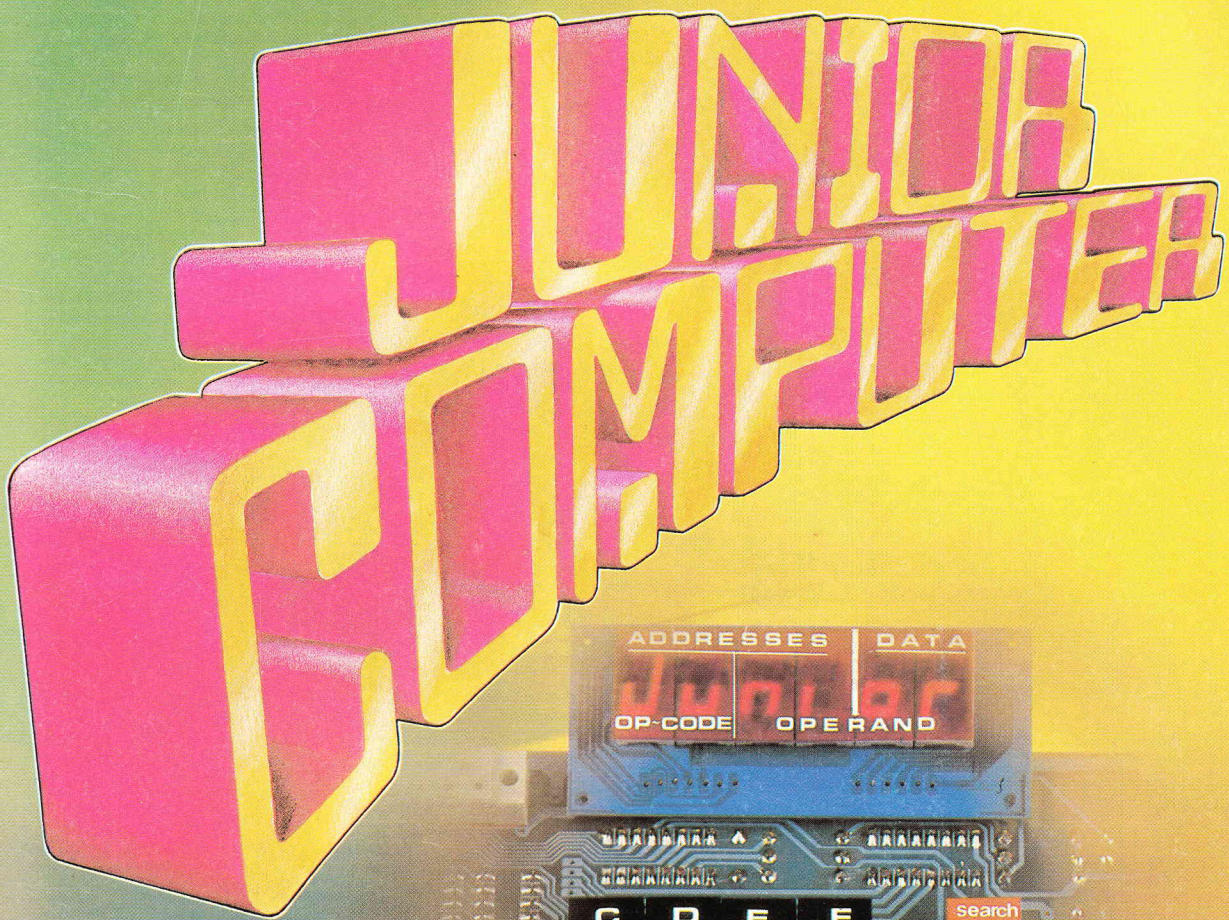


# elektuur

maandblad voor elektronica

nr.197  
maart 1980  
ISSN 0013-5895  
f3,75 Bfrs.63



$\Omega$ -antenne  
aktieve raamantenne

draadloos bediend  
meer comfort met minder snoer

**KIM-gebruikers, opgelet!**

Iedereen die interessante en originele programma's heeft gemaakt voor zijn KIM-computer, kan deze naar Elektuur sturen. Deze programma's worden dan aangepast voor de junior-computer en later gepubliceerd. De volgende onderwerpen hebben we al, dus die hoeven niet meer aangeboden te worden: text-editor, hex-assembler, disassembler, PASCAL en alle oude, vertrouwde spelletjes. Verder is alles welkom.

# junior-computer

Niet zonder trots presenteert Elektuur deze maand de junior-computer; een systeem met vele toepassingen, van zelfstudie tot procesbesturing.

De prijs is aantrekkelijk: "speel"-klaar ca. 450 gulden. De slimme hobbyist kent wel methoden om de kosten nog wat te drukken (bestaande voeding, eigen kast, zelfgemaakte printen etc.).

