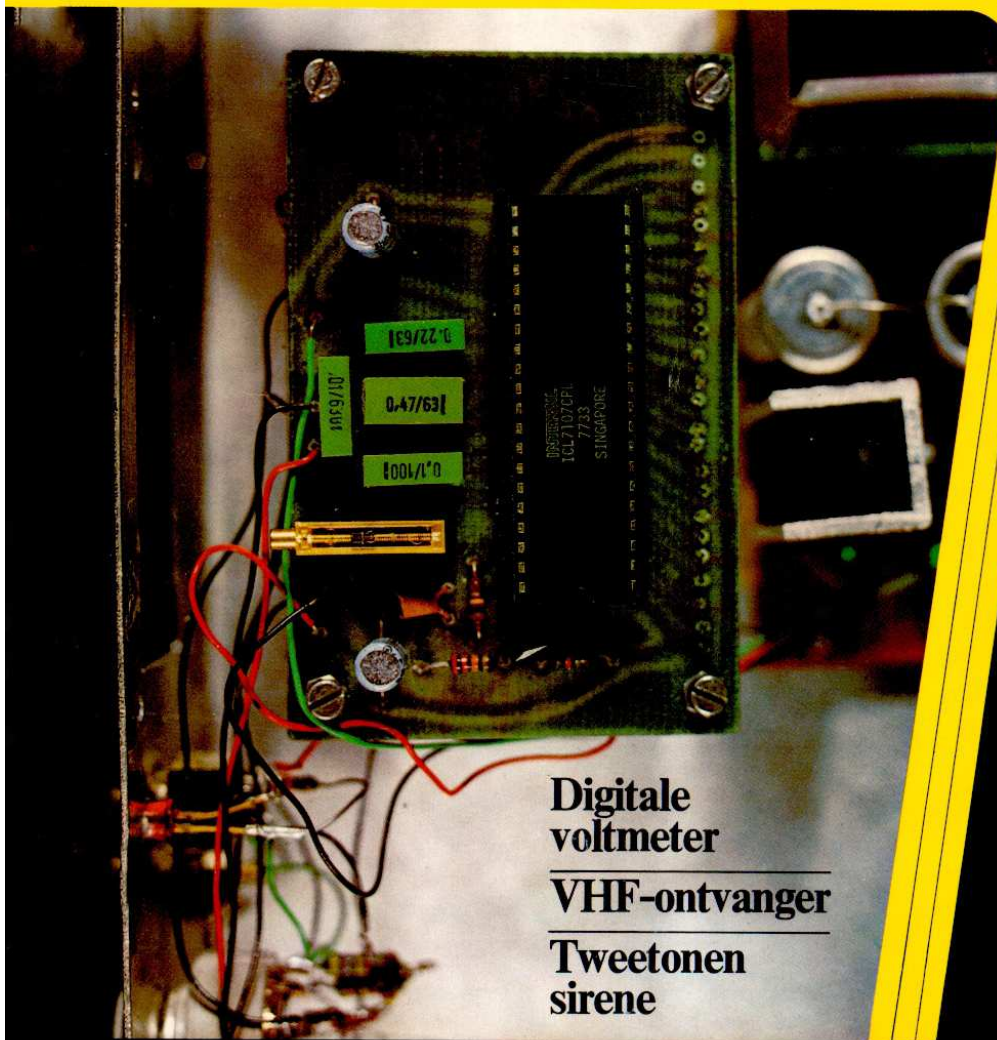


RB

RADIO BULLETIN

maandblad voor
toegepaste elektronika
jrg 47 • nr. 8 • augustus 1978
ned. f 3,25 - België F55



**Digitale
voltmeter**

VHF-ontvanger

**Tweetonen
sirene**

8

1978

DIGITALE VOLTMETER IC's

H. J. C. Otten

Onlangs zijn twee nieuwe digitale voltmeter-IC's van Intersil op de markt gekomen, waardoor het bouwen van een digitale voltmeter zeer eenvoudig is geworden, slechts vier display's en wat weerstanden en condensatoren hoeven op het IC te worden aangesloten.

De fabrikant is helaas nogal karig met informatie over de twee IC's, reden te meer om over deze interessante IC's wat meer te vertellen.

