

ELEKTUUR

maandblad voor elektronica



**zelfbouw-converter
voor satelliet-TV**

computerskoop

voor Commodore, BBC, Electron en MSX

8-kanaals A/D-omzetter

voor home-computers met seriële interface

de geheugenskoop

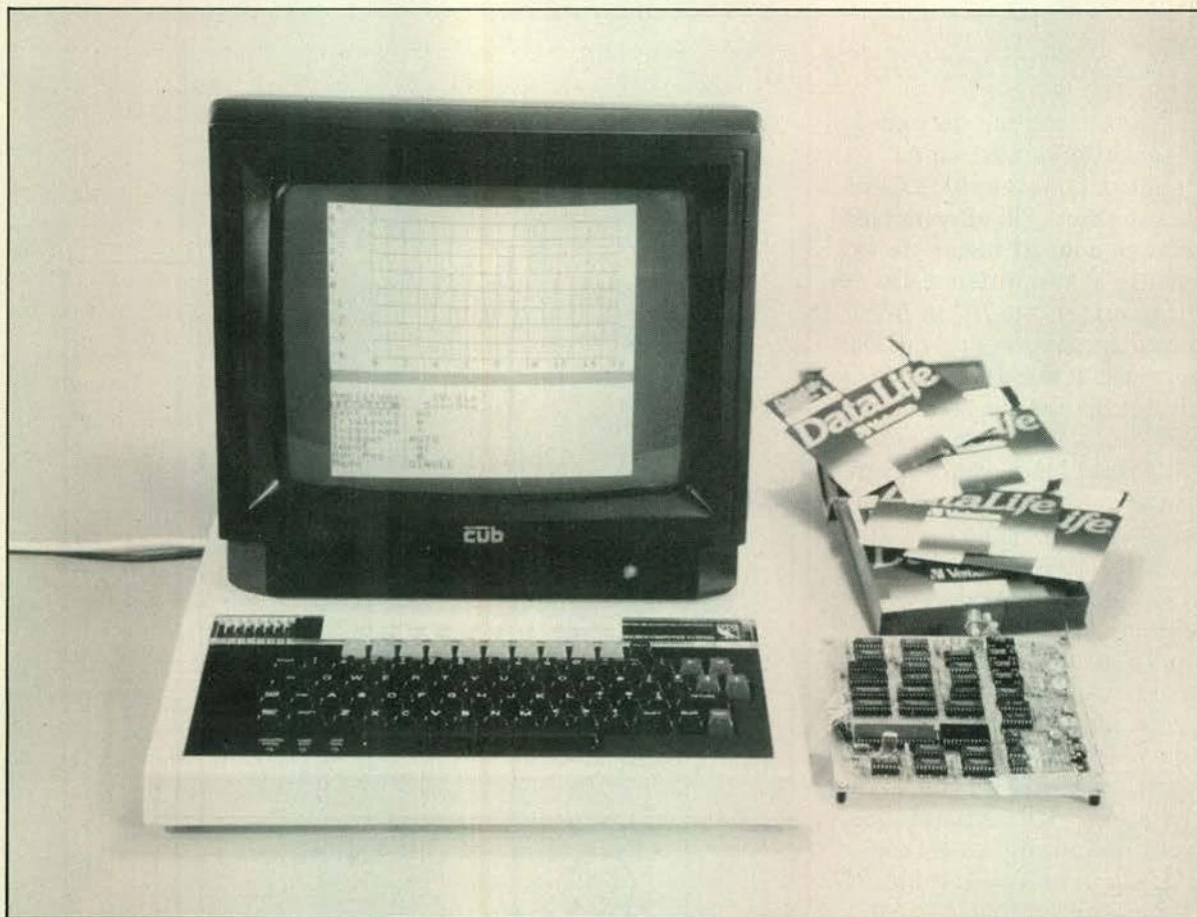
nader bekeken

gitaar-equalizer

COMPUTER- SKOOP

R. van Linden

analoge
signalen
digitaal
verwerkt



Een van de meest praktische meetinstrumenten voor de elektronica-hobbyist is zonder twijfel de oscilloscoop. Nu de computer in de meeste hobbykamertjes is doorgedrongen, kunnen we deze uitstekend gebruiken als basis voor een gecomputeriseerde koop. De koppeling tussen computer en meetsignaal wordt verzorgd door een pientere schakeling. Samen vormen ze: de computer-skoop.

Elektronica is een vrij ondoorzichtige geschiedenis, aangezien elektronen voor ons oog niet zichtbaar zijn. Wil men kunnen meten aan elektronische schakelingen, dan zijn hiervoor "speciale" meetinstrumenten nodig. Voor de meeste van onze lezers zijn dingen als

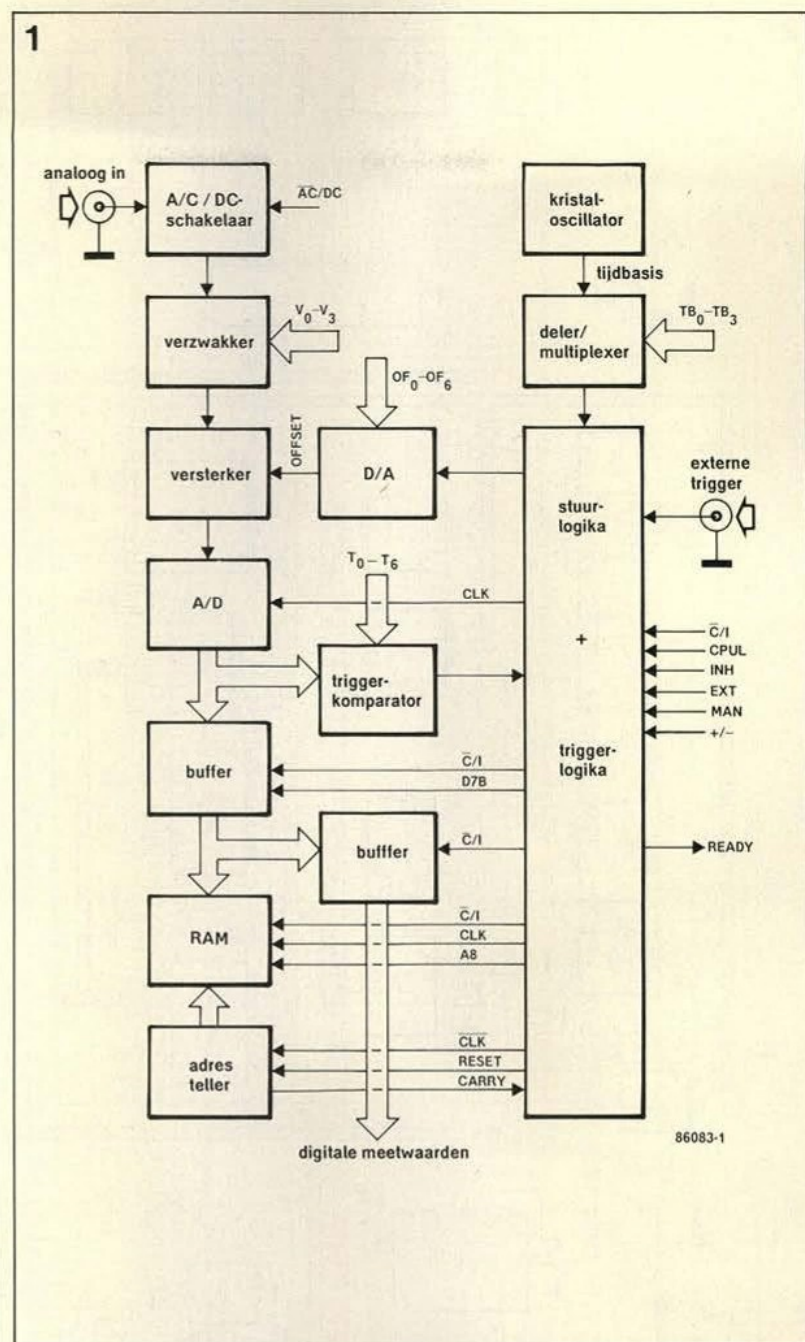
een multimeter en een koopapparaten waarvan dagelijks gebruik wordt gemaakt, daar hoeven we eigenlijk niets meer over te vertellen. De populariteit van onze instrumenten uit de "meetserie" laat wel zien hoeveel belangstelling voor elektronische meetapparatuur

bestaat. Nu kun je een heleboel meetinstrumenten zelf bouwen, met uitzondering van een koop. Dat is een moeilijke zaak, mede door de aanwezigheid van een beeldbuis en het bijbehorende hoogspanningsgedeelte. Een kant-en-klare koop kost toch zeker zo'n

f 1000,—, een bedrag dat niet iedereen hiervoor wil uitgeven. Men koopt daar bijvoorbeeld liever een computer met monitor voor, want daar kun je veel meer dingen mee doen. Inderdaad, het is zelfs mogelijk om de computer als scoop dienst te laten doen, zoals we hier en in het volgende nummer van *Elektuur* zullen laten zien. Een beeldscherm voor de weergave is er al, en de moderne computer kan heel goed overweg met grafische plaatjes. Het enige dat dus nog ontbreekt is een schakeling die het te meten signaal in een digitale vorm opslaat in een geheugen, waarna de computer dat geheugen kan uitlezen en die gegevens zichtbaar maakt op het scherm. Hoe eenvoudig dit ook mag klinken, in werkelijkheid komt er wel iets meer kijken bij de realisatie van zo'n schakeling. Er moet met heel wat punten rekening worden gehouden. Zo was het bijvoorbeeld de bedoeling om de bediening van de scoop geheel via het toetsenbord van de computer te laten verlopen. Verder moest een ruim frekwentiebereik worden bestreken (minstens 1 MHz) en moest de schakeling geschikt zijn voor de meeste gangbare computers. Een intelligent programma verzorgt de besturing van het geheel. De computer-scoop wordt gepresenteerd in twee delen. Deze maand bespreken we de algemene opzet plus het schema van de complete schakeling. In het tweede deel volgt dan de bouwbeschrijving en afregeling. Ook de opzet van de software zal hierbij kort worden besproken. A propos software: elke koper van een EPS-print voor de computer-scoop ontvangt daarbij een complete listing (op papier) voor de BBC, de Electron, de Commodore 64 en de MSX-machines!