Er is besloten om de zeer uitvoerige beschrijving in boekvorm uit te brengen. Deze zou anders vele tientallen pagina's Elektuur omvatten. En dat is teveel voor die andere lezers die zich niet zo voor de computer interesseren. Voor hen die al het een en ander over de microprocessor hebben gelezen of ermee hebben gewerkt, zal de gebruikte woordenschat er mager uitzien, misschien wel te eenvoudig. Anderzijds kan voor hen die nooit iets aan de computer hebben gedaan veel van het geschrevene nog geheimtaal lijken, vooral in het gedeelte, waar het schema kort maar krachtig wordt beschreven. Zij kunnen dit deel gerust ongelezen laten, aangezien deze tekst bedoeld is voor de trouwe elektuurlezer die wil weten hoe junior werkt, en ook die lezer moet natuurlijk aan zijn trekken komen. Voor alle groepen lezers en gebruikers van de junior-computer geldt, dat er straks een grote hoeveelheid software van honderden programma's aanwezig is, vanaf kleine spelletjes tot een complete pascalcompiler (Pascal is de taal van de toekomst en gaat BASIC verdringen), waar iedereen van leek tot ingewijde mee kan werken en velen in komende jaren mee zullen werken.

In dit artikel wordt alleen een beschrijving van de werking en de opbouw van de junior-computer gegeven. De niet in deze tekst opgenomen, maar wel belangrijke gegevens, zoals het programmeren en programma's, zullen worden gepubliceerd in de vorm van twee pockets, te weten junior-computer Boek deel 1 en deel 2, die elders in deze uitgave worden aangekondigd. Deel 1 is er al.

Het tweede deel, waarin vooral dieper op het programmeren wordt ingegaan, zal binnenkort verschijnen. Dan staat er ook nog een deel 3 op stapel met belangrijke hardware-uitbreidingen naar TV met toetsenbord (terminal), massageheugens en programma's. Daarmee groeit Junior uit tot Senior.

Wij wensen iedereen veel succes met de junior-computer.

Voor veel hobbyisten is een computer een print met veel IC's, waar verder geen touw aan vast te knopen is. Toch zit zo'n ding vrij eenvoudig in elkaar. Meestal ontbreekt echter een goede begeleiding om een nadere kennis-making tot een goed einde te brengen. Natuurlijk speelt ook de prijs een rol; niet iedereen is bereid een fors bedrag neer te tellen voor een computer om daarmee de kunst van het programmeren te leren. Daarom heeft Elektuur het initiatief genomen en een kleine computer ontwikkeld die uitstekend geschikt is voor studiedoelinden. Een duidelijke en uitgebreide handleiding biedt ook de beginner de mogelijkheid zich stap voor stap op het gebied van de computertechniek te begeven.

Hoewel de hele junior-computer in wezen maar één print groot is, biedt hij vele extra's die men op het eerste gezicht zeker niet zou vermoeden. Alles is gedaan om de bediening voor de (aanstaande) computer-amateur zo gemakkelijk mogelijk te maken. Ook het aantal uitbreidingsmogelijkheden is behoorlijk groot.

In dit artikel geven we alleen een beschrijving van de werking en opbouw van de junior-computer. Anders wordt het veel te uitvoerig en zouden we de komende maanden geen ruimte meer hebben voor andere artikelen. De geïnteresseerde lezer kan op deze manier al beginnen met bouwen en zich daarna het junior-computerboek deel 1 aanschaffen, waarin zeer uitvoerig de computer en hoe-er-mee-om-te-gaan is behandeld.

Voor de lezer die al wat meer ervaring heeft met computers geven we in tabel 1 de nodige gegevens van de junior-computer. Wie al deze termen (nog) niet begrijpt kan dit gevoeglijk overslaan; in het boek komt alles nog ter sprake.

**Blokschema**

Om de gang van zaken een beetje te doorgronden, is in figuur 1 een eenvoudig blokschema van de junior-computer getekend.

Het centrale brein van de computer is de CPU, central processing unit. De CPU is hier de microprocessor 6502. Deze verwerkt de digitale signalen, regelt het verkeer tussen alle eenheden en voert de opdrachten uit. Als gangmaker voor de processor dient een clock-generator.

Voor het opslaan van programma's en gegevens staat een hoeveelheid geheugen ter beschikking waarmee de

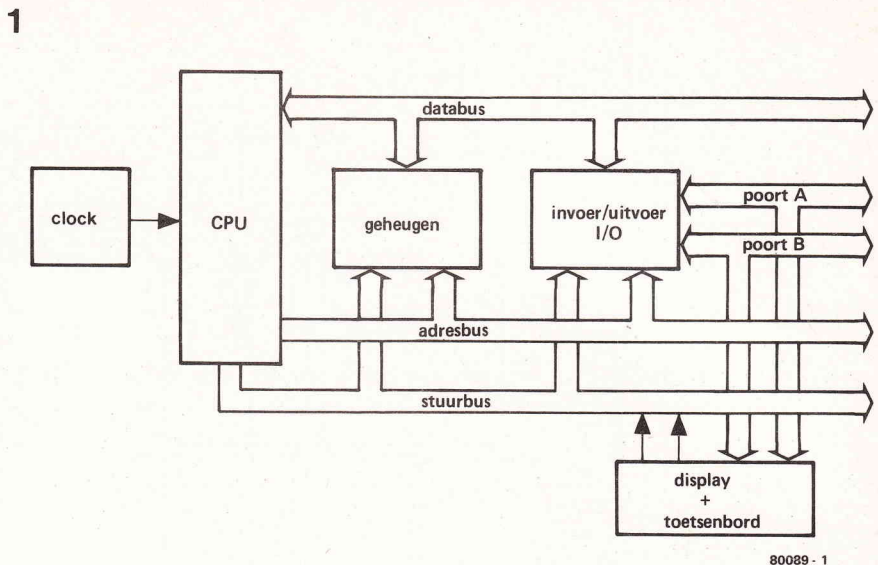
microprocessor kan werken. Het geheugen bestaat uit twee delen: een gedeelte waarin blijvend aanwezige data en het zogenaamde monitorprogramma zijn opgeslagen en een deel waarin naar behoefte veranderlijke data kan worden opgeborgen en uitgelezen, onder meer ten behoeve van gebruikersprogramma's. Het blok I/O (invoer/uitvoer oftewel input/output) onderhoudt het contact met de buitenwereld. Hieronder vallen ook toetsenbord en display. Straks in het schema vinden we dit blok terug als PIA, peripheral interface adapter. De PIA verzorgt het datatransport in twee richtingen en kan (tijdelijk) data opslaan.