Algemene informatie

De te bespreken IC's zijn de ICL7106 CPL en de ICL7107 CPL, zoals de fabrikant ze voluit noemt. De twee IC's zijn vrijwel gelijk, op de display-sturing na. Het IC 7106 is bedoeld voor LCD (Liquid Cristal Display)-uitlezingen, het IC 7107 voor LED-display's. De IC's hebben geen buffertrap nodig om de display's aan te sturen, de display's kunnen rechtstreeks op het IC worden aangesloten. Voor de segmentensturing zijn dan ook veel aansluitpennen nodig en de IC's zitten daarom in een 40-pens DIL-behuizing. Deze behuizing met de aansluitgegevens is te zien in afb. 1, waaruit blijkt dat de IC's alleen verschillen in de functie van pen 21. Voor het IC 7106 is pen 21 de grondplaat (Eng. back plane) display aansluiting, voor het IC 7107 de voedingsnul aansluiting. De aansluitpennen voor de display's hebben de voor LED-display's gebruikelijke codering (zie ook afb. 3), de index geeft aan bij welk display het segment hoort, de nummering van de display's volgt uit afb. 3.

De functie van de overige aansluitpennen is niet zo duidelijk. De fabrikant vond het voldoende een toepassingsvoorbeeld te geven van de IC's en te vermelden dat de IC's de volgende eigenschappen hebben:

- Automatische polariteitsaanduiding.
- Automatische nul aanduiding bij 0 V ingangsspanning.

- $3\frac{1}{2}$ Digit A-D converter, nauwkeurig tot op 0,05%, A-D converter is opgebouwd volgens CMOS techniek en gebruikt de dual-slope methode.

- Meetbereik overschrijding wordt aangegeven door het doven van de laatste drie cijfers.

- Lage vermogensopname: 1 mA bij 10 V.

Aansluitgegevens

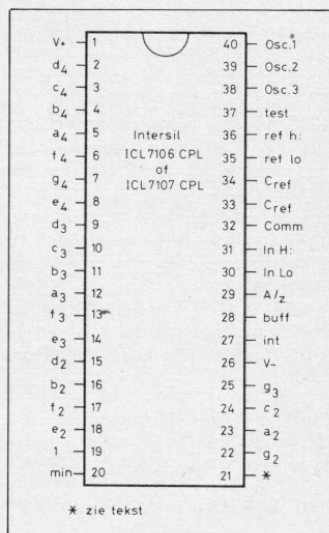
Hoe het een en ander in het IC is gerealiseerd, vond de fabrikant niet nodig aan de gebruiker te laten weten. Het schijnt een gewoonte te worden om van fabriekszijde niets te willen vertellen over het inwendige van gecompliceerde IC's, vaak zelfs geen blokschema, maar zich te beperken tot een toepassingsvoorbeeld. Deze tendens is zeer verwerpelijk, wil een IC volledig tot zijn recht komen, dan moet de gebruiker echt wel iets van de werking weten. Het werken met zwarte blokjes zonder iets van het inwendige te kennen is ook niet erg bevredigend.

Dus fabrikanten, meer informatie s.v.p.!

Toch is er door nadenken en nadenken wel iets te zeggen over de aansluitpennen van het IC.

Pen 38, 39 en 40 zijn de aansluitingen voor de frequentiebepalende weerstand en condensator van de klokoscillator.

De klokfrequentie is ongeveer 50 kHz. Pen 33 en 34 zijn de aansluitpunten



afb. 1. Functie van de aansluitpennen van de 7106 en de 7107.

voor de condensator in de integrator van de AD-converter, waarover straks meer.

Op pen 36 wordt de referentiespanning voor de AD-converter aangesloten. De waarde van deze referentiespanning bepaalt het ingangsmmeetbereik. De referentiespanning moet namelijk de helft van het positieve ingangsbereik zijn. In het toepassingsvoorbeeld (afb. 2 of 3) is de referentiespanning bijvoorbeeld + 100 mV en het ingangsmmeetbereik $\pm 199,9$ mV. Als de referentiespanning 1,000 V wordt gekozen, is het ingangsbereik 1,999 V. De referentiespanning wordt van de positieve voedingsspanning afgeleid door een spanningsdeler, bestaande uit een weerstand R1 van 24 k Ω en een meerslageninstelpotmeter van 1 k Ω , R4. Deze spanningsdeler is zo gedimensioneerd dat de referen-

afb. 2. Schakeling rond de 7106.

afb. 3. Schakeling rond de 7107.

tiespanning precies in het midden van het instelpotmeterbereik zit. Nu is $24 \text{ k}\Omega$ geen standaardwaarde, maar een weerstand van $22 \text{ k}\Omega$ en een van $1,8 \text{ k}\Omega$ in serie voldoen ook wel. Erg belangrijk is dit niet, als de referentiespanning maar op de gewenste waarde, hier $+100 \text{ mV}$ kan worden afgeregeld. Instelpotmeter R4 moet wel een meerslagentype zijn, een gewone instelpotmeter is over langere tijd niet stabiel genoeg.