De blokken van het schema

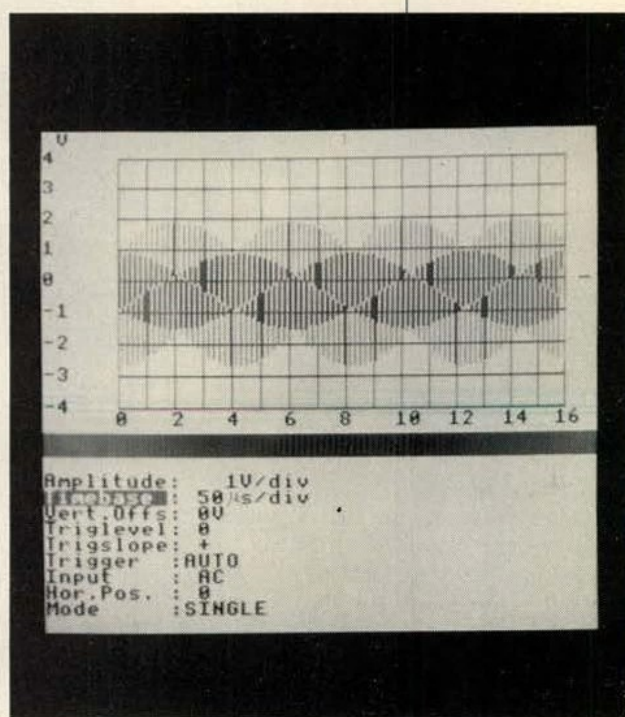
Aan de hand van het blokschema in figuur 1 geven we eerst een globaal overzicht van de



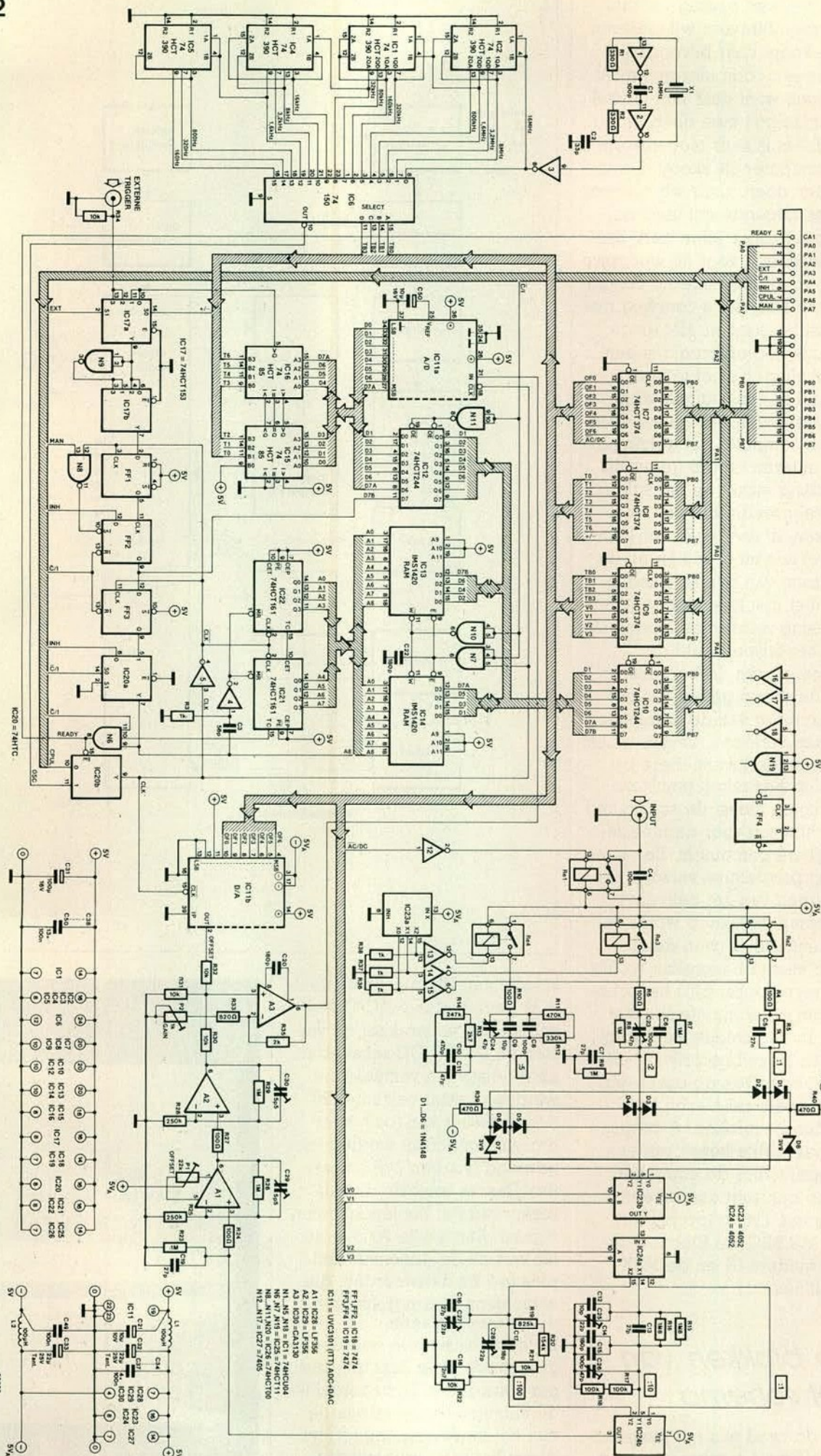
Figuur 1. Het blokschema van de scoop-schakeling. Zo op het eerste gezicht lijkt het allemaal vrij eenvoudig.

schakeling. Het ingangsgedeelte is puur analoog: AC/DC-schakelaar, verzwakker en versterker. De AC/DC-schakelaar en de mate van verzwakking worden digitaal bestuurd. Bij de versterker kan (ook weer digitaal) een offset worden toegevoegd (via een D/A-omzetter). Daarna volgt de digitalisering van het binnengekomen signaal. Een snelle A/D-omzetter vertaalt de genomen samples in 7-bit-datawoorden, die vervolgens in een geheugen worden opgeslagen.

De gedigitaliseerde waarden gaan verder nog naar een trigger-komparator. Deze vergelijkt de momentele signaalwaarde met het ingestelde triggernivo. Wordt het triggernivo gepasseerd (in positieve of negatieve



2



zin, afhankelijk van de ingestelde triggerflank, op- of neergaand), dan wordt de informatie in de juiste volgorde opgeslagen in het geheugen met behulp van een adresteller. Het achtste bit van elk byte geeft aan wanneer getriggerd werd.

Het geheugen bestaat uit twee delen van elk 256 bytes. In het eerste gedeelte staan 256 meetpunten vóór het triggerpunt en in het tweede gedeelte 256 meetpunten na het triggerpunt. Men heeft zo de mogelijkheid om ook een stuk van het signaal vóór het triggermoment te bekijken (pre- en post-triggering). Een uitgebreide adressering verzorgt het volschrijven en uitlezen van het geheugen in de juiste volgorde.

Natuurlijk mag bij een koop een tijdbasis niet ontbreken. Zestien tijden zijn mogelijk, allemaal afgeleid van een kristaloscillator.

De communicatie tussen de koop-schakeling en de computer geschiedt via twee 8-bits I/O-bussen. De meeste computers kunnen op deze wijze met de koop-schakeling worden verbonden.

De gehele koop wordt via software gestuurd. Een menu-achtige opzet geeft de gebruiker de mogelijkheid om met slechts enkele toetsen alle meetparameters te kunnen instellen (zoals zichtbaar is op de foto aan het begin van dit artikel).

De schakeling

In figuur 2 vinden we het schema van de hele schakeling. Alle componenten worden straks ondergebracht op een print van dubbel eurokaart-formaat.

De ingang zit voor de verandering midden in het schema. Meteen daaraan hangt de AC/DC-schakelaar. Deze bestaat uit een condensator die kan worden overbrugd door middel van een DIL-relais (Rel). Daarna volgt de ingangsverzwakker. Hij bestaat uit twee delen, een eerste trap die een faktor één, twee of vijf kan ver-

zwakken en een tweede trap die één, tien of honderd keer kan verzwakken. Door middel van enkele multiplexers (IC23 en IC24) kan men vanuit de computer de verzwakking van de twee trappen instellen. IC23a en b worden beide omgeschakeld door de lijnen V0 en V1, terwijl de twee multiplexers in IC24 worden omgeschakeld door de lijnen V2 en V3. Op deze wijze kan een gevoeligheid worden ingesteld van 10 mV/div tot 5 V/div. Aan de ingangen van de eerste delertrap zijn relais in plaats van multiplexers toegepast in verband met de maximale ingangsspanning die op deze punten mag komen te staan. De dioden D1...D8 beschermen de ingangen tegen te hoge spanningen. Diverse condensatoren en trimmers in de beide verzwakkersecties zorgen voor een compensatie bij de weergave van bloksignalen.

Aan de uitgang van de tweede verzwakker staat een signaal met een amplitude van maximaal 80 mV_r. Dit signaal wordt vervolgens versterkt door A1, A2 en A3 tot 2 V_r, zodat we een signaal krijgen dat de A/D-omzetter met een zo hoog mogelijke resolutie kan verwerken. Bij A3 wordt bovendien een offset aan het signaal toegevoegd, waarmee we het signaal straks in de verticale richting over het beeld kunnen laten verschuiven. De offsetspanning wordt geleverd door een D/A-omzetter die samen met de snelle A/D-omzetter voor het signaal in IC11 zit. Via de lijnen OF0...OF6 kan de computer de offset-data naar de D/A-omzetter sturen. Standaard bedraagt de offset 1 V, zodat het binnengekomen meetsignaal exakt in het bereik van de A/D-omzetter valt.

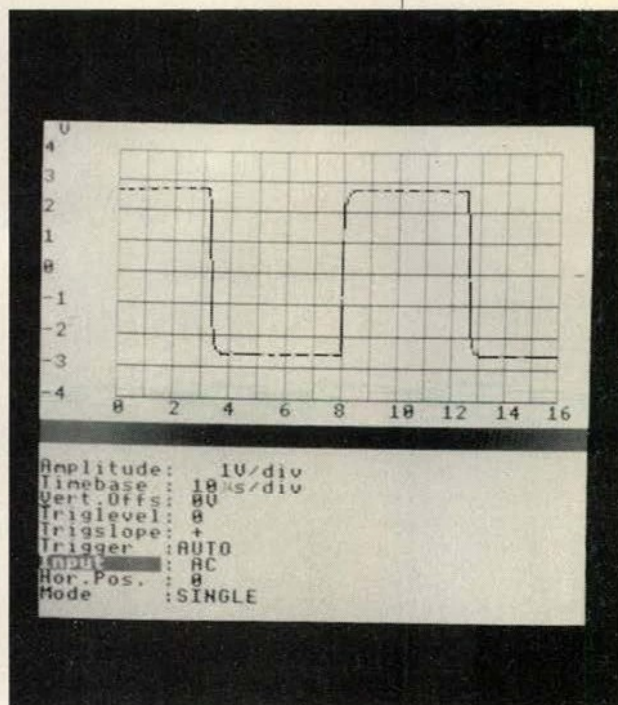
Negatieve waarden kan de omzetter immers niet verwerken. Van de 10 beschikbare bits op de D/A-omzetter worden er hier zeven gebruikt. In verband met de grafische resolutie van de gebruikte computers is dat hier meer dan genoeg.