Het laatste blok wordt gevormd door toetsenbord en display, zodat de gebruiker met de computer kan communiceren.

De CPU is niet zo'n intelligent ding als men meestal denkt. Het enige wat hij in feite doet is in een bepaalde (voorgeschreven) volgorde allerlei (eveneens voorgeschreven) opdrachten uitvoeren. Voor de communicatie tussen CPU, geheugen en I/O zijn er verbindingen waarmee de microprocessor digitale informatie kan opvragen en versturen en diverse stuursignalen kan geven.

Als eerste hebben we de databus. Dit zijn een aantal lijnen via welke het dataverkeer tussen alle blokken plaatsvindt.

De processor moet ook kunnen aangeven op welke plaats data moet worden gehaald of weggeschreven. Hiervoor



Figuur 1. Blokschema van de junior-computer.

dient de adresbus, die in kode de plaats aangeeft die het beginpunt of eindpunt vormt van het bij een opdracht horende datatransport.

Als laatste is er nog de stuurbus, die ervoor zorgt dat de CPU de interne gang van zaken tussen de verschillende delen kan regelen, zoals de aard en richting van datatransport en de voortgang van opeenvolgende programma-

onderdelen.

Wel, dat was in het kort de functie van de verschillende blokken en hun onderlinge verbindingen. Hoe men de computer moet programmeren en wat er dan gebeurt, vertelt het junior-computerboek. Eerst gaan we bouwen, want programmeren zonder computer gaat niet zo best. De nu volgende schema-beschrijving mag in Elektuur natuurlijk niet ontbreken. Niet-technici kunnen dit stuk overslaan en verder lezen bij de opmerkingen.

### Schema

Het schema van de complete junior-computer (behalve de voeding) is afgebeeld in figuur 2. Na de behandeling van het blokschema zal het niet zo moeilijk zijn de verschillende delen te herkennen.

Links in het schema is het hart van de computer getekend, de microprocessor 6502 (IC1), met daar onder de clock-generator bestaande uit N1, R1, D1, C1 en het 1 MHz-kristal. Het systeem maakt gebruik van een tweefasen-clock, waarbij de twee signalen worden aangegeven met  $\Phi 1$  en  $\Phi 2$ .

Het geheugen wordt gevormd door IC2, IC4, IC5 en een gedeelte van IC3. In IC2, een 1024 byte EPROM, is de monitor opgeslagen, het basisprogramma van de computer. De RAM's IC4 en IC5 doen dienst als werkgeheugen en hebben samen een capaciteit van 1024 x 8 bits.

In IC3, de PIA, zit ook nog een hoeveelheid RAM van 128 bytes. De PIA vormt de bidirectionele databuffer met besturing tussen computer en poort A of B. De poortlijnen zijn uitgevoerd naar de 31-polige poortkonektor (port connector). IC3 bevat ook nog een timer.