Pen 35 is de min aansluiting van de referentiespanning, deze wordt op de common (pen 32) en de nul aangesloten.

Pen 27, 28 en 29 zijn de aansluitpunten voor enige componenten die helpen bij de automatische nulcorrectie.

Het IC 7106

Over pen 21 is reeds gesproken. Hieruit blijkt het verschil tussen het IC 7106 en het IC 7107 dat ook in de toepassingsvoorbeelden tot uiting komt (afb. 2 en 3). Opmerkelijk is het weinige aantal componenten dat verder nodig is om een digitale voltmeter (vaak afgekort tot DVM) te bouwen. Bij gebruik van het IC 7106 en een LCD-display is het stroomverbruik kleiner dan 2 mA , zodat batterijvoeding mogelijk is. Daar ook negatieve spanningen door de DVM kunnen worden gemeten, ligt de meetnul (= in laag) halverwege de batterijspanning van 9 V . De automatische nulcorrectie zorgt hier voor. Door de mogelijkheid van batterijvoeding is het IC 7106 zeer goed toe te passen in draagbare meetapparaten, die niet van de netspanning afhankelijk zijn. Mocht het IC 7106 toch vanuit het net worden gevoed en wordt de DVM gelijk met andere schakelingen vanuit dezelfde voeding van stroom voorzien, moet wel een symmetrische voeding van $\pm 5 \text{ V}$ worden toegepast. De voe-

dingsnul wordt dan op de meetnul aangesloten.

Het IC 7107

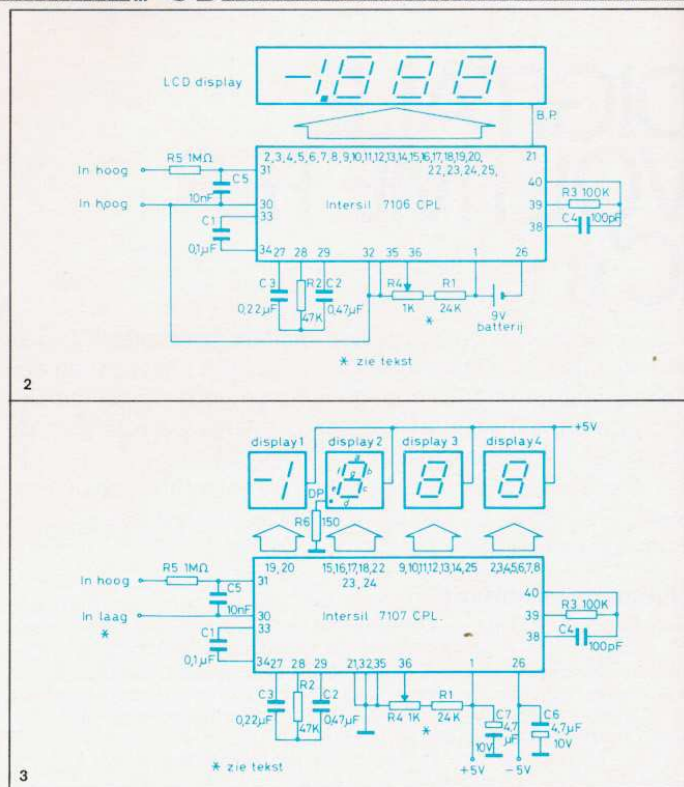
Pen 21 is bij het IC 7107 de voedingsnul, er is voor dit IC altijd een dubbele voeding nodig van $\pm 5 \text{ V}$. Batterijvoeding is ook niet erg praktisch, de LED-displays gebruiken gauw zo'n 200 mA . Wel is de segmentstroom in het IC beperkt tot 8 mA , zodat geen stroombeperkende weerstanden nodig zijn. Vergelijking tussen afb. 2 en 3 zal veel overeenkomsten opleveren, toch verschillen de schakelingen enigszins. Allereerst is de voedingswijze verschillend. Verder is de meetnul (pen 30: in laag) in afb. 3 niet met de voedingsnul verbonden. Dit is wel noodzakelijk, maar de verbinding tussen voedingsnul en meetnul mag pas op de plaats waar wordt gemeten tot stand komen. De reden hiervoor is dat de forse displaystromen door de voedingsnulverbindingen lopen en door de inwendige weerstand van deze verbindingen kan een kleine spanningsval optreden.