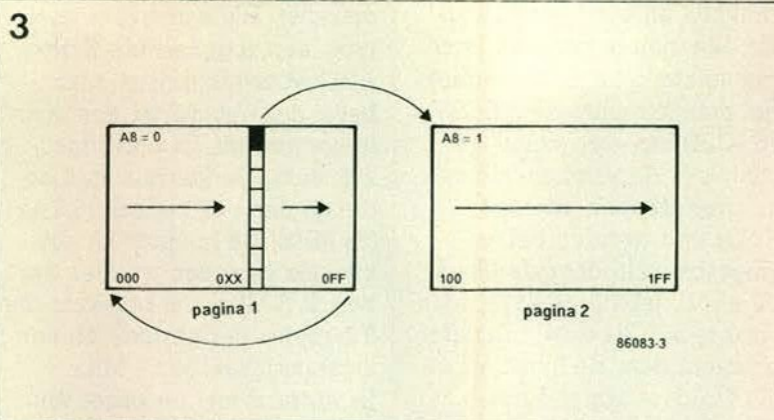
Het uitgangssignaal van A3 gaat vervolgens naar de A/D-

omzetter. Dit is een zeer snel type, een zogenaamde flash-ADC. Voor elk digitaal nivo bevat deze konverter een aparte komparator, in totaal dus 256 stuks. De konversietijd bedraagt dan ook slechts 26,3 ns (38 MHz)! De hoogste klokfrequentie waarmee wij hier werken, is 8 MHz. Dat betekent dus 8 samples per periode bij een ingangssignaal van 1 MHz.

In verband met de opzet van het systeem worden maar 7 bits gebruikt. Voor een nauwkeurige weergave op het scherm is dat voldoende. Het achtste bit wordt straks gebruikt voor het opslaan van de trigger-informatie. De referentiespanning voor de ADC en de DAC wordt door het IC zelf opgewekt. De enige externe component is hier condensator C50.

Voor het geheugengedeelte zijn ook snelle IC's nodig. Hier is gekozen voor het type IMS 1420, een RAM met een access-tijd van 45...55 ns en een capaciteit van 4 K x 4 bit. Twee van deze IC's (IC13 en IC14) zijn parallel geschakeld om een breedte van 8 bits te krijgen. De datalijnen van de RAM's zijn verbonden met de uitgangen van de ADC via de buffer IC12. Van de totale geheugenkapaciteit worden slechts 512 bytes gebruikt voor de opslag van informatie. De resterende geheugenruimte is beschikbaar voor eventuele





Figuur 3. Het geheugen is onderverdeeld in twee stukken. Het eerste gedeelte wordt steeds gebruikt om 256 bytes vóór het triggerpunt op te slaan, terwijl de volgende 256 bytes in het tweede gedeelte worden gezet. Een speciaal trigger-bit geeft aan op welk moment van het eerste naar het tweede gedeelte wordt gesprongen.

latere uitbreidingen die men zelf wil maken. Het digitaliseren en opslaan van het meetsignaal wordt verzorgd door het kloksignaal, dat op zijn beurt wordt geleverd door het tijdbasisgedeelte. Bij de neergaande flank van de klok wordt de konversie van de ADC gestart en de adresteller voor de RAM's (IC21 en IC22) met één verhoogd. Het RAM-geheugen bestaat uit twee "pagina's". Pagina 1 bevat de adressen 000...0FF en pagina 2 de adressen 100...1FF. Zolang geen triggersignaal is ontvangen, wordt pagina 1 steeds volgeschreven. Komt nu het signaal dat er getriggerd is, dan wordt het achtste bit van het bewuste byte "1" gemaakt, waarna naar het begin van de tweede pagina wordt gesprongen (zie figuur 3). Is deze pagina volgeschreven, dan wordt gestopt met het volschrijven van het geheugen en wordt de

computer gemeld dat het schrijven beëindigd is (d.m.v. het READY-sig-naal). Door deze werkwijze hebben we dus altijd de beschikking over 256 meetpunten vóór en 256 meetpunten na het triggerpunt. Nadat de computer het geheugen heeft uitgelezen, kan de volgende schrijfcyclus worden gestart. Om te voorkomen dat er getriggerd wordt zolang nog oude informatie in de eerste pagina staat, wordt de triggering gedurende 256 klok-pulsen geblokkeerd met behulp van het signaal INH. Dit wordt door de computer berekend aan de hand van de tijdbasisstand. De tijdbasis (links in het schema) bestaat uit een kristaloscillator rond N1 en N2, die gevolgd wordt door een aantal 2- en 5-delers (IC2...IC5). Via de multiplexer IC6 kan de computer dan een van de uitgangen van de tijdbasis doorschakelen naar de CLK-lijn van het systeem.

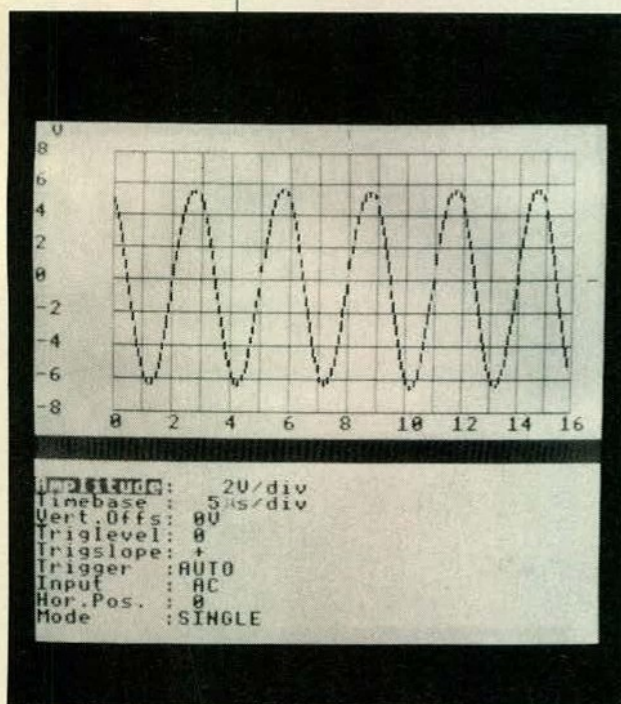
Verder vinden we boven in het schema nog enkele latches (IC7...IC10) voor de uitwisseling van signalen tussen de schakeling en de computer. IC7...IC9 dienen voor het opslaan van data die de computer naar de scoop-schakeling zendt via PB0...PB7. PA0, PA1 en PA2 worden hierbij gebruikt als inleessignalen voor de drie IC's.

IC15 en IC16 vormen samen een 8-bits komparator voor het triggernivo. Vanuit de computer wordt het triggernivo (in digitale vorm) aangeboden aan de komparator. Zodra het ingangssignaal de ingestelde waarde passeert, verandert het uitgangsnivo van de Q-uitgang.

Aan deze flank kan ook herkend worden of het signaal van de onder- of bovenkant het ingestelde triggernivo passeert. Het uitgangssignaal van de komparator gaat naar een dubbele vierkanaals-multiplexer (IC17). Met het eerste gedeelte kan worden gekozen tussen de Q-uitgang van de komparator en de externe trigger-ingang door middel van het EXT-sig-naal. In de tweede gedeelte (IC17b) wordt gekozen tussen de uitgang van de eerste multiplexer en het geïnverteerde uitgangssignaal, waarmee de mogelijkheid is gegeven om te kiezen tussen triggering op de op- of neergaande flank van het ingangssignaal. Het triggersignaal gaat vervolgens naar twee flipflops (FF1 en FF2), waar het gekombineerd wordt met het CLK-sig-naal en het INH-sig-naal. FF2 levert het achtste databit voor de RAM's. Zodra er getriggerd is, wordt deze uitgang "1". Dat achtste databit wordt ook nog eens in een derde flipflop (FF3) geklokt, waarna het (via multiplexer IC20a) gebruikt wordt als negende adresbit voor het geheugen. Tijdens het uitlezen wordt via multiplexer IC20a omgeschakeld naar het INH-sig-naal als negende adreslijn, terwijl bij het schrijven hiervoor de uitgang van de derde flipflop FF3 wordt gebruikt. Het hoog worden van het negende adresbit zorgt tevens voor het resetten van de adresteller door middel van het RC-netwerkje C3/R3. Daarmee is het hardware-schema behandeld. We zullen nu nog een apart stukje wijden aan de diverse stuursignalen die in de schakeling worden gebruikt.

De stuursignalen

In figuur 4 zijn de verbindingen met de computer gegeven, plus de gebruikte aanduidingen voor deze lijnen. Al deze signalen worden kort toege-licht. In totaal worden 17 poortlijnen gebruikt, PA0...PA7, PB0...PB7 en CA1.



MAN — Met dit signaal kan men met de hand triggeren via het toetsenbord. Daardoor wordt via N8 flipflop FF2 geset. N8 zorgt hierbij voor de synchronisatie van het MAN-sig-naal met het CLK-sig-naal in de scoopschakeling.

CPUL — Dit is het door de computer geleverde kloksig-naal voor het uitlezen van de RAM's (gaat naar IC20b).

INH — Met dit signaal wordt de triggering een tijdlang geblokkeerd (via flipflop FF2), zodat eerst 256 nieuwe samples vóór het triggerpunt kunnen worden ingelezen nadat de RAM juist is uitgelezen door de computer.

C/I — Met het C/I-sig-naal wordt door de computer bepaald of de RAM wordt vol-geschreven door de schakeling of wordt uitgelezen door de computer ("0" = uitlezen).

EXT — Een logische één op deze lijn activeert de externe trigger-ingang.

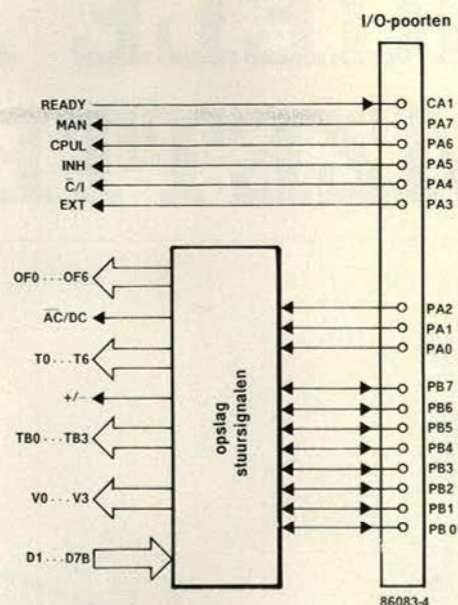
OF0...OF6 — De offset-waarde die via de D/A-omzetter bij het ingangssig-naal wordt opgeteld. De standaard-instelling dient hier 1000000 of 0FFFFFF te zijn, zodat de offset 1 V bedraagt (OF6 = MSB).