Onder in het schema staan de displays

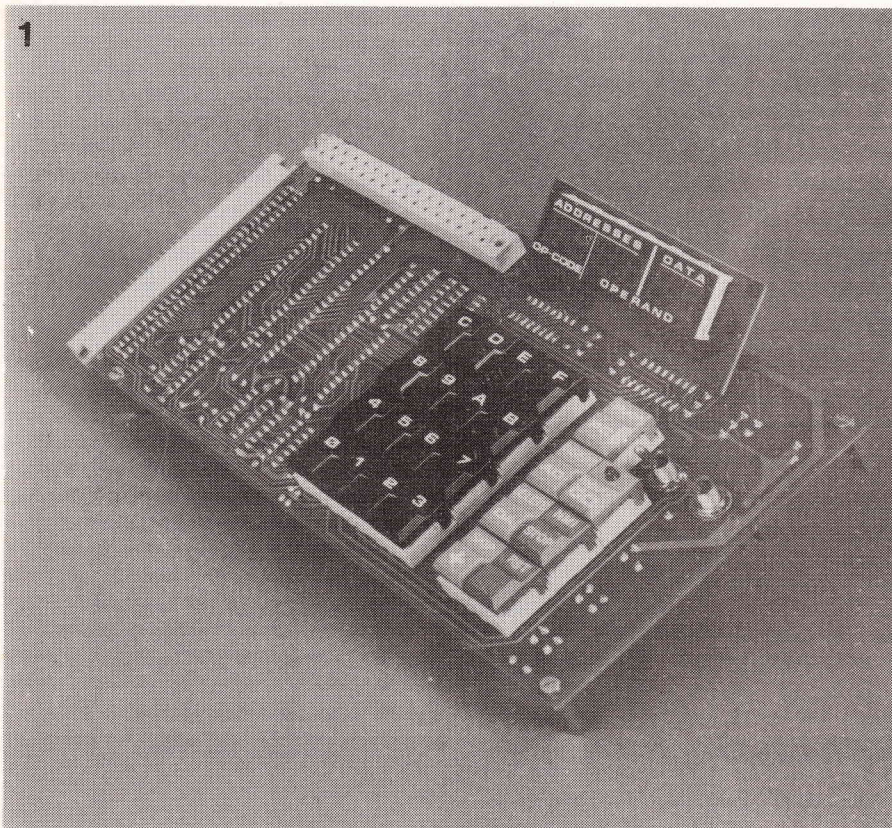
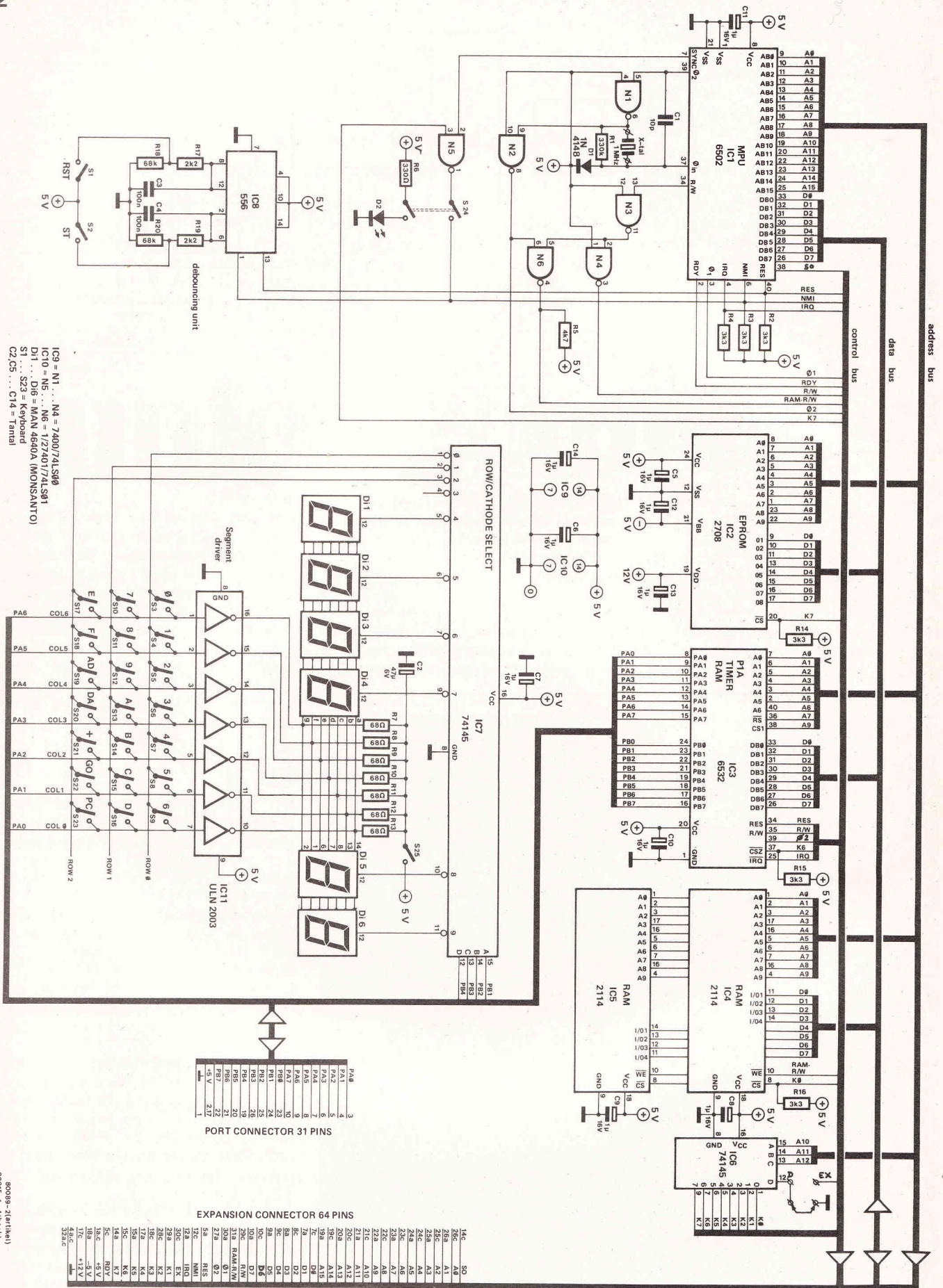


Foto 1. Zo ziet de junior-computer er uit als hij is gebouwd. Toetsenbord en display zijn duidelijk zichtbaar; de microprocessor en andere onderdelen bevinden zich aan de onderzijde van de print.



Figuur 2. Schema van junior. Deze schakeling is ondergebracht op de computer- en de display-print.

00089-2(er) (knl)  
00102-1-4(008x7)

(Di1...Di6) en de toetsen S1...S23. Zestien toetsen zijn voor het ingeven van data en adressen in hexadecimale vorm en de overige zeven voor diverse besturingsfuncties. Data naar de displays en van het toetsenbord loopt via 7 lijnen van poort A. De informatie op de displays wordt gestuurd via software van het monitorprogramma, dat ook zorgt voor het herkennen van een toetsfunctie. IC7 is er voor het multiplexen van de displays en periodiek afvragen van de toetsrijen. Met schakelaar S24 kan het display worden uitgeschakeld.

