

LOGITESTER

TESTER VOOR DIGITALE SCHAKELINGEN

H. J. C. OTTEN

Bij het opzetten en controleren van digitale schakelingen moeten we vaak meerdere punten tegelijk testen, waarvoor meerdere indicatoren, in het hier beschreven testapparaat vier, nodig zijn.

De test bestaat uit een statische en een dynamische test. De statische test is een hoogohmige meting van de spanning op het testpunt, waarbij wordt aangegeven of de spanning laag ('0'), onbepaald of hoog ('1') is.

De dynamische test bestaat uit het zichtbaar maken van pulsen, ook zeer korte worden door verlengen zichtbaar. Het is mogelijk het testpunt met een simpele telschakeling te verbinden waardoor pulsen kunnen worden geteld, een handige manier om bijvoorbeeld contactdender van een schakelaar te ontdekken.

Deze simpele tester maakt het mogelijk met wat nadenken metingen te verrichten, waar anders een snelle en dure oscilloscoop voor nodig zou zijn.

Digitale testapparaten

Digitale testapparaten zijn er in vele varianten: verschillend in prijs, prestaties en behuizing. Hieronder valt niet alleen de handzame 0-1-tester in een soort behuizing als van een balpen, maar ook de zogenoemde logic analyzer met geheugen, microprocessor, vele ingangskanalen en beeldscherm-uitleeseenheid. Voor de hier beschreven digitale tester is een tussenoplossing gekozen, 0-1 testen is mogelijk maar voor meerdere testpunten tegelijk. Kortstondige pulsen worden ook zichtbaar gemaakt en een eenvoudige teller maakt het mogelijk pulsen te tellen. De uitleeseenheid bestaat uit een aantal LED's en een zeven segment LED-uitlezing. De digitale tester is in afb. 1 aan het werk te zien bij het testen van een proefschakeling.

0-1-test

In een digitale schakeling zijn twee ingangscondities toegestaan: 0 of 1, ook wel respectievelijk laag en hoog. Voor TTL-IC's en alle aan TTL aangepaste IC's betekenen 0 en 1 als conditie voor de ingangsspanning:

$U_{in} < 0,8 \text{ V}$ = ingang is laag (of 0),
 $U_{in} > 2,4 \text{ V}$ = ingang is hoog (of 1).

Ingangsspanningen tussen 0,8 V en 2,4 V zijn niet toegestaan, de ingangsconditie is dan onbepaald, we noemen dit: open. De tester zal onderscheid moeten kunnen maken tussen deze drie ingangscondities: laag, open of hoog.

In afb. 2 is te zien hoe met twee comparatoren en een NAND-poort de ingangsconditie op drie LED's zichtbaar wordt gemaakt.

Een comparator heeft de eigenschap dat de uitgang laag is als de spanning op de -ingang hoger is dan de spanning op de +ingang. De uitgang is

afb. 1 De digitale tester in gebruik.

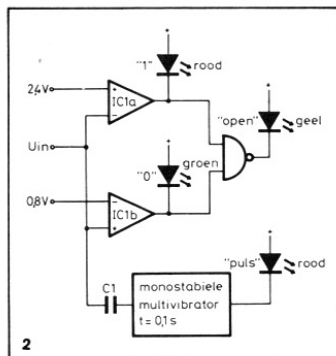


logitester

afb. 2 Principe van de 0-1-test en de pulstest.

afb. 3 Totaal schema.

tabel 1 De waarheidstabel van de 0-1-test. LED brandt is 0 en LED brandt niet is 1.



hoog als de spanning op de -ingang lager is dan de spanning op de +ingang.

Op de +ingang van IC1a staat een vaste spanning van 2,4 V, op de -ingang van IC1b staat een vaste spanning van 0,8 V. De ingangsspanning U_{in} wordt zowel aan de -ingang van IC1a toegevoerd als aan de +ingang van IC1b.

Als U_{in} lager dan 0,8 V is, is de uitgang van IC1a hoog en de uitgang van IC1b laag. De groene LED ('0') gaat dan branden.

Als U_{in} groter dan 2,4 V is, zal de uitgang van IC1a laag zijn en de uitgang van IC1b hoog. De rode LED ('1') zal gaan branden.

Als U_{in} groter dan 0,8 V maar kleiner dan 2,4 V is, zijn de uitgangen van beide comparatoren hoog. De uitgang van de NAND-poort kan alleen bij deze ingangsspanning laag worden, waardoor de gele LED ('open') gaat branden.