AC/DC — Wordt een "1" op deze lijn gezet, dan wordt relais Rel bekrachtigd, zodat condensator C1 wordt over-brugd en gelijkspanningskom-ponenten in het ingangssig-naal worden doorgelaten.

T0...T6 — De data op deze lij-nen bepalen het triggernivo. Voor triggering op de nuldoor-gang van een sig-naal dient de waarde precies op de helft te worden ingesteld (1000000), in verband met de standaard-offset van 1 V (T6 = MSB).
+/- — Met behulp van deze lijn kan men vanuit de computer kiezen tussen triggering op een sig-naal dat van boven of van onderen het ingestelde triggernivo doorkruist.

READY — Met dit sig-naal meldt de schakeling aan de computer dat het schrijven in de RAM is beëindigd en dat begonnen kan worden met het uitlezen. Het interne kloksig-naal wordt op dat moment uit-geschakeld.

4



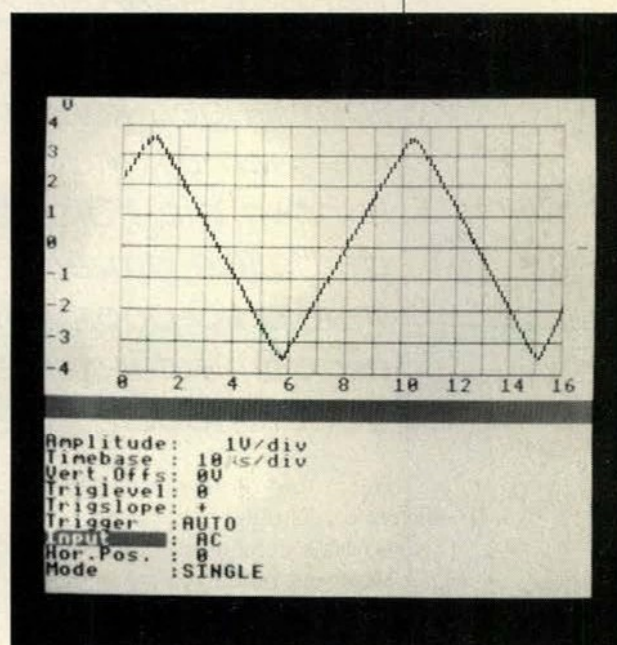
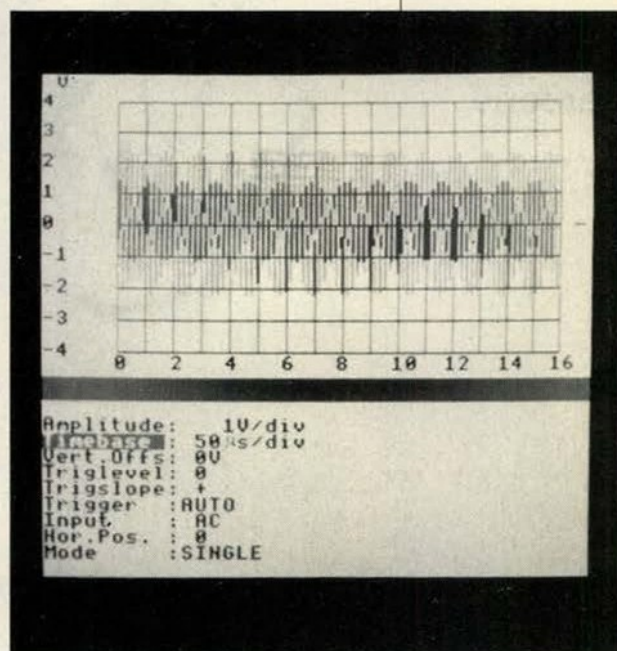
Figuur 4. Hier zijn nog eens alle verbin-dingslijnen tus-sen computer en scoopscha-keling op een rijtje gezet.

TB0...TB3 — Voor het kiezen van de gewenste tijdbasis-uitgang in de scoopschakeling via IC6. 0000 komt overeen met 1 μ s/div, 1111 met 0,1 s/div (TB3 = MSB).

V0...V3 — Instellen van de ingangsgevoeligheid via de multiplexers in de verzwakker-sectie. 0000 betekent 10 mV/div, 1010 5 V/div (V0 = MSB).

D1...D7a, D7b — Datalijnen voor het transport van de gedi-gitaliseerde waarden van de koop-schakeling naar de com-puter (D7a = MSB). D7b bevat het trigger-bit.

Met behulp van deze informa-tie is het mogelijk om een computerprogramma voor de computer-skoop te schrijven. In de meeste gevallen zal dat echter niet nodig zijn, aangezien Elektuur complete programma's zal leveren voor BBC, Electron, C64 en (hoogstwaarschijnlijk) MSX. Maar daarover meer in het tweede deel, waarin ook de opbouw en de afregeling besproken zullen worden.



ELEKTUUR

maandblad voor elektronica

LS-tegenkoppeling
voor zelfbouw

computer
monitor
interface
software

— +
computerskoop

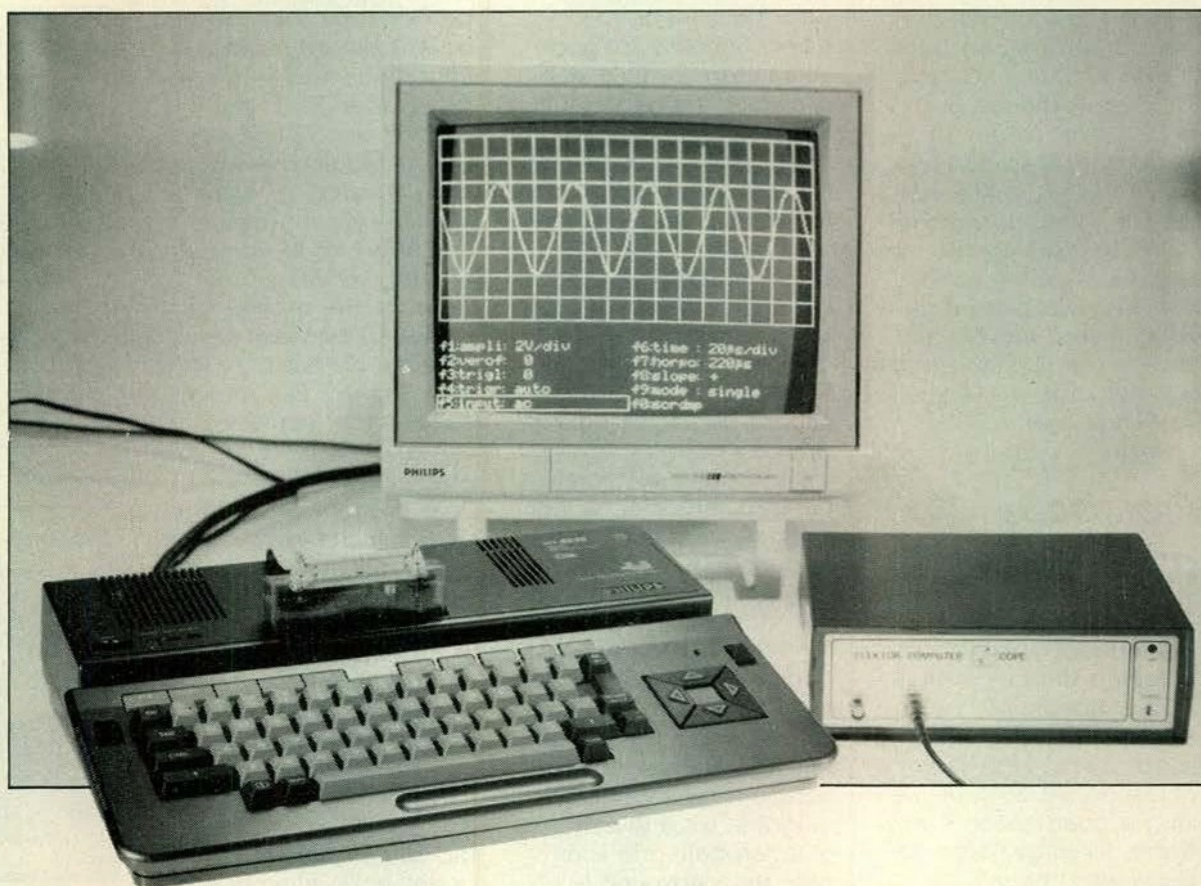


digitale hoogtemeter
annex barometer

C64-relaiskaart

COMPUTER-SKOOP

deel 2



R. van Linden

Nadat we vorige maand een uitgebreide blik hebben geworpen op het schema van de computer-skoop, gaan we nu verder met de praktische kant. Eerst wordt de print opgebouwd, waarna deze door middel van wat software nauwkeurig wordt afgeregeld. Daarna volgt een beschrijving van de software die nodig is om de computer als een oscilloskoop te laten functioneren.

opbouw, afregeling en software

Ofschoon het schema van de computer-skoop niet zo ingewikkeld is (zie het oktobernummer), moeten we bij de opbouw van de print toch nauwkeurig en bedachtzaam te werk gaan. Dat heeft twee redenen. Ten eerste wordt gebruik gemaakt van een vrij hoge klokfrequentie bij het RAM- en A/D-gedeelte. Slordige soldeerverbindingen en ander "geknoei" zijn dan beslist niet aan te bevelen, wil

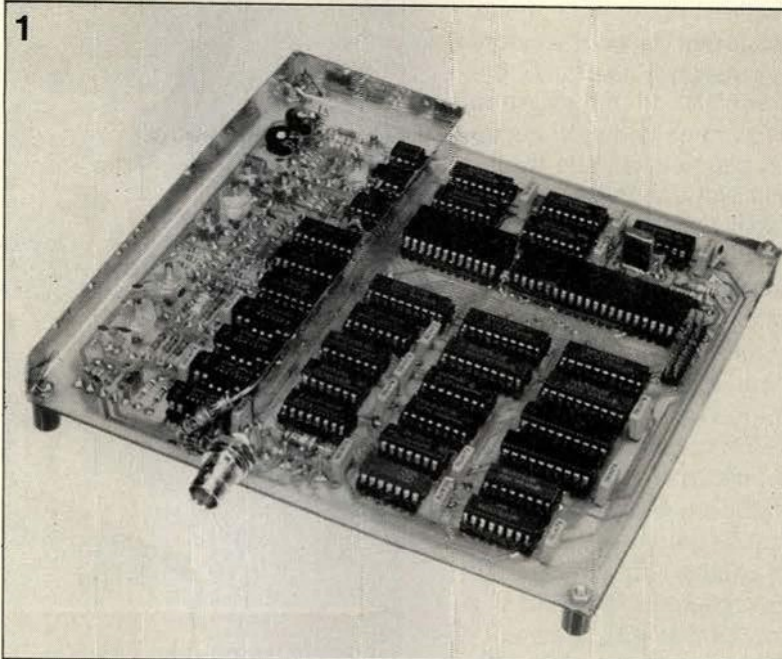
men gegarandeerd zijn van een vlekkeloze werking van de schakeling. En ten tweede moet het verzwakker gedeelte op de print netjes worden opgebouwd, want dat bepaalt in hoofdzaak de nauwkeurigheid van de schakeling. Straks zal dat verzwakker gedeelte ook nog worden afgeschermd tegen invloeden van buitenaf en de rest van de schakeling. Maar nu over naar de opbouw.