Bij de junior-computer kan het display op twee verschillende manieren worden gebruikt. Gewoonlijk geven de vier linker displays een adres aan en de twee rechter displays de data op dit adres. Via het monitorprogramma is er nog een tweede mogelijkheid: op de twee linker displays staat dan de (hexadecimale) kode van een instructie en op de overige displays het adres of de data waarop deze instructie van toepassing is. Deze mogelijkheid vereenvoudigt het intoetsen van programma's aanzienlijk.

De geheugens zijn met de processor verbonden via de adresbus, databus en stuurbus (control bus). Deze laatste wordt onder andere door de processor gebruikt voor het selekteren van een bepaald geheugen. Hiertoe dient het signaal CS, chip select, dat via adresdekoder IC6 als K7 naar de EPROM gaat en als K0 naar de RAM's. De adresdekoder gebruikt verder het signaal K6 voor selectie van de 128 bytes RAM, de PIA en timer in IC3. De overige vijf selectiesignalen van de dekoder zijn voor geheugenuitbreidingen beschikbaar. Voor de RAM's is ook nog een R/W (lees/schrijf)-signaal nodig. Dit komt van poort N6 en ontstaat uit een combinatie van het R/W-sigitaal van de 6502 en de  $\Phi 2$ -clock-puls. ( $\Phi 2$  = databus enable). Een ander stuursignaal is het reset-sigitaal RES, om de  $\mu P$  en de PIA via het monitorprogramma in een bepaalde startpositie te zetten. Een reset komt tot stand na indrukken van toets RST (S1). Een timer van IC8 onderdrukt kontaktdender van deze toets.

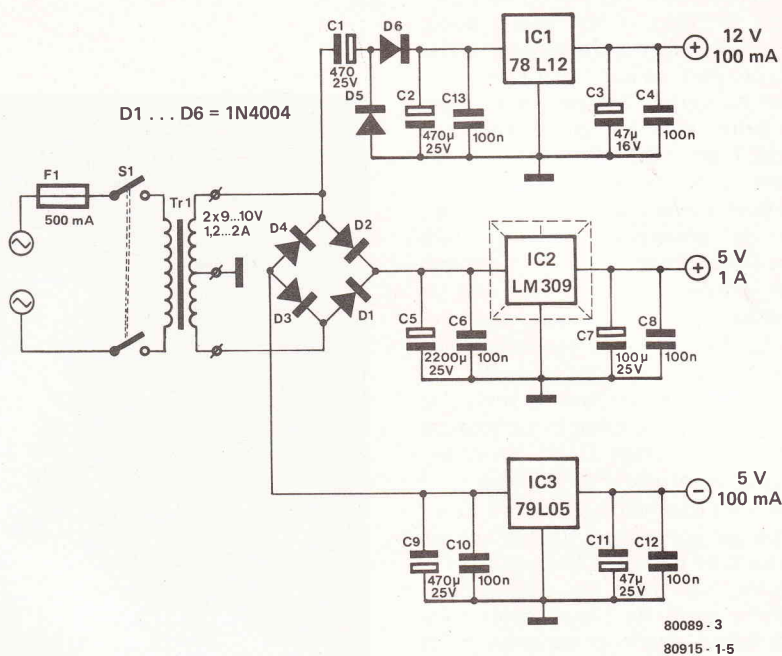
Er zijn twee mogelijkheden om een lopend programma te onderbreken via NMI (non maskable interrupt). De eerste mogelijkheid is de STOP-toets S2 met denderonderdrukking via IC8 en de tweede mogelijkheid de STEP-schakelaar S24 als deze in de stand ON staat en de uitgang van N5 van hoog naar laag gaat.

De aansluiting IRQ (interrupt request) dient voor het onderbreken van het lopende programma, bijvoorbeeld via programmering van de timer in IC3.

De stuurbus bevat nog de clock-signalen  $\Phi 1$  en  $\Phi 2$  voor het functioneren van de PIA en een RAM-R/W-sigitaal voor het bepalen van de datatransportrichting. Tot slot zijn er nog de lijnen RDY, SO en EX voor externe uitbreidingen.

Alle adres-, data- en stuurlijnen zijn

3



Figuur 3. De voeding die de drie benodigde spanningen levert.

uitgevoerd naar de 64-polige uitbreidingskonnektor (expansion connector) die, zoals de naam al zegt, bedoeld is voor latere uitbreidingen van het systeem.

Figuur 3 toont de voeding, die drie spanningen levert: +5 V voor alle IC's en displays en +12 V en -5 V voor de EPROM IC2. Voor de nodige ontkoppeling dienen de condensatoren C5...C14.

### Enige opmerkingen

Voordat men begint met bouwen moeten nog twee punten worden behandeld.

Het gehele systeem is ondergebracht op drie printen, waarvan er één dubbelzijdig is uitgevoerd. Hoewel het geen leuk werk is, verdient het aanbeveling met een ohmmeter alle doorgemetalliseerde gaten te controleren op een goede doorverbinding van de ene naar de andere kant van de print. Dit voorkomt een hoop narigheid, want na het solderen is zo'n onderbreking heel moeilijk op te sporen.