Met drie LED's zijn de ingangscondities laag, open en hoog op deze wijze te onderscheiden. Voor de duidelijkheid is het bovenstaande samengevat in tabel 1.

Testen van pulsen

Voor niet te snelle overgangen van laag

naar hoog en omgekeerd geven de hoog-laag-LED's een goed beeld van de gebeurtenissen op het testpunt. Kortstondige pulsen zijn niet meer met het oog te onderscheiden. Daarom wordt de ingangsspanning via condensator C1 naar een monostabiele multivibrator gevoerd. Van een 1 naar 0 overgang maakt deze een puls van ongeveer 0,1 s, die op een LED zichtbaar is (puls).

Onzichtbaar korte pulsen worden zo uitgerekt in tijdsduur waardoor ze zijn te ontdekken.

Het koppelen van de ingangsspanning aan de ingang van de monostabiele multivibrator heeft als voordeel dat de ingangsspanning niet zwaar wordt belast als dit via een condensator gebeurt. De tester is dus geschikt voor CMOS-schakelingen.

Teller

Het testpunt kan ook via een schakelaar met de klokking van een tienteller worden verbonden (zie afb. 3). De stand van de tienteller wordt via een decoder, 7447, zichtbaar gemaakt op een zeven segment LED-uitlesing. De teller belast het testpunt met één TTL-belasting.

Het nut van de teller zal duidelijk worden bij het bespreken van het gebruik van de digitale tester.

Totaal schema

Afb. 3 laat het prinsipschema zien van de volledige digitale tester. Hierin kunnen we viermaal de 0-1-tester en pulstester herkennen uit afb. 2.

Voor de comparatoren is een redelijk goed verkrijgbaar IC gekozen, type LM339. Dit IC heeft vele voordelen:

- vier comparatoren in één behuizing,
- geschikt voor voedingsspanningen van 5 V,
- ingangsspanningen mogen tot de voedingsspanning komen,
- open collector uitgangen met een maximale uitgangsstroom van 15 mA, geschikt om een LED te sturen,
- laaggeprijsd, ongeveer f 1,25 per comparator.

De vaste spanningen van 0,8 V en 2,4 V worden van de +5 V voedingspanning afgeleid met de spanningsdeler R4, R5 en R6. Voor de duidelijkheid zijn deze weerstanden viermaal in het schema opgenomen, maar het is dezelfde spanningsdeler die dienst

doet voor alle 0-1-testers.

De LED's zijn via 220 Ω weerstanden met de +5 V voedingsspanning verbonden, waardoor de stroom door de LED's wordt beperkt tot ongeveer 12 mA.

De 0-1-tester is tegen te hoge ingangsspanningen beschermd door weerstand R1 en de dioden D5 en D6. Als de ingang van de 0-1-tester nergens mee verbonden is, zorgt de hoogohmige spanningsdeler R2 en R3 ervoor dat de ingang op 1,5 V wordt gebracht. Een open ingang van de 0-1-tester zal zich dus uiten door het oplichten van de open-LED.

De ingangsimpedantie van de tester wordt ook bepaald door deze spanningsdeler en is ongeveer 0,5 M Ω .