De print

In figuur 2 is de print voor de koop-schakeling afgebeeld (alleen de componentenopstelling). In verband met de toch vrij grote hoeveelheid componenten en verbindingen op een tamelijk klein oppervlak is deze dubbelzijdig uitgevoerd en voorzien van doorgemetalliseerde gaten. Zoals we al vaker hebben opgemerkt bij dergelijke printen, is het raadzaam om

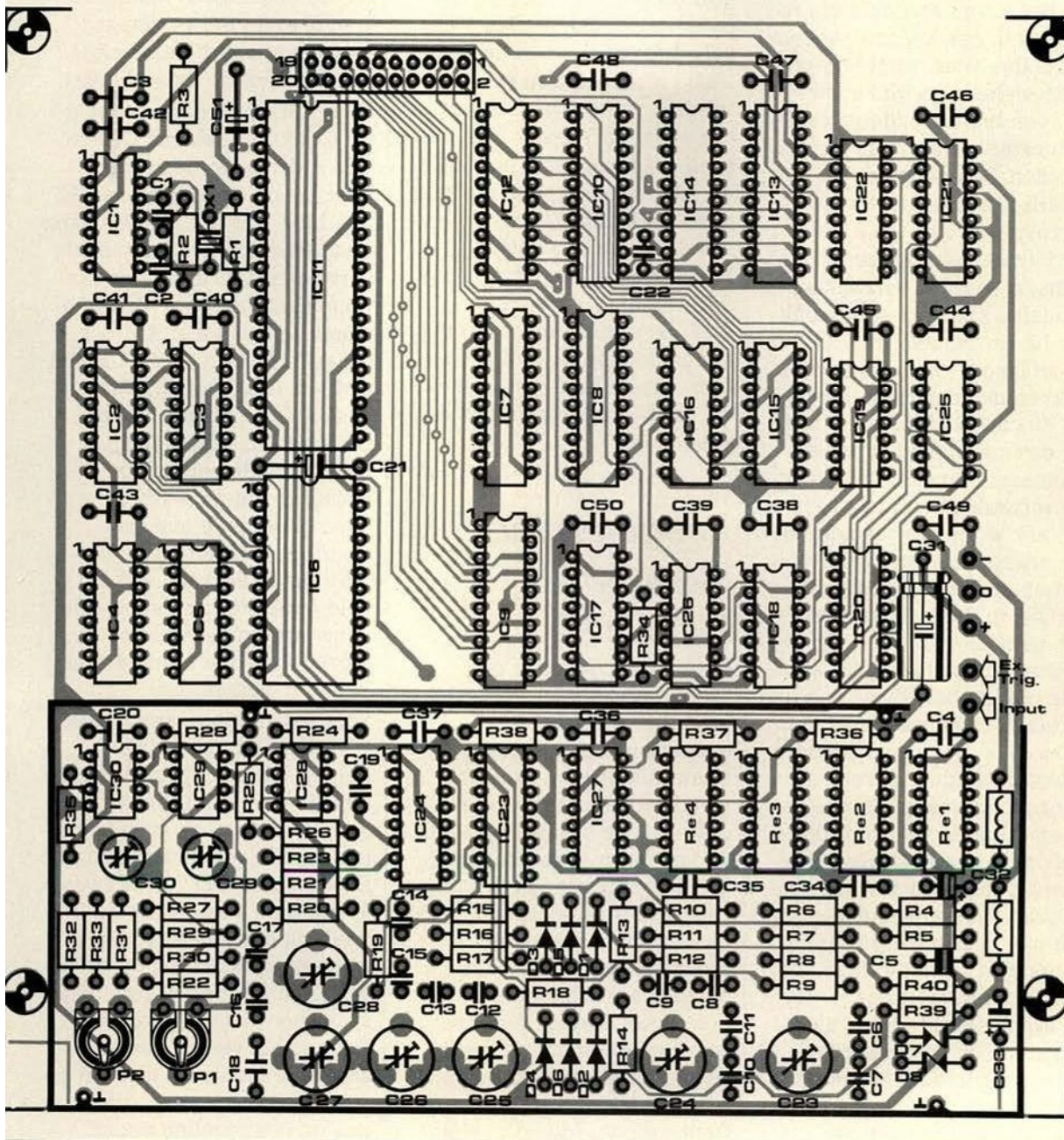
alle gaten eerst "even" door de meten met een multimeter. Het kan namelijk wel eens voorkomen dat ergens een gat niet goed is doorgemetalliseerd, en ga dat later maar eens zoeken als de print eenmaal is gesoldeerd.

Als we dit vervelende karweitje achter de rug hebben, kan begonnen worden met solderen. De meeste Elektuur-lezers hebben wel ervaring met het monteren van componenten op een print, maar aangezien projecten als deze ook vaak worden nagebouwd door computer-enthousiasten die niet dagelijks de soldeerbout hanteren, zullen we hier toch iets gedetailleerder op ingaan.



Figuur 1. Een foto van het opgebouwde prototype.

2



Figuur 2. De componenten-opstelling van de print voor de computer-skoop.

Onderdelenlijst

skoop-print

Weerstanden:

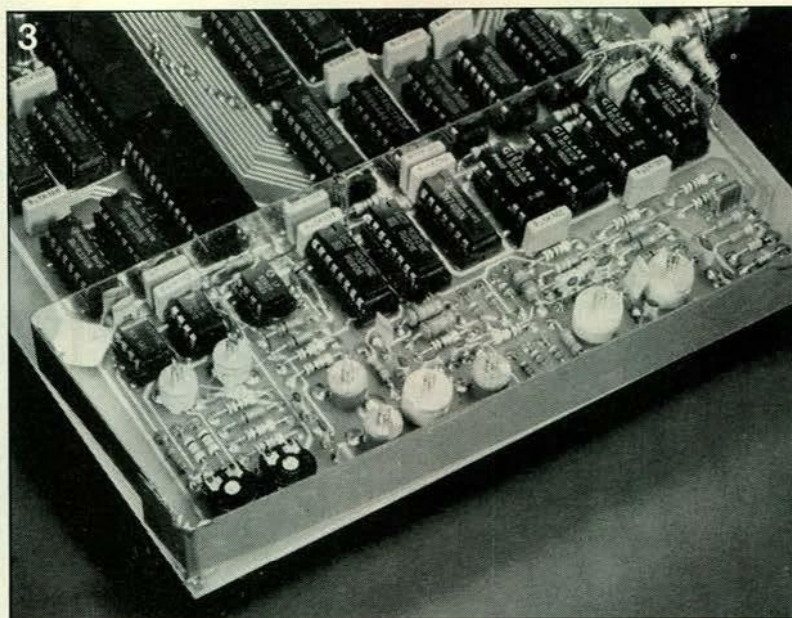
- R1, R2 = 330 Ω
- R3, R5, R36, R37, R38 = 1 k
- R4, R6, R10, R24, R27 = 100 Ω
- R7, R8, R9, R23, R26, R29 = 1 M
- R11 = 470 k
- R12 = 330 k
- R13 = 2k7
- R14 = 247 k
- R15, R16 = 1M8
- R17, R21, R22, R30, R31, R32, R34 = 10 k
- R18 = 100 k
- R19 = 825 k
- R20 = 154 k
- R25, R28 = 250 k
- R33 = 820 Ω
- R35 = 2k2
- R39, R40 = 470 Ω
- P1 = 22 k instel-potmeter
- P2 = 1 k instelpotmeter

Kondensatoren:

- C1, C6, C8 = 100 p
- C2 = 33 p
- C3 = 56 p
- C4 = 100 n
- C5 = 27 n
- C7, C13, C16, C19 = 27 p
- C9, C15 = 10 p
- C10 = 470 p
- C11 = 47 p
- C12 = 10 p
- C14, C20, C22 = 180 p

Figuur 3. Op deze wijze wordt het blik rond het verzwakkerge-deelte gemonteerd.

Nog een opmerking vooraf: aangezien de print is doorge-metalliseerd, hoeft men dus alleen aan de onderzijde van de print te solderen. Begin met het plaatsen van alle IC-voetjes (van een goede kwaliteit). Nadat deze zijn vastgesoldeerd, kunnen de weerstanden, kondensatoren, instelpotmeters en trimmers op hun plaats worden gezet. Let even op bij de trimmers, want daar staat meestal geen waarde op aangegeven. Bij Philips folietrimmers, die het meest worden gebruikt, kunt u de waarde herkennen aan de grootte en de kleur van de trimmer. Er zijn hier drie verschillende waarden: 47 p (ca. 1 cm ϕ , wit), 22 p (ca. 7 mm ϕ , groen) en 5,5 p (ca. 7 mm ϕ , wit). Er zit verder één kleine konnektor op de print, die bestaat uit een dubbele rij pennen in een kunststof voetje. Het is trouwens verstandig om in de elektronica-winkel met een een bijpassende flatcable-konnektor hiervoor aan te schaffen. Daarna wordt het 16-MHz-kristal gemonteerd. Vervolgens wordt van 0,5 mm dik blik een afscherming gemaakt voor het verzwakker-gedeelte. Knip een strook blik van 1,5 cm breedte en zo'n 40 cm lengte (of verschillende stukken met een totale lengte van 40 cm). Dit blik wordt zodanig gevouwen dat het, zoals zichtbaar in figuur 3, juist rond het verzwakkerge-deelte past. Het blik wordt vastgesoldeerd aan enkele printpennen die hiertoe in enkele soldeer-landjes op deze plaatsen worden gemonteerd. Later, als de verzwakker is afgeregeld, kan men ook de bovenzijde van dit gedeelte dichtmaken met een stukje blik. Het ingangsgedeelte wordt daardoor bijzonder storingsongevoelig. En wie het helemaal goed wil aanpakken, kan ook nog zo'n afscherming maken voor de onderzijde van de print. Wel oppassen dat het blik niet in aanraking kan komen met andere printbanen dan de massaverende. Zo, eventueel kan de schakeling al in een kastje worden gebouwd (zie de foto aan het begin van dit artikel). Aan de voorzijde komen twee BNC-



ingangsbussen (een meet-ingang en een externe trigger-ingang), aan de achterzijde gaat de flatcable voor de computer naar buiten en komt een netkabel naar binnen. In het kastje moet ook nog een netvoeding worden gemonteerd die + en -5 V levert. Met twee spanningsregelaars (7805 en 7905) is zoiets snel in elkaar gezet. In figuur 4 is het schema van deze voeding gegeven. Figuur 5 toont het printje voor deze voeding. Wel, dat was het mechanische gedeelte. Laat het deksel nog even van de kast, dan kunnen we direkt verder gaan met de afregeling.