De EPROM 2708 is natuurlijk nog niet geprogrammeerd bij aankoop. Het monitorprogramma (de zogenaamde "hexdump") is afgedrukt in het boek, zodat degene die over een PROM-programmer beschikt dit IC zelf kan programmeren. Wie deze mogelijkheid niet heeft kan zijn "lege" 2708 naar Elektuur sturen waar het monitorprogramma er dan in wordt gezet voor de prijs van f 10,-. Zorg wel voor een goede verpakking en vermeld hierop:

"monitor-programma junior-computer".

### De bouw van junior

Het bouwen van de junior-computer zal weinig problemen geven. Als men nauwkeurig werkt, goede soldeerverbindingen maakt en het onderstaande in acht neemt, zal er weinig mis kunnen gaan.

De complete computer bestaat uit drie delen, die elk op een aparte print zitten: computer met toetsenbord, het display en de voeding. We geven nu een beschrijving van de opbouw.

- Begonnen wordt met de display-print (figuur 6). Deze is met de hoofdprint verbonden via dertien draadbruggen. Knip van blank montage draad stukken van circa 2 cm lengte en steek deze aan de achterkant van de print in de gaten a...g en 1...6. Dan worden ze zo gesoldeerd dat de draadeinden net niet aan de bovenzijde van de print zichtbaar zijn. Daarna soldeert men de 7-segment-displays rechtstreeks op de print.

- Nu is de dubbelzijdige hoofdprint aan de beurt (figuur 4 en 5).

Aan de hand van de printopdruk is te zien aan welke zijde de diverse componenten gemonteerd moeten worden. Eerst komen de weerstanden R1...R20 en diode D1 op de print, daarna de condensatoren C1...C13 en dan alle IC's, met uitzondering van microprocessor IC1, EPROM IC2 en PIA IC3. De TTL- en CMOS-schakelingen lopen heus geen gevaar als ze niet te heet worden gestookt. Wil men persé IC-voetjes gebruiken, neem dan wel een

goede kwaliteit met vergulde kontakten. Nu komen de drie voetjes op de print. Voor de EPROM is een voetje nodig zodat men later eventueel een ander monitorprogramma kan "inprikken".

We gaan nu verder aan de andere kant van de print. Hier komen de digitasten S1...S23 en LED D2 (denk aan de polariteit van de LED). Naast het toetsenbord zijn nu nog twee gaten over, waarin de schakelaars S24 en S25 komen. Met korte geïsoleerde draadstukken worden de schakelaars met de print verbonden.

Op de hoofdprint komt één draadbrug, die ingang D van IC6 met de nul verbindt. Dat is de verbinding tussen de punten D en L. De andere aangegeven doorverbinding tussen D en EX is bestemd voor eventuele uitbreidingen.

Aan de kant van het toetsenbord komt de 31-polige konnektor, daarna aan de andere kant de 64-polige konnektor.

Vervolgens kan men de display-print verbinden met de hoofdprint. De afstand tussen beide printplaten moet ongeveer 5 mm zijn.

We solderen nog het 1 MHz-kristal, steken IC1, IC2 en IC3 in de voetjes en de computerprint is klaar.

• Als laatste blijft de voeding (figuur 7).

De eenvoudige opbouw zal zeker geen moeilijkheden geven. Als alle onderdelen volgens opdruk zijn gemonteerd, wordt de nettrafo Tr1 aangesloten. De verbinding tussen voeding en computer maken we met een vieraderige kabel die naar de 64-polige konnektor gaat:

- +12 V aan pin 17c
- + 5 V aan pin 1a
- 5 V aan pin 18a
- nul aan pin 4a

*Kontroleer dit goed; een verkeerde verbinding kan veel schade aanrichten!*

Zo, de junior-computer is klaar en dus kunnen we overgaan naar het volgende punt: proefdraaien (natuurlijk wel met S25 in de stand "on").