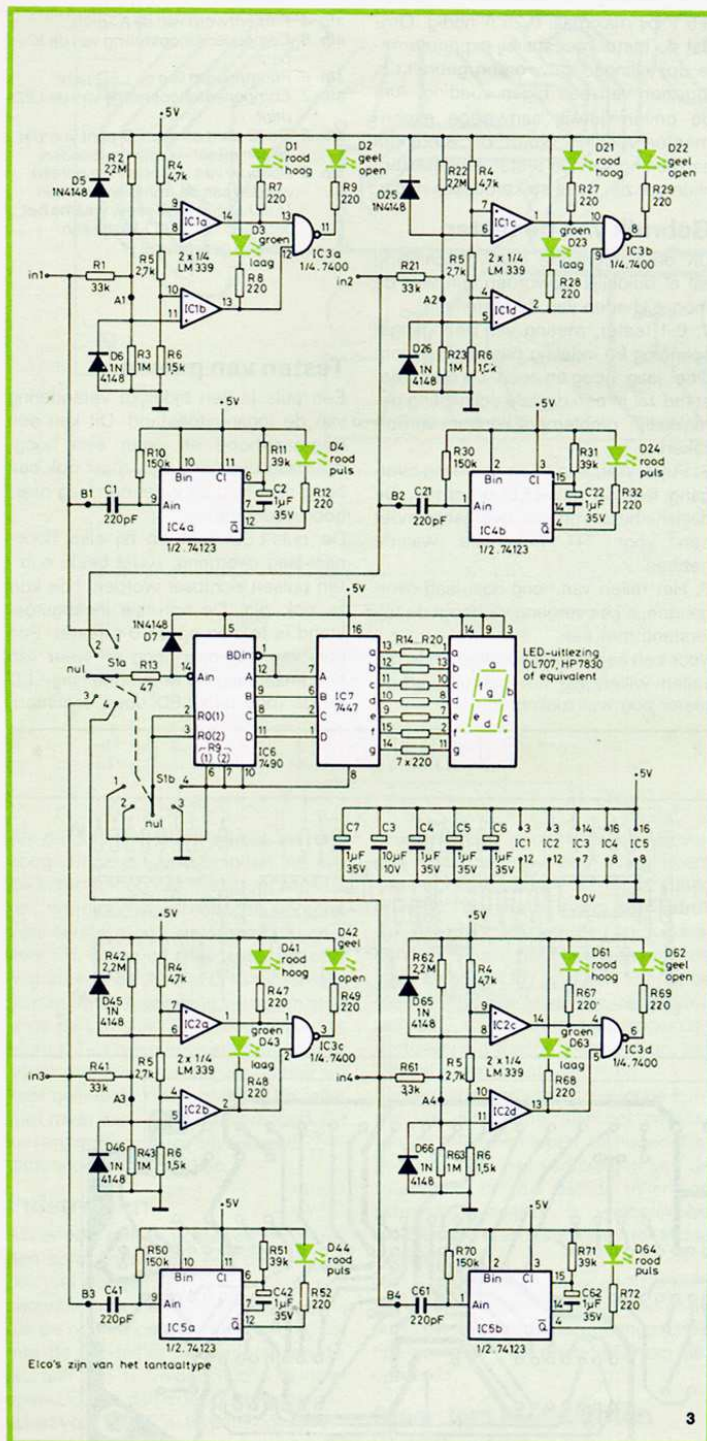
De pulstester is met een 74123 IC opgebouwd, de puls wordt op de A-ingang gezet. De monostabiele multivibrator reageert op de hoog-naar-laag overgangen, en geeft daarop een puls van 0,1 s af. Door de LED op de Q-uitgang aan te sluiten licht de puls-LED op. Het ingangssignaal is via een condensator van 220 pF aan de monostabiele multivibrator gekoppeld, zodat alleen snelle overgangen op de ingang van de monostabiele multivibrator komen.

De teller is de bekende teldecade combinatie van tienteller 7490, decoder 7447 en LED-uitlesing. Op welke ingang de teller wordt aangesloten is te kiezen met schakelaar S1. De middenstand is de resetstand, de teller wordt op nul gezet door de resetingangen open te laten. In plaats van een vijfstandenschakelaar kan ook een zesstandenschakelaar worden gebruikt met twee resetstanden. Dit kan zin hebben als een zesstandenschakelaar gemakkelijker is te verkrijgen. Het aansluiten van de teller aan een ingang heeft tot gevolg dat de hoogohmige meting verandert in een belasting met een TTL-ingang.

De teller is tegen te hoge ingangsspan-

Tabel 1

U_{in}	Uitgang IC1a LED 'hoog'	Uitgang IC1b LED 'laag'	Uitgang NAND-poort LED 'open'
$U_{in} < 0,8 \text{ V}$	1	0	1
$0,8 < U_{in} < 2,4 \text{ V}$	1	1	0
$U_{in} > 2,4 \text{ V}$	0	1	1



ningen beschermd door weerstand R13, diode D7 en de interne beschermingsdiode van de 7490.

Bouw van de tester

De schakeling van de tester is over twee printen verdeeld. Op de ene print, de LED-print, zijn de LED's, de zevensegment uitgezing en een aantal weerstanden en dioden geplaatst.

Op de andere print heeft de rest van de schakeling een plaats gevonden. De LED-print wordt vlak achter de frontplaat gemonteerd, de LED's steken door de frontplaat naar buiten. De andere print, de IC-print, wordt weer achter de LED-print gemonteerd.