Zonder meer doorverbinden van voedingsnul en meetnul levert dan meetfouten op, als er spanningsverschillen over de voedingsnulverbindingen bestaan.

Als de voeding niet dichtbij de DVM staat, zijn de condensatoren C6 en C7 nodig ter ont koppeling van de voeding.

De werking van de dual-slope A-D converter

Zoals reeds is gezegd, is de fabrikant zeer geheimzinnig over het inwendige van het IC. De precieze werking van de A-D converter is dan ook niet te vertellen en we beperken ons tot het algemene principe van een dual-slope A-D converter. De werking wordt duidelijk gemaakt aan de hand van afb. 4 en 5. Centraal staat een opamp integrator, de condensator C is de condensator C1 uit de toepassingsvoorbeelden. Voor een vaste negatieve ingangsspanning V_{in} vertoont de uitgangsspanning van de integrator een stijging volgens:



afb. 4. Schematische opbouw van een dual-slope A-D converter.

afb. 5. Tijdsverloop van de verschillende spanningen in een dual-slope A-D converter.

$$(1) \quad V_{int} = -\frac{V_{in}}{R \cdot C}$$

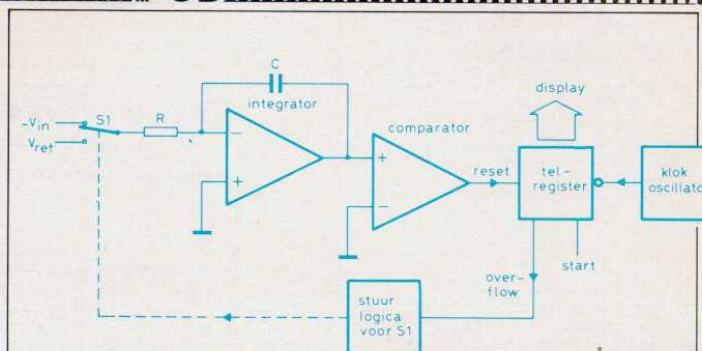
De ingang van de integrator wordt door een elektronische schakelaar verbonden met de ingangsspanning, of een referentiespanning (pen 36). Als de uitgangsspanning van de integrator groter is dan 0 V, is de uitgang van de op de integrator aangesloten comparator hoog, anders laag. De comparator is op de vrijgave ingang van een telregister aangesloten, bij een hoog comparator-signaal worden de klokpulsen door het register geteld, anders worden ze geblokkeerd. Als de capaciteit van het register wordt overschreden, het register is 'vol,' dan wordt de overflow uitgang van het register hoog en begint het register weer vanaf nul te tellen, waarbij de overflow wel hoog blijft. De overflow stuurt de elektronische schakelaar S1 zo dat, als de overflow hoog wordt, de integrator op de referentiespanning V_{ref} wordt aangesloten.

Het omzetten van analoge naar digitale waarde gaat als volgt. We gaan er van uit dat de uitgangsspanning van de integrator negatief is en S1 de integrator met de (geïnverteerde) ingangsspanning V_{in} verbindt. Volgens formule (1) gaat de uitgangsspanning van de integrator stijgen nadat S1 door een start-sigitaal is gesloten (afb. 5).

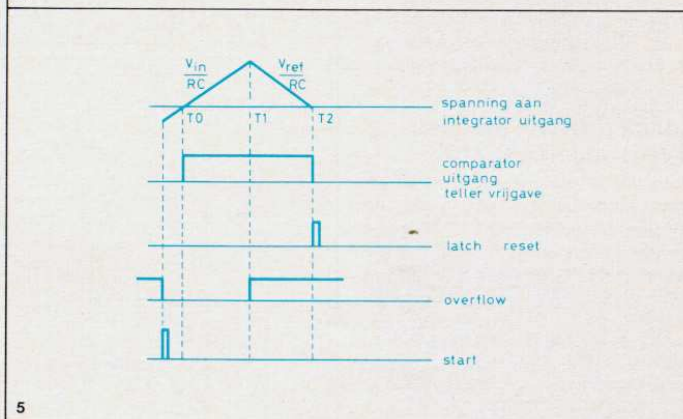
Als de uitgangsspanning van de integrator boven de nul volt komt, klapt de comparator om en gaat het telregister klokpulsen tellen. Dit gaat door tot het telregister op tijdstip T_1 is en de overflow hoog wordt. De uitgangsspanning van de integrator daalt nu volgens:

$$(2) \quad V_{int} = -\frac{V_{ref}}{R \cdot C}$$

tot weer de nul volt wordt bereikt en



4



5

de comparatoruitgang op tijdstip T_1 laag wordt. Het register stopt met tellen maar houdt wel de inhoud, het totaal aantal getelde klokpulsen, vast. Vanaf het tijdstip T_0 is de uitgangsspanning van de integrator volgens (1) gestegen, deze stijging is ongedaan gemaakt door de daling volgens (2). Gelijktellen levert:

$$\left. \begin{aligned} \text{Stijging} &= (T_1 - T_0) \frac{V_{in}}{RC} \\ \text{Daling} &= (T_2 - T_1) \frac{V_{ref}}{RC} \end{aligned} \right\} \text{Gelijktellen}$$

$$(3) \quad (T_2 - T_1) = \frac{V_{in}}{V_{ref}} (T_1 - T_0)$$

Hieruit blijkt dat de tijd $T_2 - T_1$ evenredig is met de ingangsspanning. Het register heeft een inhoud aan getelde

klokpulsen die evenredig is met de tijd $T_2 - T_1$ omdat op het tijdstip T_1 het register leeg was (in feite overgelopen, maar door de overflow leeg wat betreft de lagere cijfers, en het tellen ophield op tijdstip T_2).

De inhoud van het telregister is dus evenredig met de ingangsspanning! Deze A-D conversie methode, de dualslope wordt genoemd naar het volgens twee zaagtanden verloopend integratiesignaal (afb.5), is vrij ongevoelig voor veranderingen in de waarden van R en C (ze komen in (3) niet voor!) en van de klokfrequentie. Dit komt doordat een verandering in de klokfrequentie net zoveel invloed heeft op $(T_2 - T_1)$ als op $(T_1 - T_0)$. Het tijdstip T_1 wordt immers bepaald door het overlopen van het register en is zo afhankelijk van de klokfrequentie. De klokfrequentie moet wel van T_0 tot T_2 constant blijven. Hf-ruis op de ingangsspanning wordt door de integratie weggefilterd. Bromstoring van 50 Hz wordt ook onderdrukt als de tijd $(T_1 - T_0)$ een veelvoud

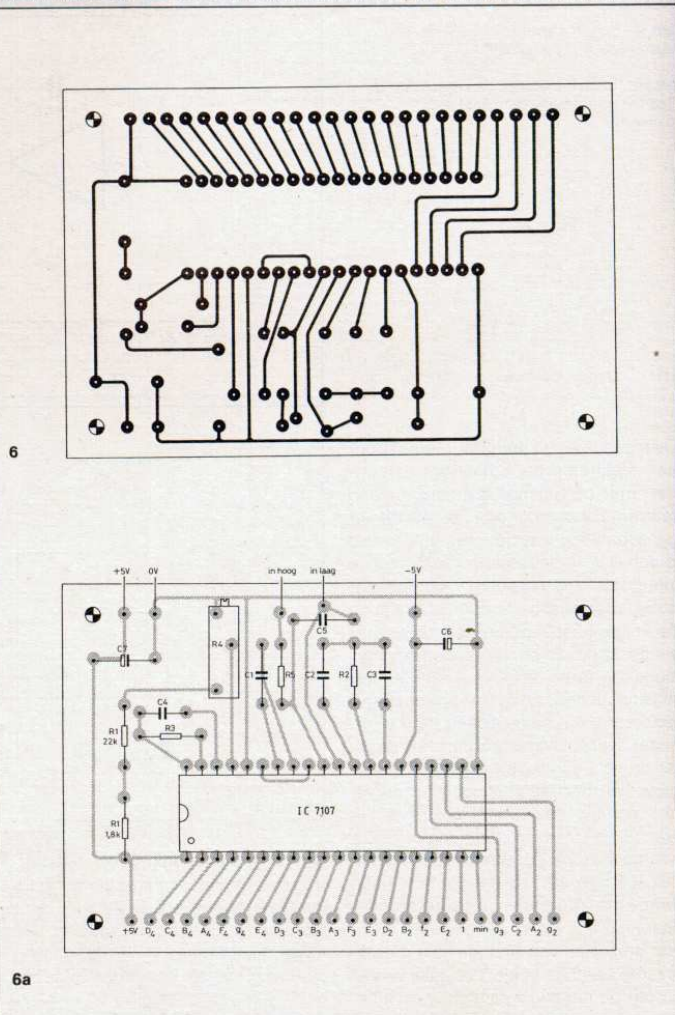
afb. 6. IC-print (7107), schaal 1:1.