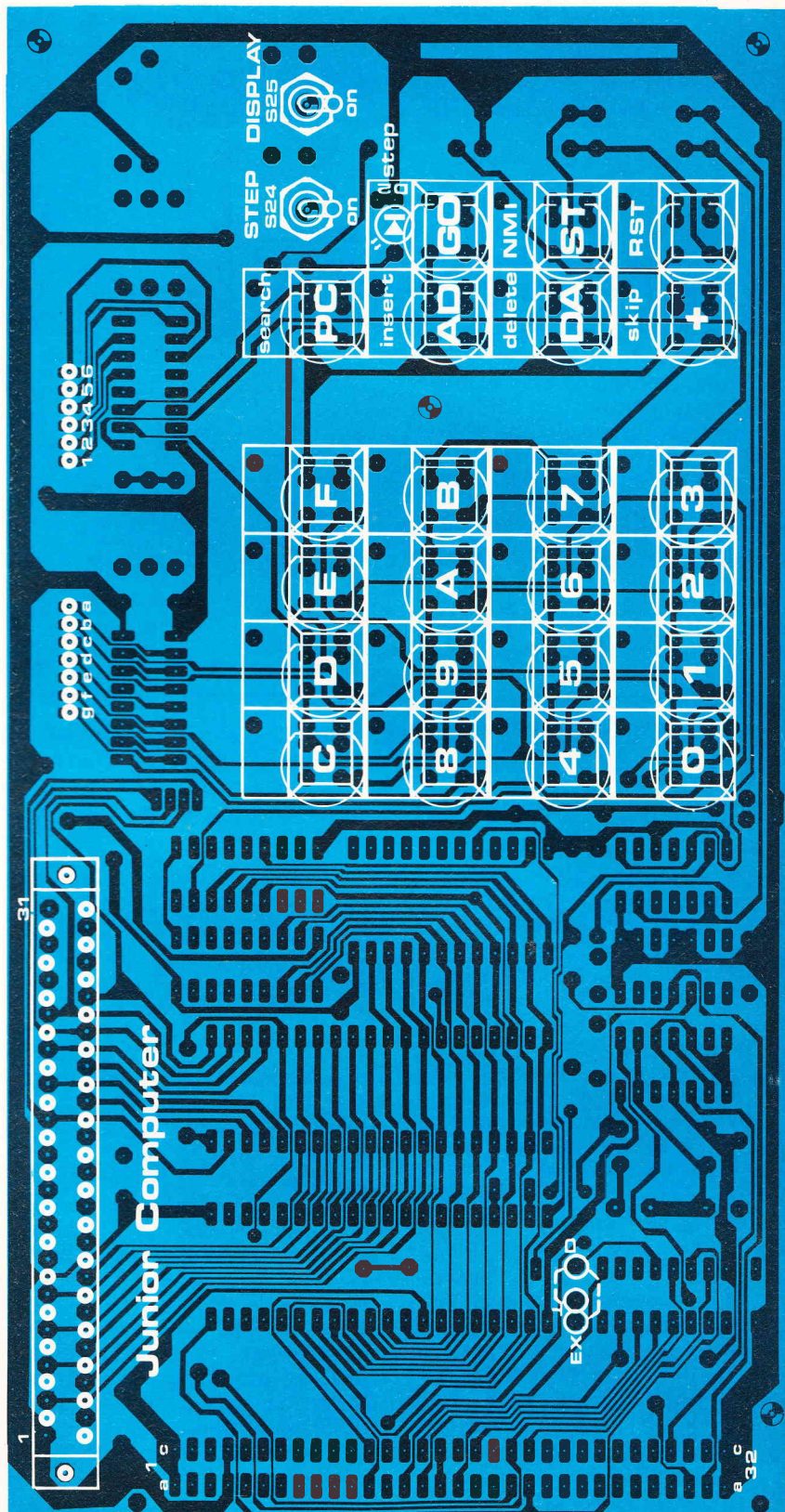
**Hij werkt!**

Eindelijk is dan het moment aangebroken om de spanning in te schakelen. Er gebeurt echter niets, en de displays blijven donker? Maak u geen zorgen, tot nog toe gaat alles goed want dat hoort zo. Druk nu maar eens op de RST-toets. Op de displays verschijnen willekeurige hexadecimale tekens: het bewijs dat de computer goed funktioneert. Het geheel kan hierna in een passende behuizing worden ondergebracht.

**Toch wat mis?**

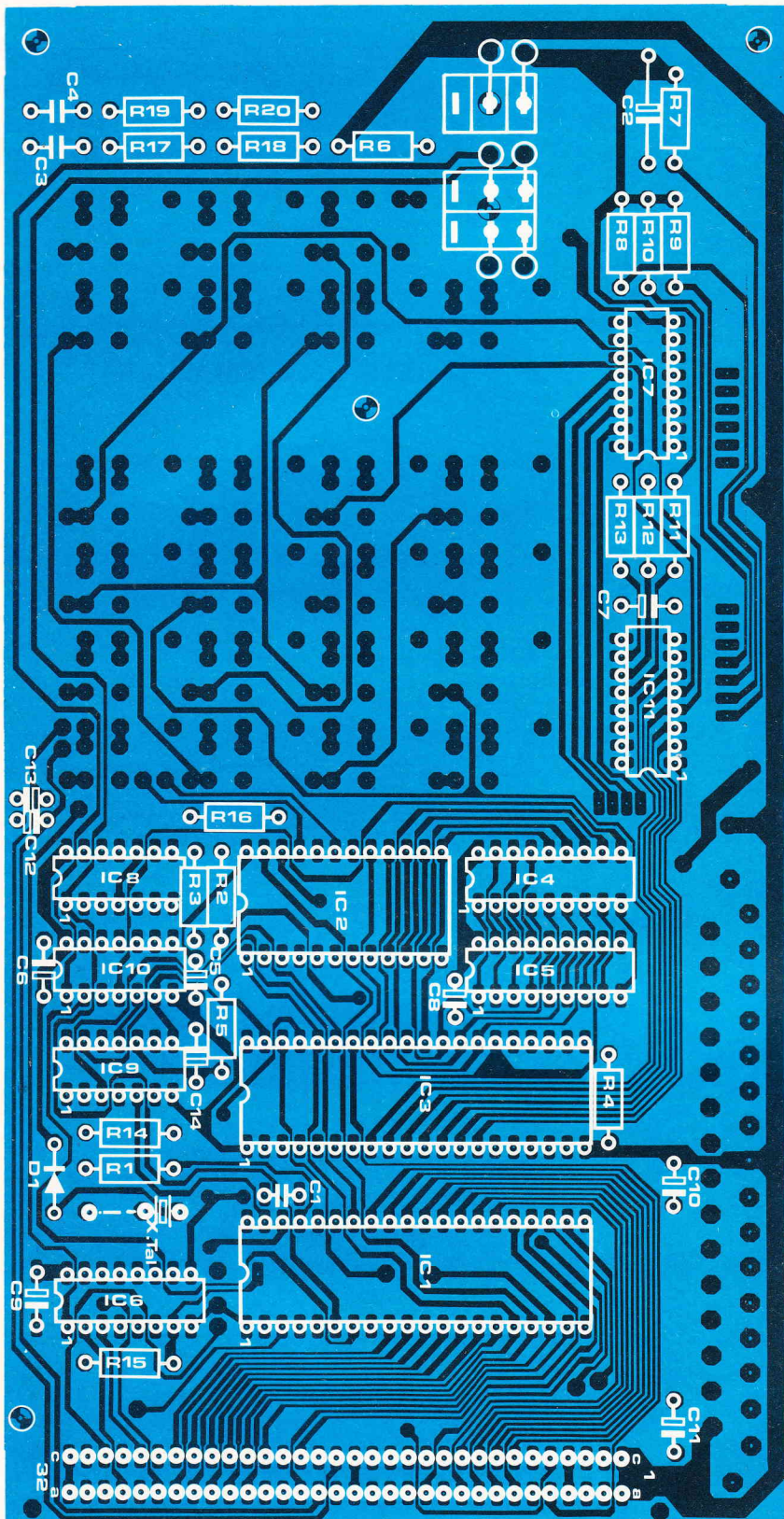
Helaas is er ook nog een andere mogelijkheid: na indrukken van de RST-toets verschijnt niets op de displays. Dan zal de fout opgespoord moeten worden. Allereerst dient de EPROM IC2 te zijn geladen met het monitorprogramma. Is