LED-print

In afb. 6 is het printontwerp van de LED-print te zien, in afb. 7 de componentenopstelling. Op de LED-print worden, zoals de naam al doet vermoeden, alle LED's geplaatst. Er zijn twee soorten LED's toegepast, voor de laag-, open- en hoog-LED's zijn zogenoemde "schaallicht-LED's" toegepast. De combinatie van drie kleuren geeft een duidelijke indicatie in de vorm van een balk. Deze schaal-LED's zijn voordelig bij Bipak Semiconductors in Assen te verkrijgen. Deze LED's kunnen eventueel vervangen worden door gewone 3 mm LED's. Voor de puls-LED is een gewone rode 3 mm LED toegepast.

De LED-print is niet mooi rechthoekig zoals ook uit de foto (afb. 8, onder) blijkt. De uitsparingen in de hoeken waren nodig om de print in de behuizing te laten passen. De vier ronde gaten dienen om de stekerbussen voor de ingangen door te laten. De LED-print wordt met drie lange M3-bouten met de frontplaat en de IC-print verbonden, in afb. 9 is dit rechtsboven te zien.

De LED's moeten met een beetje aandacht worden vastgesoldeerd. Omdat ze door de frontplaat steken, kan het beste eerst de frontplaat op maat worden gemaakt met de gaten op de juiste plaatsen. De LED's worden dan vastgesoldeerd met print en frontplaat aan elkaar verbonden, zodat ze op de goede plaats komen te zitten. Maak de LED's niet te warm, anders begeeft de behuizing het. Tussen LED-print en de ingangsstekerbussen moeten draadverbindingen worden gelegd, de punten op de LED-print zijn in de componentenopstelling In1 tot In4 genoemd.

logitester

Van de ingangsstekerbussen worden draadverbindingen gelegd naar schakelaar S1.

De voedingsaansluitingen worden ook met de LED-print via draadverbindingen verbonden.

Voor de zevensegment uitlezing kan een rood stukje plexiglas worden gelijmd, waardoor de cijfers duidelijker zijn af te lezen. De afstand tussen LED-print en frontplaat kan het beste hierop worden afgestemd.

De uitsparing rechtsonder in de LED-print dient om ruimte te bieden aan schakelaar S1.

IC-print

De rest van de schakeling is op de IC-print geplaatst. Het printontwerp is in afb. 4 te vinden, de componentenopstelling in afb. 5. Afb. 8 boven geeft een indruk hoe de print er uit ziet voor dat deze met de LED-print wordt verbonden. Tussen LED- en IC-print zijn een groot aantal verbindingen nodig. De meeste worden aan de bovenzijde van de printen gemaakt met een aantal draadbruggen, in afb. 9 zijn deze goed te zien.

Verder worden er nog draadverbindingen gelegd tussen een aantal punten op de beide printen met dezelfde aanduiding, deze aanduidingen zijn ook in het totaalschema (afb. 3) opgenomen: A1 met A1 verbinden etc.

Let op de juiste stand van de IC's, IC1 is bijvoorbeeld andersom geplaatst. Tussen schakelaar S1 en de IC-print moeten drie verbindingen worden gelegd, rechtsonderaan op de componentenopstelling (afb. 5) aangegeven.

Voeding

De schakeling heeft een voeding van

+5 V bij maximaal 0,25 A nodig. Omdat de tester meestal bij experimentele opstellingen zal worden gebruikt is afgezien van een eigen voeding. Aan de onvermijdelijk aanwezige experimenteervoeding wordt de voedingsaansluiting van de tester aangesloten. Hiervoor zijn twee stekerbussen nodig.

Gebruik van de tester

Uit de voorgaande bouwbeschrijving zal al duidelijk geworden zijn wat de mogelijkheden van de tester zijn:

1. 0-1-tester, meting van de ingangsspanning en indeling naar ingangsconditie: laag, hoog en open. De open toestand zal in een digitale schakeling gemakkelijk problemen kunnen veroorzaken.
2. Pulstester, een hoog-naar-laag overgang laat de puls-LED oplichten. De daalsnelheid van de overgang moet een voor TTL minimale waarde hebben.
3. Het tellen van hoog-naar-laag overgangen, elke overgang verhoogt de tellerstand met één.

Voor een aantal veel voorkomende gevallen willen we het gebruik van de tester nog wat toelichten.

afb. 4 Printontwerp van de IC-print.

afb. 5 Componentenopstelling van de IC-print.

afb. 6 Printontwerp van de LED-print.

afb. 7 Componentenopstelling van de LED-print.