Afregelen met skoop en computer

Voor de afregeling is een scoop noodzakelijk, die zal dus ergens moeten worden geleend voordat de zelfgebouwde computer-scoop als meetinstrument kan worden gebruikt. De schakeling wordt verbonden met de computer (zie daarvoor het aparte stukje "hoe wordt de schakeling aan de computer gekoppeld"), waarna de computer en de computer-scoop kunnen worden ingeschakeld. Vervolgens wordt op de computer het in tabel 1 gegeven testprogramma ingetypt. De ingang van de schakeling

wordt nu met massa verbonden, waarna P1 zodanig wordt ingesteld dat de gelijkspanning aan de uitgang van opamp A2 (pen 6) exakt 0 V bedraagt. Vervolgens wordt een blok golf van 1 kHz op de ingang gezet. Voor AM wordt eerst de waarde 0 gekozen, waarna C29 en C30 zodanig worden afgeregeld dat op de uitgang van A3 een blok met een keurige flank staat. Maak nu AM 1 en regel vervolgens C23 af op een korrekte flankweergave. Datzelfde wordt herhaald met AM = 2 (C24), AM = 4 (C25 en C26) en AM = 8 (C27 en C28). Pas steeds de amplitude van de blok golf aan, afhankelijk van de ingestelde verzwakking, maar pas wel op dat het ingangsgedeelte niet overstuurd wordt (niet meer dan 5 V_{tt} op uitgang van A2). Dit hele gedeelte kan daarna nog eens worden herhaald om te kijken of nu alle standen naar behoren werken. Voor het afregelen van de versterking wordt eerst (met behulp van een spanningsdeler met 1%-weerstandjes) een gelijkspanning van 40 mV afgeleid van de voedingsspanning. De variabele OFF (of OF) wordt 64 gemaakt en de variabele ING (of IN) 1; dan kan P1 zodanig worden ingesteld dat op de uitgang van A3 (pen 6) een gelijkspanning staat van exakt 2 V. Dat was het verzwakker/versterkerge-deelte. De rest van de schakeling is digitaal, daarbij is dus geen afregeling nodig.

C17 = 18 p
C18 = 2n7
C21 = 10 μ /16 V
C23, C24, C26 = 47 p
trimmer
C25, C27, C28 = 22 p
trimmer
C29, C30 = 5p5 trimmer
C31 = 100 μ /16 V
C32, C33 = 22 μ /25 V
tantaal
C34...C50 = 100 n

Halfgeleiders:

D1...D6 = 1N4148
D7, D8 = 3V9/400 mV
zenerdiode
IC1 = 74HCU04
IC2...IC5 = 74HCT390
IC6 = 74150
IC7...IC9 = 74HCT374
IC10, IC12 = 74HCT244
IC11 = UVC 3101-10
IC13, IC14 = IMS
1420-55
IC15, IC16 = 74HCT85
IC17, IC20 = 74HCT153
IC18, IC19 = 74HCT74
IC21, IC22 = 74HCT161
IC23, IC24 = 4052
IC25 = 74HCT11
IC26 = 74HCT00
IC27 = 7406
IC28, IC29 = LF 356
IC30 = 3130

Voor alle HCT-typen kunnen ook LS-IC's genomen worden.

Diversen:

X1 = kristal 16 MHz
L1, L2 = 100 μ H
Re1...Re4 =
miniatur-relais met
1 maakkontakt,
spoelspanning 5 V, bijv.
Claire 15005
Elektuur-print EPS 86083
(zie pag. 6)

De besturings- signalen

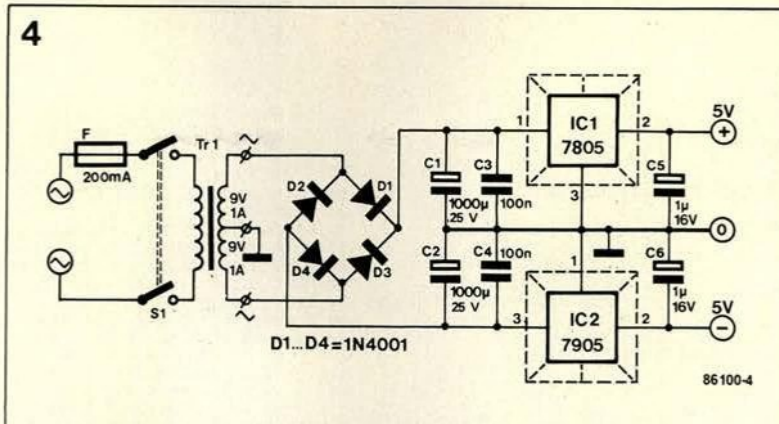
Wat we nu nog nodig hebben, is een programma om de schakeling te besturen en om een scoopbeeld op het scherm te maken. Bovendien moet ook worden gezorgd voor een duidelijke en overzichtelijke bediening van de "scoop".

De koppeling tussen computer en interface zal straks in een apart kader aan de orde komen. We vertellen nu vast dat de computer twee poorten moet hebben om de interface te kunnen sturen. Meestal zal dat kunnen worden gerealiseerd met behulp van een PIA. Eerst bespreken we de communicatie tussen computer en interface, want dat is het belangrijkste stuk van het verhaal.

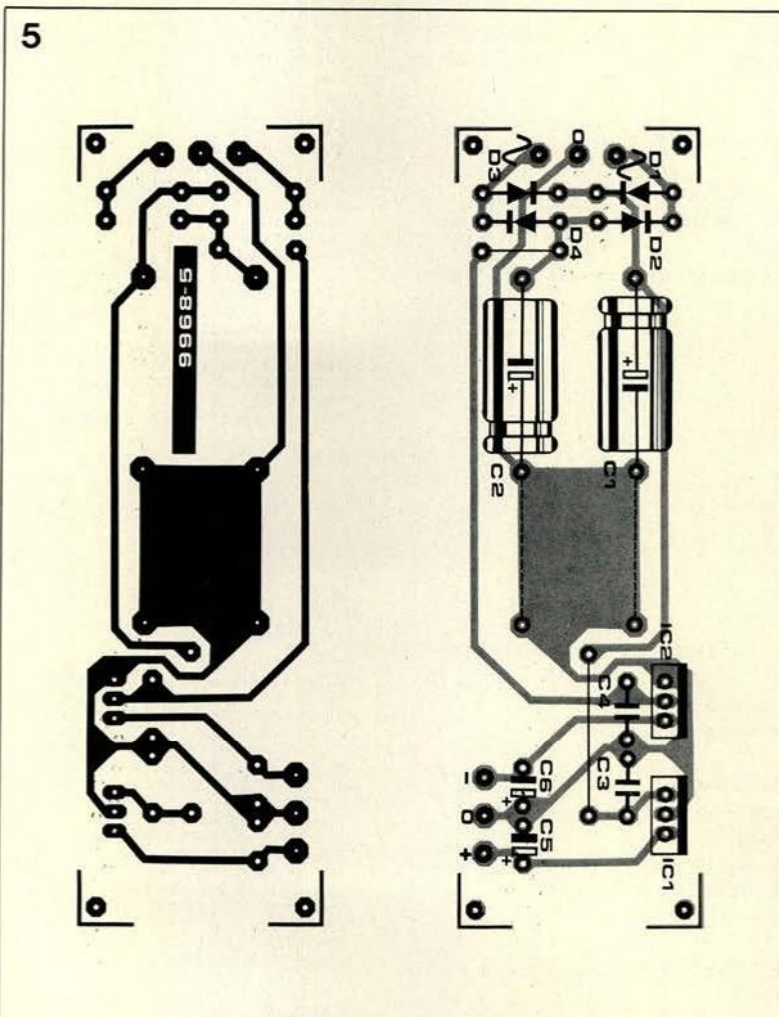
In figuur 6 is het tijdvolgorde-diagram afgebeeld van alle belangrijke stuursignalen. Aan de hand daarvan kan men vrij goed zien hoe de communicatie moet verlopen.

We beginnen met het initialiseren van de PIA. De PA- en PB-poorten worden als uitgangen geschakeld, de interrupt wordt gedisabled en de interrupt-flag (bit 7 van register A) moet worden geset op een positieve flank op CA1. Alle PA-lijnen worden nul gemaakt. Nu kunnen alle data voor de instelling van de interface in de latches worden geschreven via de PB-poorten. PA0...PA2 worden hierbij als kloksignalen gebruikt. Dat zijn de gegevens voor de tijdbasis, de offset, het triggernivo, positieve of negatieve flank-triggering, verzwakker en AC/DC-ingangskeuze (zie ook de beschrijving van de signalen in het eerste deel). In tabel 2 is gegeven welke data bij welke instelling horen. Na deze procedure kunnen de PB-poorten als input worden geschakeld.

Nu wordt PA4 "0" gemaakt, waarna PA6 eventjes "1" wordt gemaakt. Dit heeft tot gevolg dat de offset-data in de D/A-



Figuur 4. Voorbeeld van een eenvoudige voeding voor de computerscoop-schakeling.



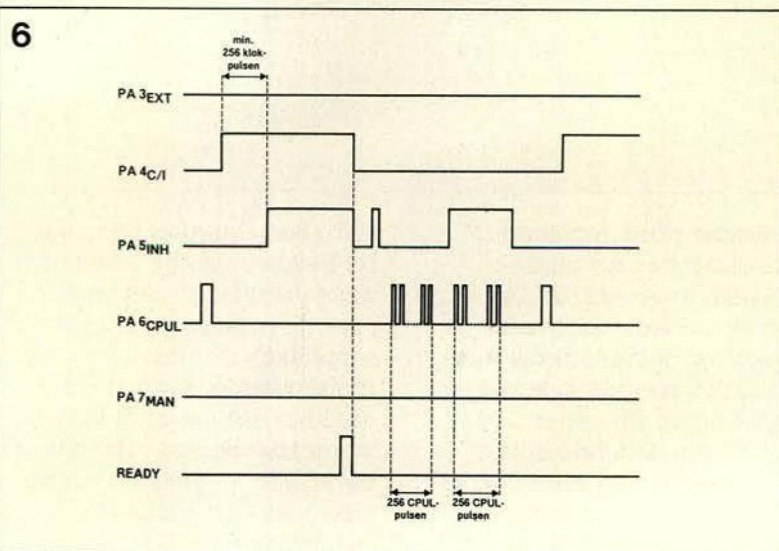
Onderdelenlijst voeding

Kondensatoren:
C1, C2 = 1000 µ/25 V
C3, C4 = 100 n
C5, C6 = 1 µ/16 V

Halfgeleiders:
D1...D4 = 1N4001
IC1 = 7805
IC2 = 7905

Diversen:
Tr1 = nettrafo
sekundair 2 x 9 V/1 A
S1 = dubbelpolige
wisselschakelaar
F = zekering 200 mA,
met zekeringhouder
Elektuur-print EPS
9968-5 (zie pag. 6)

Figuur 5. Het printje voor de voeding. Een bestaand Elektuur-ontwerp dat zich uitstekend leent voor deze toepassing.