afb. 6A. Componentenopstelling IC-print.

van de 50 Hz frequentie is. Dit houdt in dat de klokfrequentie een veelvoud van de netfrequentie moet zijn. In het toepassingsvoorbeeld is dit niet het geval, een aanpassen van de weerstand R3 bij de klokoscillator is hiervoor nodig.

Een praktische (paneel) DVM rond het IC 7107

Het IC 7106 wordt vrijwel alleen in kitvorm, compleet met LCD-display en print, aangeboden. Het IC 7107 is ook los verkrijgbaar. De voor het IC 7107 benodigde LED-display's zijn van het common-anode type, vrij goedkoop en in vele soorten verkrijgbaar. Alleen het eerste display, dat het minteken en de één moet aangeven, kan problemen opleveren. Een gewoon zevensegment display kan hier ook voor worden gebruikt door het g-segment als minteken te gebruiken en het b- en c-segment als één. De in deze praktische toepassing gebruikte display's zijn de DL707 van Litronics. Op de print passen ook zonder meer de DL1A van Litronics, de HP7730 en HP7750 van Hewlett - Packard en de Man1, Man5 en Man7 van Monsanto, evenals de Til302 van Texas Instruments. Dit overzicht is niet volledig, de meeste display's die in een IC-voetje passen zullen wel bruikbaar zijn, alleen de plaats van de punt (links of rechts) kan verschillen. Mocht u andere, grotere, display's willen gebruiken, dan is de displayprint niet bruikbaar, de IC print wel. De DVM is namelijk uit twee printen opgebouwd, die met de koperzijde naar elkaar toe tegen elkaar worden gemonteerd. Op de IC print (afb. 6) is het IC en de bijbehorende componenten (afb. 6a) volgens het toepassingsvoorbeeld geplaatst. Voor de instelpotmeter is ruimte voor een gangbare kleine uitvoering. Zoals reeds vermeld is wordt weerstand R1 opgebouwd uit

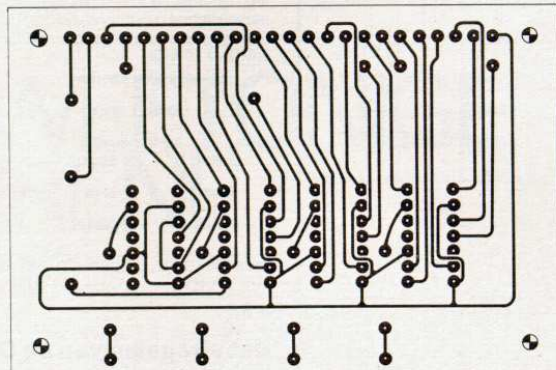


een serie combinatie van 22 k Ω en 1,8 k Ω .

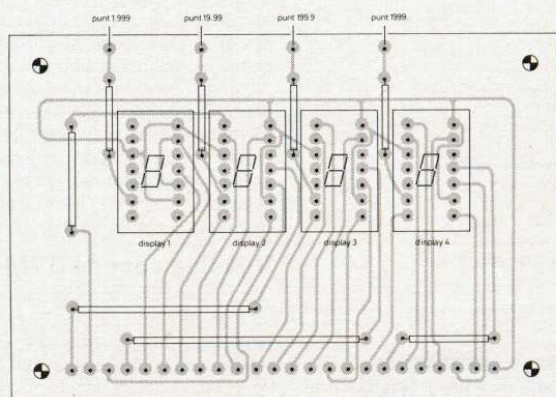
Het IC moet een beetje voorzichtig worden behandeld, een IC-voet is nodig en de aansluitpennen kunnen beter niet met de hand worden aangeraakt. De display's zijn op een aparte print geplaatst (zie afb. 7 en 7a). Dit heeft twee voordelen. Ten eerste kan de DVM erg klein worden door het achter elkaar plaatsen van de printen. Ten tweede kan de IC print ook worden gebruikt als andere display's worden toegepast. Op de display-print waren een paar draadbruggen onvermijdelijk, vergeet ze echter niet!