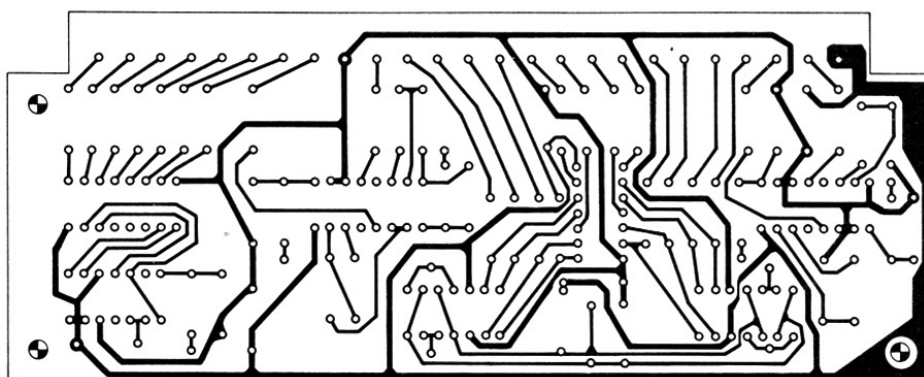
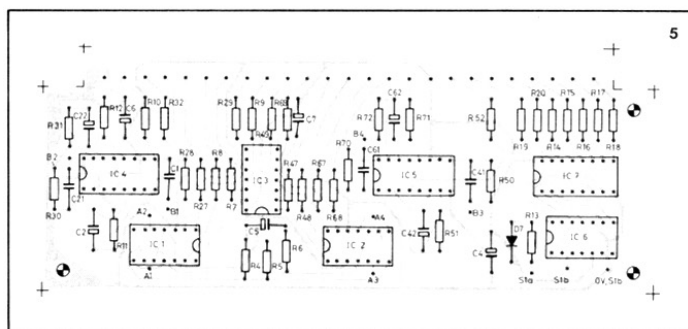
afb. 8 De IC-print en de LED-print voordat ze aan elkaar worden verbonden.

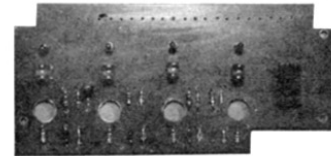
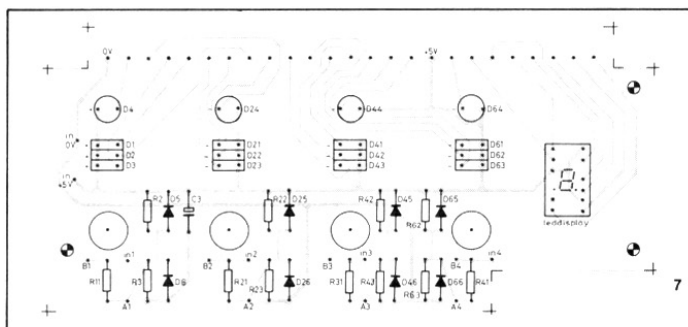
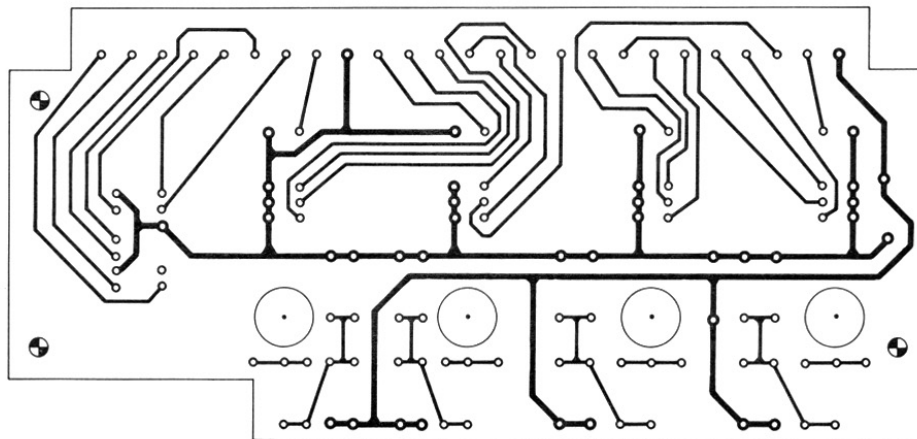
afb. 9 Opbouw van de tester. De printen worden aan de frontplaat van een TEK0-kastje bevestigd, waarna het geheel in het TEK0-kastje kan worden geschoven.

