een lus. Staat de bounce-vlag, dan is er kennelijk een interrupt geweest, het hoofdprogram-

ma last dan 12 ms delay in en zet vervolgens de externe interrupt weer vrij voor gebruik na de interruptpending_vlag op 0 te hebben gereset, die is namelijk geset als er tijdens uitgeschakelde interrupt na het verlaten van de interruptafhandelingsroutine bounces optreden.

Een en ander na nog een bewerking als volgt:

Nu gaan we de nieuwe attenuatorstand vergelijken met de oude, maar die zou dan inmiddels weer kunnen wijzigen door een interrupt van de actuator, daarom wordt attenuator_h gekopieerd in attenuator, een tweede exemplaar dus dat niet aan wijziging tijdens verwerking onderhevig is. Is attenuator_h kleiner dan 0 of groter dan 102 dan wordt hij eerst op de dichtstbijliggende grens 0 of 102 teruggezet. In feite wordt na deze keuring en correctie de externe interrupt pas vrijgegeven.

Vervolgens wordt in het hoofdprogramma gekeken naar att_old, de dempingswaarde waarop de verzwakker staat ingesteld.

Verschilt die met attenuator, dan wordt de verzwakker in de besproken twee stappen op de nieuwe waarde ingesteld en att_old wordt nu in attenuator gekopieerd. Tevens wordt de gewijzigde waarde dan op de display gezet.

De bediening

Gebruik is gemaakt van een zogenaamde actuator. Dat is een onderdeel dat qua uiterlijk op een potmeter lijkt, maar je kunt er aan blijven draaien, er is geen stuitnok. Verder zitten er op het gebruikte model (Bourns ECW1J-B24-AC0024) klikpunten waar hij stabiel blijft staan. 25 klikpunten voor een omwenteling.

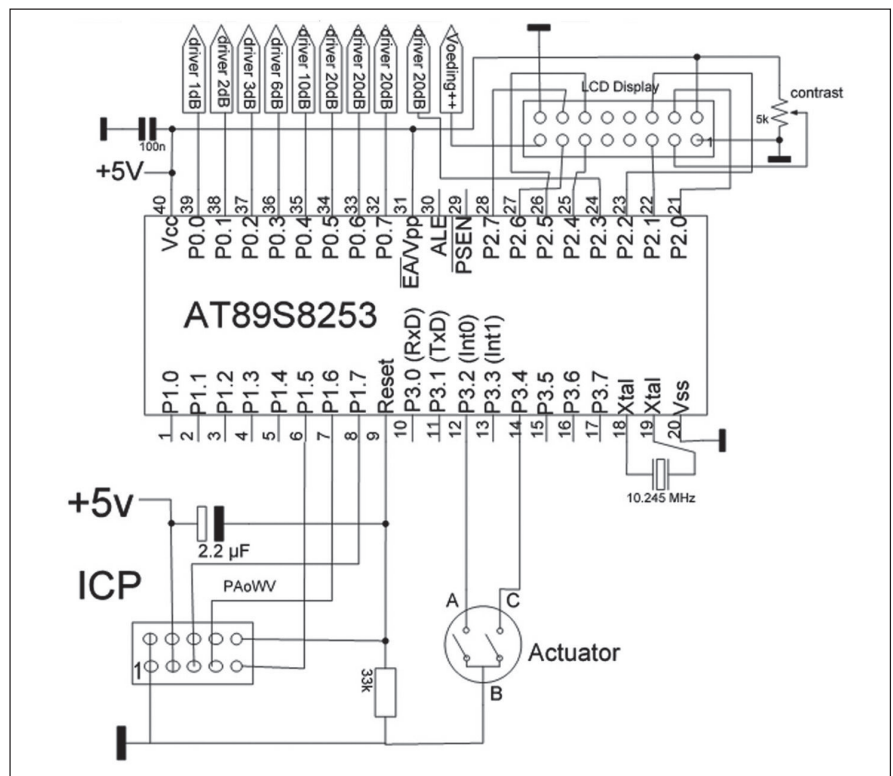
Het is een schakelaar die per klik een maal dicht en weer open gaat. De externe interrupt van de controller, waar die schakelaar op is aangesloten, zorgt ervoor dat bij bedienen van die knop op de knop wordt gereageerd.