Als de printen volgens de componen-

tenopstellingen bestukt zijn, worden de twee printen met elkaar doorverbonden via een aantal draadbruggen (zie afb. 9). Daarna worden de printen met de koperzijde naar elkaar toegevoegd. In de hoekgaten kunnen lange M3 bouten worden aangebracht, waardoor de printen mechanisch met elkaar worden verbonden. Door de M3 bouten aan de zijde van de displayprint naar voren te laten steken, is het mogelijk de DVM op de frontplaat te bevestigen (zie afb. 10 en 11). Op deze wijze is een zeer compacte DVM ontstaan met een gevoeligheid van $\pm 199,9$ mV, die voor zo'n f 110,- is te bouwen.



7



7a

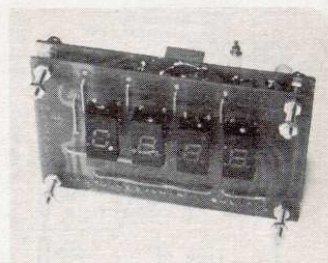
afb. 7. Display-print, schaal 1:1.

afb. 7A. Componentenopstelling display-print.

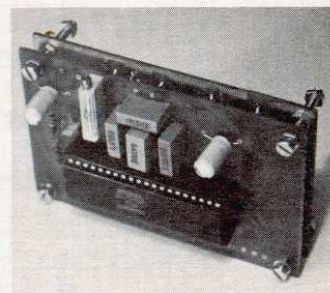
afb. 9. Montageschets hoe de twee printen met elkaar te verbinden.

afb. 10. De DVM aan de voorzijde.

afb. 11. De DVM aan de achterzijde.



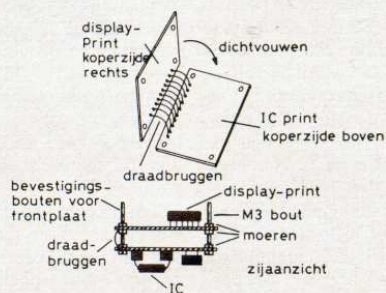
10

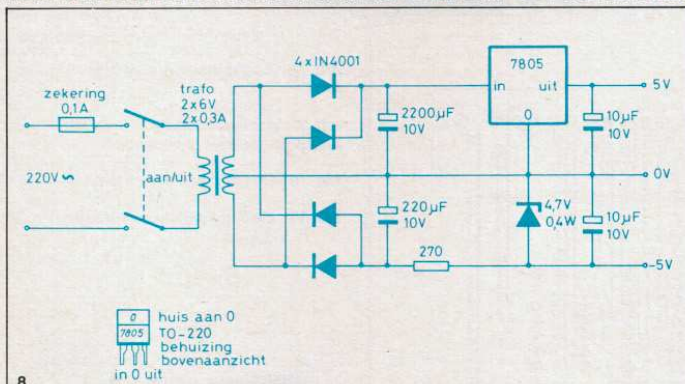


11

Uitbreiding met meerdere meetbereiken

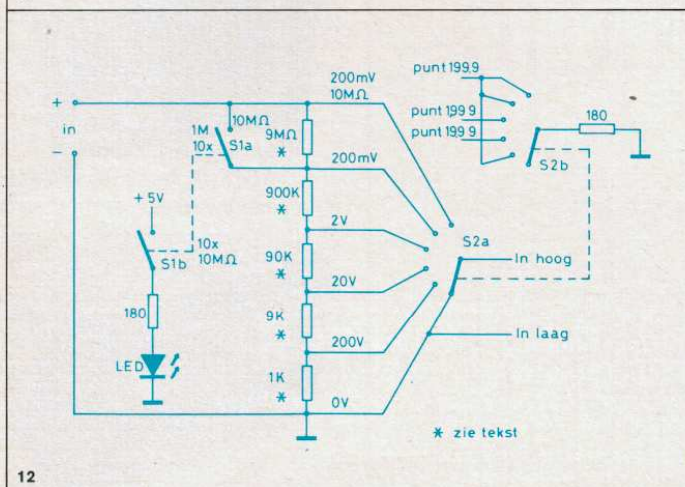
Als de DVM als paneelmeter wordt gebruikt is aanpassen van het ingangs- bereik mogelijk door de referentiespan- ning aan te passen, zoals reeds is be- schreven. Om een DVM met meerde- re meetbereiken te krijgen moet een spanningsdeler worden toegevoegd. Een daarvoor geschikte schakeling is te zien in afb. 12. Met schakelaar S1 kan worden gekozen uit een ingangs- impedantie van 1 M Ω en 10 M Ω . In de 1 M Ω stand zijn de meetbereiken $\pm 199,9$ mV, $\pm 1,999$ V, $\pm 19,99$ V en $\pm 199,9$ V. Bij schakelaar S2 (de meet-