Figuur 6. Dit tijdvolgorde-diagram toont exact op welke wijze de communicatie tussen computer en interface dient te verlopen.

Tabel 1

a	TESTPROGRAMMA ELECTRON (TEST-E)	c
10 MODE0	dra=&FCB0:ddra=dra:cra=&FCB1:drb=&FCB2:ddrb=drb:crb=&FCB3	10 REM** TESTPROGRAMMA SCOOP C-64 **
30 ?cra=0:?ddra=&FF:?cra=6:?dra=&10	oFF=0:ING=0:NIV=0:TH=0:TB=8:AM=10:TRIG=0	20 PRINT""
50 ?crb=0:?ddrb=&FF:?crb=4	?drb=0:?ddrb=&FF:?crb=4	30 BASE=2*4096:POKE53272,PEEK(53272)OR8:REM START BITMAP OP 8192
60 ?drb=oFF+64+128*ING:?dra=&14	?drb=NIV+64+128*TH:?dra=&12	40 POKE53265,PEEK(53265)OR32:REM BITMAP MODE INSCHAKELLEN
70 ?drb=TB+16*AM:?dra=&11	?crb=0:?ddrb=0:?crb=4:?dra=0:?dra=&40:?dra=&10	50 FORI=BASETOBASE+7999:POKEI,0:NEXT:REM VEGEN GEHEUGEN BITMAPGRAFIEK
90 HOLD=TIME+(TB+1)*10:REPEATUNTILTIME>HOLD	IFTRIG=0THEN?dra=&30	60 FORI=1024TO2023:POKEI,3:NEXT:REM KLEUREN CYAN EN ZWART ZETTEN.
10 IFTRIG=1THEN?dra=&38	IFTRIG#2THEN140ELSEIFINKEY-99THEN?dra=&90ELSE130	70 REM** BEGIN TESTPROGRAMMA **
30 REPEATUNTIL?cra>127	P=?dra:?dra=0:?dra=&20:?dra=0	80 P=56832:REM STARTADRES PIA
50 FORI=0TO255:PLOT69,2*I,4*?drb:?dra=&40:?dra=0:NEXT	?dra=&20	90 RA=P:DA=P:CA=P+1:RB=P+2:DB=P+2:CB=P+3:REM TOEWIJZING PIA-ADRESSEN
70 FORI=256TO511:PLOT69,2*I,4*?drb:?dra=&60:?dra=&20:NEXT	?dra=&10	100 POKECA,0:POKEDA,255:POKECA,6:POKERA,16:REM INTILIASATIE PIA
90 END		110 OF=0:IS=0:TL=0:TS=0:TB=8:AM=10:TR=0:REM WAARDEN PARAMETERS
		120 POKECB,0:POKEDB,255:POKECB,4
		130 POKEDB,OF+64+128*IS:POKEDA,20
		140 POKEDB,TL+64+128*TH:POKEDA,18
		150 POKEDB,TB+16*AM:POKEDA,17
		160 POKECB,0:POKEDB,0:POKECB,4:POKERA,0:POKERA,64:POKERA,16
		170 HO=TI+(TB+1)*10
		180 IF TI<HO GOTO 180:REM WACHTEN TOT PAG.1 VOL STAAT
		190 IF TR=0 THEN POKERA,48
		200 IF TR=1 THEN POKERA,56
		210 IF TR <> 2 THEN GOTO 240
		220 GET AS: IF AS=CHR\$(32)THEN POKERA,144: GOTO 240
		230 GOTO 210
		240 IF PEEK(CA)<=127 THEN GOTO 240
		250 POKERA,0:POKERA,32:POKERA,0
		260 REM ** BEGIN PLOTTEN INGELEZEN WAARDES **
		270 FOR I=0TO255:REM PAGINA 1
		280 X=INT(I/2):Y=INT(2/3*PEEK(RB))
		290 BYTE=BASE+INT(Y/8)*320+INT(X/8)*8+(YAND7)
		300 POKEBYTE,PEEK(BYTE)OR2^(7-(XAND7)):REM PLOT DOT
		310 POKERA,64:POKERA,0:NEXT I
		320 POKERA,32
		330 FOR I=255TO511:REM PAGINA 2
		340 X=INT(I/2):Y=INT(2/3*PEEK(RB))
		350 BYTE=BASE+INT(Y/8)*320+INT(X/8)*8+(YAND7)
		360 POKEBYTE,PEEK(BYTE)OR2^(7-(XAND7)):REM PLOT DOT
		370 POKERA,96:POKERA,32:NEXT I
		380 POKERA,16
		390 END:REM** EINDE PROGRAMMA **
		READY.
b	TESTPROGRAMMA BBC (TEST-B)	d
10 MODE0	dra=&FE61:ddra=&FE63:cra=&FE6C:drb=&FE60:ddrb=&FE62:	5 SCREEN2
30 ?ddra=&FF:?dra=&10:?ier=0:?cra=1	oFF=0:ING=0:NIV=0:TH=0:TB=8:AM=10:TRIG=0	10 A=4
50 ?ddrb=&FF	?drb=0:?ddrb=&FF	20 DA=A:DB=A+1:CA=A+2:CB=A+3
60 ?drb=oFF+64+128*ING:?dra=&14	?drb=NIV+64+128*TH:?dra=&12	30 OUT CA,255:OUT CA,0:OUTCA,7:OUT DA,&H10
70 ?drb=TB+16*AM:?dra=&11	?crb=0:?ddrb=0:?crb=4:?dra=0:?dra=&10	40 OF=0:IN=1:NI=0:TH=0:TB=8:AM=8:TR=0
90 HOLD=TIME+(TB+1)*10:REPEATUNTILTIME>HOLD	IFTRIG=0THEN?dra=&30	50 OUT CB,255:OUTCB,0:OUTCB,7
10 IFTRIG=1THEN?dra=&38	IFTRIG#2THEN140ELSEIFINKEY-99THEN?dra=&90ELSE130	60 OUT DB,(OF+64+128*IN):OUTDA,&H14
30 REPEATUNTIL?ifc<>0	P=?dra:?dra=0:?dra=&20:?dra=0	70 OUT DB,(NI+64+128*TH):OUTDA,&H12
50 FORI=0TO255:PLOT69,2*I,4*?drb:?dra=&40:?dra=0:NEXT	?dra=&20	80 OUT DB,(TB+16*AM):OUTDA,&H11
70 FORI=256TO511:PLOT69,2*I,4*?drb:?dra=&60:?dra=&20:NEXT	?dra=&10	90 OUTCB,255:OUTCB,255:OUTCB,7:OUTDA,0:OUTDA,&H40:OUTDA,&H10
90 END		100 HO=TIME+(TB+1)*50
		110 IF HO>TIMETHEN110
		120 IF TR=0 THENOUTDA,&H30
		130 IF TR=1 THENOUTDA,&H38
		140 IF TR<>2THEN150 ELSE IF INKEY#="" THENOUTDA,&H90ELSE140
		150 HO=TIME+3*(TB+1)*50
		160 OUT DA,0:OUTDA,&H20:OUTDA,0
		170 CLS
		180 PSET(0,85)
		190 FORI=0 TO255STEP2
		200 LINE-(I/2,150-INP(DB)/2)
		210 OUTDA,&H40:OUTDA,0
		220 OUTDA,&H40:OUTDA,0
		230 NEXT
		240 OUTDA,&H20
		250 FORI=256 TO512STEP2
		260 LINE-(I/2,150-INP(DB)/2)
		270 OUTDA,&H60:OUTDA,&H20
		280 OUTDA,&H60:OUTDA,&H20
		290 NEXT
		300 GOTO 40

Tabel 1. Het testgedeelte voor respectievelijk Electron, BBC, C64 en MSX.

omzetter worden gelezen. Daarna zetten we op de PA4-lijn weer een "1". Dan wordt software-matig een wachttijd gekreëerd die minimaal 256 maal de gekozen tijdbasis duurt. Dit om er zeker van te zijn dat in de eerste geheugenpagina geen "oude" gegevens meer aanwezig zijn. Vervolgens kan de PA5-lijn

(INH) hoog worden gemaakt. Dit betekent dat de schakeling vanaf dat moment het gedigitaliseerde ingangssignaal gaat vergelijken met de opgegeven triggerwaarde. Zodra deze waarden aan elkaar gelijk zijn, wordt het hoogste databit voor de RAM's "1" gemaakt (zodat we straks eenvoudig kunnen terugvinden waar precies is

getriggerd), de RAM-teller wordt gereset, er wordt gestopt met inlezen en de schakeling maakt de READY-lijn (CA1) hoog om de computer te melden dat de twee RAM-pagina's zijn volgeschreven. Nu kan de computer weer een nul zetten op de lijnen PA4 en PA5. De READY-lijn keert daardoor automatisch terug naar zijn nulnivo.

Het moment is aangebroken waarop de computer de RAM's kan gaan uitlezen. Eerst wordt de PA5-lijn even "1" gemaakt om de RAM-teller te resetten. Pas dan kan begonnen worden met het uitlezen van het geheugen. De teller staat op dat moment op nul, zodat direct de eerste geheugenplaats kan worden uitgelezen. Nu kan men met behulp van een loop CPUL-pulsjes geven (op PA6), waarbij na elke opgaande CPUL-flank de data van de volgende adresplaats kan worden uitgelezen. Nadat de eerste geheugenpagina is doorlopen (255 bytes), maken we PA5(INH) hoog. Deze dient dan als achtste adresbit voor het geheugen. Vervolgens wordt de tweede pagina met 256 bits op dezelfde wijze uitgelezen. Men kan alle gegevens in de computer opslaan of direct verwerken, afhankelijk van de beschikbare geheugenruimte. In principe zijn we nu weer terug bij het begin. Nieuwe gegevens voor de interface kunnen worden ingelezen (PB weer als uitgang schakelen) en na een puls op de PA6-lijn worden de offset-data ook in de D/A-omzetter geklokt. Als de PA4-lijn nu weer "1" wordt gemaakt, start de interface opnieuw met het volschrijven van de eerste geheugenpagina. Na een wachttijd van minimaal 256 tijdbasis-klokpulsen mag weer begonnen worden met het vrijgeven van de triggering.