Nu moet de processor weten of je rechts- of linksom draait en daarom zit er een tweede 90 graden in fase verschoven schakelaar in de actuator, die ook een keer per klikstand dicht en weer open gaat. Is er een interrupt dan bepaalt de tweede schakelaar als die open of dicht is welke kant de gebruiker op draait. Die tweede schakelaar is, als kanaal B, op een normale ingangspen (P3.4) van een port aangesloten zodat de processor die kan bekijken als de eerste schakelaar een interrupt geeft.

De actuator is te zien in het schema in figuur 3.

Dat soort schakelaars heeft een bounce op de contacten van een aantal millisecondes, dit type 5 ms zegt de fabrikant, en dat is dus tamelijk vervelend.

Je kunt niet gaan wachten daarop, als de bounce-tijd in dezelfde orde van grootte ligt als de pulstijd als je snel aan de knop draait.



Figuur 3: Het schema van de demper.

Na elke klik wordt de interrupt daarom 12 ms uitgeschakeld, en je kunt dus niet snel draaien dan ruim 3 omwentelingen per seconde. Je moet wel heel gek te keer gaan wil je dat merken.

Testen

Het is van belang de verzwakker te testen alvorens die in gebruik te nemen. Ten eerste moet als de demping 0 is er hetzelfde signaal uitkomen als je er instopt, dat is niet lastig te meten. Met een ohmmeter kun je zo de overgangsweerstand van 18 in serie geschakelde relaiscontacten meten.

Bedenk wel dat je er nooit meer dan een half watt mag instoppen, dus 5 volt effectief, oftewel 27 dBm signaalniveau, anders heb je kans dat er weerstanden uitbranden of minstens door oververhitting van waarde zijn veranderd.

Vervolgens kun je dan trap voor trap testen en kijken of een trap de vereiste demping levert. Dus 1, 2, 3, 6, 10 en 20 dB. Kan gewoon met een gelijkspanningsvoeding van een paar volt met een serieweerstand van 50 ohm naar de ene BNC plug en een weerstand van 50 ohm op de andere BNC plug, waarover je met een voltmeter de gelijkspanning meet.

Dat trapsgewijs testen kan door de processor uit zijn voet te halen, dan is geen enkel relais bekrachtigd, en vervolgens een draadje aan massa beurtelings verbinden met de stuurpenen 39 t/m 32 en 23 van de processorvoet.

Je moet dan de demping van die trap kunnen meten.

Bij aansluiting van 2 volt via een weerstand van 50 ohm (2 van 100 parallel) moet je op de uitgang meten over 50 ohm afsluitweerstand 1 volt:

Vervolgens een pen aarden op processorvoet, (processor verwijderd):

P0.0 pen 39	1 dB = 0,89 volt
P0.1 pen 38	2 dB = 0,79 volt
P0.2 pen 37	3 dB = 0,71 volt
P0.3 pen 36	6 dB = 0,50 volt
P0.4 pen 35	10 dB = 0,32 volt
P0.5 pen 34	20 dB = 0,10 volt
P0.6 pen 33	20 dB = 0,10 volt
P0.7 pen 32	20 dB = 0,10 volt
P2.3 pen 23	20 dB = 0,10 volt

Een andere testmethode is het apparaat spanningloos houden, dan staan alle relais open en zijn de pi-netwerkjes dus niet met elkaar verbonden. Meet je dan over een langs of een dwarsweerstand, dan meet je een combinatie van 3 weerstanden.

Voor de diverse trappen kun je dan met een ohmmeter meten als volgt:

Demping	Over R-langs	Over beide R-dwars
1 dB	5,6	456
2 dB	11,8	218
3 dB	17,5	154
6 dB	32,1	83
10 dB	54,4	64
20 dB	81,8	51

De prestaties voor hogere frequenties blijkt als je verzwakker direct zet op de outputconnector van de tracking oscillator van een spectrum analyser en de output van

de verzwakker met een kort kabeltje verbindt met de ingang van de analyser. Tot 15 MHz klopt het allemaal wel tot de maximael instelbare demping, maar boven 15 MHz blijkt dat de demping als die boven 50 dB wordt ingesteld, ongeveer op die 50 dB blijft hangen bij 30 MHz. Onder 50 dB verzwakking loopt hij wel tot 30 MHz door.