Testen van pulsen

Een puls is een tijdelijke verandering van de ingangstoestand. Dit kan een laag-naar-hoog en weer een hoog-naar-laag overgang zijn, maar ook een hoog-naar-laag en weer een laag-naar-hoog overgang.

De puls-LED licht op bij elke hoog-naar-laag overgang, zodat beide soorten pulsen zichtbaar worden, hoe kort ze ook zijn. De normale ingangstoestand is te zien op de 0-1-tester. Een puls van laag-naar-hoog en weer van hoog-naar-laag zal de groene laag-LED en de rode puls-LED doen oplichten.





Als de puls lang duurt zal ook de rode hoog-LED even gaan branden. Als we de teller ook op het meetpunt aansluiten worden twee metingen verricht. Ten eerste wordt het meetpunt met één TTL-belasting getest: als de puls nog steeds de puls-LED kan laten oplichten en de tellerstand verhogen, dan is de puls in staat TTL-schakelingen te sturen. Ten tweede wordt getest of er soms meerdere pulsen vlak achter elkaar aanwezig zijn, waardoor de teller met meer dan één wordt verhoogd. Dit kan erg nuttig zijn om bijvoorbeeld contactdender te ontdekken.

Pulstreinen

Als er veel pulsen achter elkaar optreden spreken we van een pulstrein of ook wel blokgolf. Het aantal pulsen per seconde is de herhalingsfrequentie. Als de herhalingsfrequentie laag is, zal met de 0-1-tester het verloop van de blokgolf zijn te volgen. Licht de gele open-LED op, dan is de pulstrein niet geschikt voor TTL-IC's. Bij een hogere herhalingsfrequentie zal de puls-LED con-

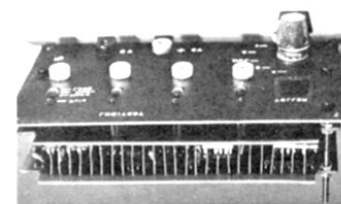
tinu oplichten door het snelle opvolgen van hoog-naar-laag overgangen. Ook de LED's van de 0-1-tester zullen branden. We kunnen wel een indruk van de duty-cycle van de blokgolf krijgen door naar de intensiteit van de laag- en hoog-LED te kijken. Brandt de rode hoog-LED feller dan de groene laag-LED, dan duurt de puls langer dan de tussentijd tussen twee pulsen, het signaal is de langste tijd hoog.

Bij een lage herhalingsfrequentie kunnen we, als we de teller ook aansluiten, de teller zien lopen. Bij hogere frequenties gaat het verspringen van de tellerstand zo snel dat de teller een acht zal aanwijzen, in werkelijkheid worden alle standen vlug achter elkaar doorlopen.

De belasting die de teller geeft is echter weer nuttig om te ontdekken of de pulstrein geen verboden ingangscondities geeft, de gele open-LED mag niet oplichten.

Meerdere meetpunten

We hebben de beschikking over vier 0-



1-testers en vier pulstesters, zodat vier meetpunten tegelijk in de gaten kunnen worden gehouden. Als we bijvoorbeeld de stand van een deler (7490 of 7493 bijvoorbeeld) willen zien kunnen we dit eenvoudig uitvoeren. Door de teller op de klokingang aan te sluiten, is het aantal klokpulsen bekend en kan de juiste werking van de deler worden gecontroleerd.

Het meeste profijt is van de tester te verwachten als de klokfrequentie van de digitale schakeling laag is of tijdelijk laag te maken is.

Op de 0-1-testers is het verloop van de diverse in- en uitgangscondities dan goed te volgen.

RECTIFICATIE

In het augustusnummer is een foutje geslopen in het artikel "Logitester" op blz. 7. Er is een koperbaantje vergeten in het printontwerp, afb. 4 op blz. 10, tussen de pennen 2, 3, 10, 11 en 16 van IC5. Al deze pennen dienen met elkaar te worden doorverbonden, om belangrijke delen van spanning te voorzien. Verder dienen in afb. 3 de aansluitingen 6 en 7 van de IC's 4 en 5 onderling te worden verwisseld evenals de punten 1 en 6 van IC7.