Het programma

Zoals we reeds hebben verteld, worden bij de print in de EPS vier complete programma's meegeleverd, voor de Acorn Electron, de BBC, de C64 en MSX-machines. Toch zullen we hier heel kort beschrijven hoe de programma's zijn opgezet, zodat ook eigenaars van andere typen computers in staat zijn zelf een programma voor de computer-skoop te schrijven. In figuur 7 is een stroomschema van het programma gegeven. Dit behoeft eigenlijk weinig toelichting. Men kan de

Tabel 2

Tijdbasis

TB3	TB2	TB1	TB0	
0	0	0	1	2µs/div.
0	0	1	0	5µs/div.
0	0	1	1	10µs/div.
0	1	0	0	20µs/div.
0	1	0	1	50µs/div.
0	1	1	0	0,1ms/div.
0	1	1	1	0,2ms/div.
1	0	0	0	0,5ms/div.
1	0	0	1	1ms/div.
1	0	1	0	2ms/div.
1	0	1	1	5ms/div.
1	1	0	0	10ms/div.
1	1	0	1	20ms/div.
1	1	1	0	50ms/div.
1	1	1	1	0,1s/div.

Offset

OF6	OF5	OF4	OF3	OF2	OF1	OF0	
1	1	1	1	1	1	1	max.
1	0	0	0	0	0	0	nulnivo
0	0	0	0	0	0	0	min.

Verzwakker

V0	V1	V2	V3		V _{in} max
0	0	0	0	10mV/div.	80mV _{pp}
0	0	0	1	20mV/div.	160mV _{pp}
0	0	1	0	50mV/div.	400mV _{pp}
0	1	0	0	100mV/div.	800mV _{pp}
0	1	0	1	200mV/div.	1,6V _{pp}
0	1	1	0	500mV/div.	4V _{pp}
1	0	0	0	1V/div.	8V _{pp}
1	0	0	1	2V/div.	16V _{pp}
1	0	1	0	5V/div.	40V _{pp}

Triggernivo

T6	T5	T4	T3	T2	T1	T0	
1	1	1	1	1	1	1	max.
1	0	0	0	0	0	0	nulnivo
0	0	0	0	0	0	0	min.

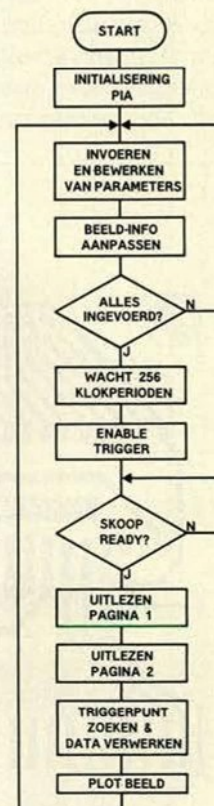
+ / -	triggering
1	opgaande flank
2	neergaande flank

AC/DC	ingang
1	DC
0	AC

weergave op het scherm zo mooi maken als men zelf wil, afhankelijk van de beschikbare resolutie van de computer. Misschien nog een woord over het interpreteren van de geheugen-data. In de eerste pagina moet worden begonnen met het zoeken naar de plaats waar het triggerbit (D7b) "1" is geworden. De hieropvolgende geheugenplaats is de eerste voor het hele beeld, waarna de eerste pagina vanaf die plaats helemaal kan worden doorlopen. In de tweede geheugenpagina kan men gewoon op de eerste plaats beginnen, daar staat alles al in de juiste volgorde.

Dat was de computer-skoop. Zoals u ziet, gaan software en hardware hier hand in hand, de een kan niet zonder de ander. Het resultaat is een skoop met een schitterend plaatje en een eenvoudige interactieve bediening, met natuurlijk een geheugenfunctie. En voor gewone hobby-toepassingen is het frequentiebereik meer dan voldoende! Nu kunt u de signalen in de Elektuur-schakelingen ook op de voet volgen.

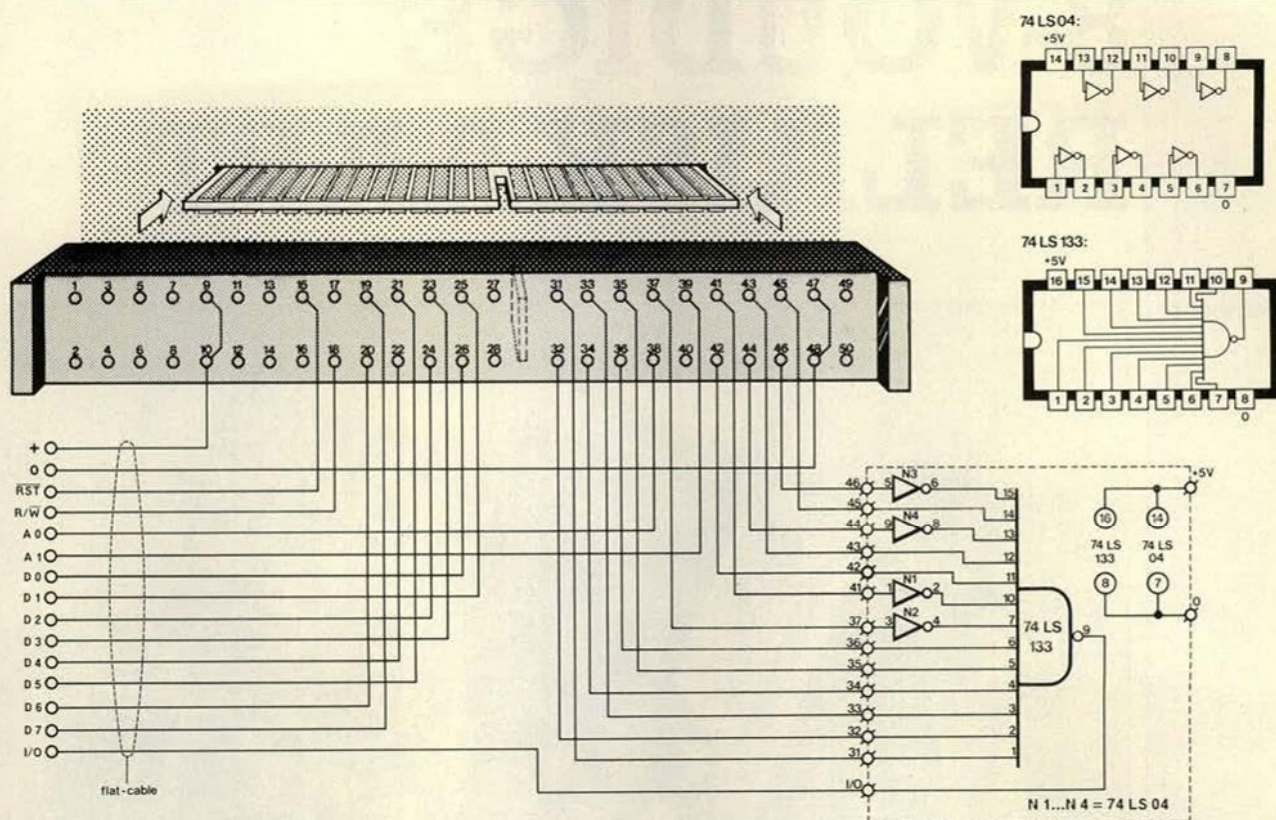
7



Tabel 2. De gegevens voor de instellingen van de computerskoop.

Figuur 7. Het stroomschema voor het programma dat de beelden op het scherm genereert, de bediening via het toetsenbord verzorgt, alle noodzakelijke berekeningen uitvoert en communiceert met de interface.

Figuur 10. De print voor de PIA-adapter. Deze kan rechtstreeks in de C64 worden gestoken. Bij de Electron kan men het konnektorge-deelte afzagen.



twee poorten moet hierbij nog een adresdekoderings-sigitaal worden gemaakt. Het konnektorgedeelte van het PIA-printje kan men in dit geval verwijderen, waarna de adapter via een losse konnektor en een stukje flat-cable met de Electron wordt verbonden. De PIA ligt hier op adres \$FCB0.

Bij de C64 kan de PIA-adaptier rechtstreeks in de cartridge-expansion-slot-konnektor worden gestoken. Daarmee is de koppeling rond.

Tenslotte nog de groep MSX-computers. Daar is een iets uitgebreider I/O-printje voor nodig, waaraan we momenteel nog werken. We hopen deze schakeling met de bijbehorende print binnenkort te kunnen publiceren.

De omgang met de PIA

We beginnen bij de PIA 6821 altijd met het geven van een nul op de RESET-lijn, waardoor alle PIA-registers

op nul worden gezet. De PIA bezet vier adresplaatsen, te weten I/O t/m I/O + 3 (zie figuur 12). Op twee adresplaatsen zien we twee registers achter elkaar liggen. Door bit b2 in het bijbehorende control-register (A of B) 1 of 0 te maken, kan men kiezen tussen deze twee registers (1 = data-register, 0 = data-direction-register). We zullen nu nog enkele voorbeelden geven hoe de PIA-registers geprogrammeerd moeten worden voor onze toepassing.

De initialisering gaat als volgt. Zet in CRA een nul, zodat DDRA wordt geselecteerd. Daarna wordt in DDRA \$FF gezet, waardoor alle A-lijnen als uitgang worden geschakeld. Vervolgens schrijven we in CRA het getal \$06, wat tot gevolg heeft dat ingang CA1 reageert op een opgaande flank en dat data-register A op adresplaats I/O weer wordt geselecteerd. Nu kan men in het A-register schrijven, bijvoorbeeld \$10, waardoor de PA4-lijn hoog wordt gemaakt.

Tenslotte nog even de omgang met de B-poort. Deze wordt als ingang geschakeld door op I/O + 3 een nul weg te schrijven, vervolgens op I/O + 2 een nul en daarna op I/O + 3 een 4. Hierna kan de binnengekomen data op de B-lijnen worden gelezen. Poort B wordt als uitgang geschakeld door de procedure I/O + 3 = 0, I/O + 2 = \$FF (alle B-uitgangen uitgang) en I/O + 3 = 4.

Hier laten we het bij, wat betreft de besturing van de PIA. Wie er meer over wil weten, verwijzen we naar de data-sheets van de 6821. Maar in de meeste gevallen zal men toch gewoon gebruik maken van de meegeleverde programma's.

Figuur 11. Zo wordt de Electron verbonden met de PIA-adaptier. Hier dient men met behulp van twee IC's (niet op de print) nog een adresdekodering toe te voegen.

Figuur 12. De registers van de PIA 6821.

12

I/O	DRA data register A	DDRA data direction register A
I/O + 1	CRA control register A	
I/O + 2	DRB data register B	DDRB data direction register B
I/O + 3	CRB control register B	