Nabouw

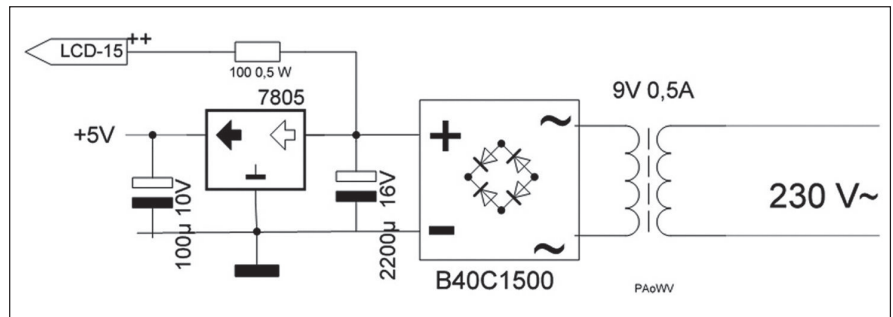
De zaak is gezet op euroformaat gaatjesprint. Eerst wordt de verzwakker met zijn drivers gemonteerd. Vervolgens de voeding, dan kunnen we al gaan testen.

De actuator heeft 3 contacten A B en C zoals in het schema aangegeven. Als je de as naar je oog gericht houdt en de contacten aan de onderzijde hebt, dan is A het meest linkse en C het meest rechtse contact.

Kastje is afkomstig van Conrad. Relais zijn van Display Electronics betrokken type DS2Y-S-5V bestelnr 03.06.3605, en de rest uit de grijpvoorraad en de junkbox hier. In het schema is een 10 pins bandkabelconnector aangeduid als ICP vermeld, die kan weggelaten worden, die is alleen van belang bij het ontwikkelen van de software of als je een ingesoldeerde processor wilt (her)programmeren.

De rest is niet kritisch, kristal kun je wat voor nemen tussen 10 en 12 MHz, allemaal niet zo van belang.

De voedingstrafo heb ik bij Baco IJmuiden gekocht, die kan volgens opdruk 0,5A leveren bij 9 of 10 volt. De aansluitingen zijn er met een papiertje als service opgeplakt dat echter foute informatie verstrekt. De



De voeding van de Demper.

buitenste pennen van de drie leveren namelijk de beloofde 9 V en de middenpen 10 volt t.o.v. een van beide buitenpennen. Wij gebruiken 9 Volt. Theoretisch zou het nog kunnen dat wikkeling tussen de 9 V pennen een hogere weerstand heeft dan de 10 volt, maar dat blijkt niet het geval. De display is van het HD44780 compatible type, die hebben allemaal dezelfde aansluitingen. De pennen van de bandkabelconnector 1 tot 16 op de print komen overeen met de op de display altijd genummerde aansluitingen 1 tot 16. In principe kun je een eenregelig display gebruiken, maar een tweeregelig display 16 breed is makkelijker verkrijgbaar.

Als je het klaar hebt, heb je een nuttig instrumentje in je shack dat veel toepassingsgebieden kent. Gevoeligheid ontvangen meten, S meter iJken en als verzwakker voor signaalgeneratoren die niet met een geijkte verzwakker zijn uitgerust.

De constructie van de relais leggen op, dat in bekrachtigde toestand de demping van

een trap is ingeschakeld.

Dat betekent dat als er geen netspanning aanwezig is de demping 0 is, daar dus altijd aan denken. Bij opkomen van de netspanning wordt de demping geïnitieerd op 20 dB, dan staat er dus 1 relais in, en het schermje geeft die begindemping dus ook op.

Een geprogrammeerde processor is door mij leverbaar inclusief porto voor € 15,-. Je kunt ook een blanke processor toesturen met gefrankeerde geadresseerde bubbeltjes antwoordervelop, op zodanige wijze dat hij niet met plaatgedrukte poten bij mij aankomt, dan programmeer ik die gratis.

Als je een andere kristalfrequentie dan in het schema staat wilt gebruiken, die opgeven dan wordt hij daarvoor geprogrammeerd.

Voor hulp, vragen, en bestelling van een processor, ben ik bereikbaar op het e-mailadres pa0wv@vrza.nl.

PAoWV