afb. 8. Een eenvoudige voeding voor de DVM rond het IC 7107.

afb. 12. Een voorzetschakeling om verschillende meetbereiken met de DVM te realiseren met een ingangsimpedantie van 1 MΩ of 10 MΩ.



bereiken omschakelaar) zijn deze ingangsbereiken vermeld. In de stand 10 MΩ is de spanningsdeler uitgebreid met nog een tiendeling zodat de bovengenoemde meetbereiken met 10 worden vermenigvuldigd, vandaar de aanduiding 10 MΩ, 10 x, bij schakelaar S1. Om ook in de 10 MΩ stand een gevoeligheid van 199,9 mV te houden is aan schakelaar S2 een extra stand toegevoegd: 10 MΩ, 200 mV. Gelijk met de meetbereiken wordt de punt bij de display's omgeschakeld om het aflezen te vereenvoudigen. De reden voor het toepassen van twee ingangsimpedanties is dat in de 10 MΩ stand de belasting van het meetpunt zeer klein is, maar de storingsgevoeligheid (50 Hz!) veel groter. In de stand 10 MΩ is het ingangsbereik ook uitgebreid tot ± 2000V. De weerstanden in de spanningsdeler moeten zo nauwkeurig mogelijk zijn, de verkrijgbaarheid van deze

waarden kan echter een probleem zijn. De waarde van 1 kΩ 1 % zal wel te krijgen zijn, de waarden van 9 kΩ en hoger niet zo makkelijk. De oplossing kan zijn weerstanden uit de 1 % metaalfilm E-96 reeks te nemen, de geschikte waarden zijn dan 1,02 kΩ en 9,09 kΩ en hoger. De deelfactor wordt dan 0,1008, een te verwaarlozen fout. Ook bruikbaar zijn 1kΩ/1% metaalfilmweerstand en voor de 9 kΩ twee weerstanden van 18 kΩ parallel. Voor de hogere weerstanden wordt ook een parallelcombinatie genomen. De nauwkeurigheid van de DVM wordt door de spanningsdeler wel wat minder goed. De weerstand van 9 MΩ zal helemaal wel een probleem zijn, een combinatie van een vaste weerstand van 820 kΩ en een meerslageninstelpotmeter zal vaak de enige oplossing zijn. De potmeter kan worden afgeregeld door

omschakelen tussen de stand 199,9 mV, 1 MΩ en de stand 199,9 mV; 10 MΩ.

Het afregelen van de DVM

Kunt u aan een andere DVM komen, dan is het afregelen geen probleem. De spanning tussen pen 35 en 36 moet met instelpotmeter R4 op 100,0 mV worden afgeregeld. Als u nergens een DVM kunt lenen, dan kan de ijking ook met een goede universeelmeter gebeuren, het resultaat is dan wel minder goed. De ijking kan nu worden uitgevoerd door een ingangsspanning gelijk met DVM en de universeelmeter te meten en de DVM af te regelen op gelijke uitslag. Met een goede universeelmeter kan dit best voldoende nauwkeurig zijn tot op 1 %.

Voeding voor de DVM

Het IC zelf gebruikt maar heel weinig stroom, de display's belasten de positieve 5 V voeding behoorlijk. Daar de referentiespanning ook van de positieve voeding wordt afgeleid, moet de positieve voeding goed worden gestabiliseerd. In afb. 8 is een geschikte voeding te zien. De positieve voeding wordt verzorgd door een IC-spanningsregelaar 7805, de negatieve voeding is al goed genoeg met een zener.