4a



Figuur 4. Componentenopstelling van de toetsenbordzijde (a) en de componentenzijde (b) van de hoofdprint (EPS 80089-1).

4b



**Onderdelenlijst junior-computer**

weerstanden:

- R1 = 330 k
- R2,R3,R4,R14,R15,R16 = 3k3
- R5 = 4k7
- R6 = 330 Ω
- R7 ... R13 = 68 Ω
- R17,R19 = 2k2
- R18,R20 = 68 k

kondensatoren:

- C1 = 10 p keramisch
- C2 = 47 μ/6 V tantaal
- C3,C4 = 100 n MKH
- C5 ... C14 = 1 μ/35 V tantaal

halfgeleiders:

- IC1 = 6502 (Rockwell)
- IC2 = 2708
- IC3 = 6532 (Rockwell)
- IC4,IC5 = 2114
- IC6,IC7 = 74LS145, 74145
- IC8 = 556
- IC9 = 74LS00, 7400
- IC10 = 74LS01, 7401
- IC11 = ULN 2003 (Sprague)
- D1 = 1N4148

diversen:

- S1 ... S21,S23 = digitast (Shadow)
- S22 = digitast + LED
- S24 = dubbelpolige schakelaar
- S25 = enkelpolige schakelaar
- Di1 ... Di6 = MAN 4640A common cathode (Monsanto)
- connector 64-polig male haaks soldeer naar DIN 41612
- connector 31-polig female soldeer naar DIN 41617
- 1 MHz-kristal
- 1 24-pins IC-voetje
- 2 40-pins IC-voetjes

**Onderdelenlijst voeding**

kondensatoren:

- C1,C2,C10 = 470 μ/25 V
- C3,C11 = 47 μ/25 V
- C4,C5,C8,C9,C12, C13 = 100 n MKH
- C6 = 2200 μ/25 V
- C7 = 100 μ/25 V

halfgeleiders:

- IC1 = 78L12 ACP (5%)
- IC2 = LM 309K
- IC3 = 79L05 ACP (5%)
- D1 ... D6 = 1N4004

diversen:

- Tr1 = nettrafo prim. 220 V, sec. 2 x 9 ... 10 V/1,2 ... 2 A
- S1 = dubbelpolige schakelaar
- F1 = zekering 500 mA, met zekeringhouder

5a

Tabel 1

Gegevens van de junior-computer:

- single board computer
- machinetaal programmeerbaar (hexadecimaal)
- microprocessor type 6502
- 1 MHz kristal
- 1024 x 8 bits monitor in EPROM
- 1024 x 8 bits RAM
- PIA type 6532 met 2 I/O-poorten, 128 Byte RAM en programmeerbare timer
- 6 digit, 7-segment-display
- hexadecimaal toetsenbord met 23 toetsen: 16 getaltoetsen en 7 funktietoetsen met dubbele functie.

funktietoetsen (normal mode):

- + : verhogen van het adres op display met één
- DA : invoeren van data
- AD : invoeren van adressen
- PC : oproepen van inhoud van de laatste stand van de programmateller
- GO : start programma vanaf adres op display
- ST : onderbreken van programma via NMI
- RST : oproepen monitor
- STEP-schakelaar: stapsgewijs doorlopen en uitvoeren van programma met GO toets

funktietoetsen (editor mode via ST):

- insert : tussenvoegen van programmastap voor de op het display zichtbare instructie
- input : tussenvoegen van programmastap na de op het display zichtbare instructie
- skip : spring naar de volgende op-code
- search : zoek een bepaald label
- delete : weghalen van de regel die op het display staat

mogelijkheden:

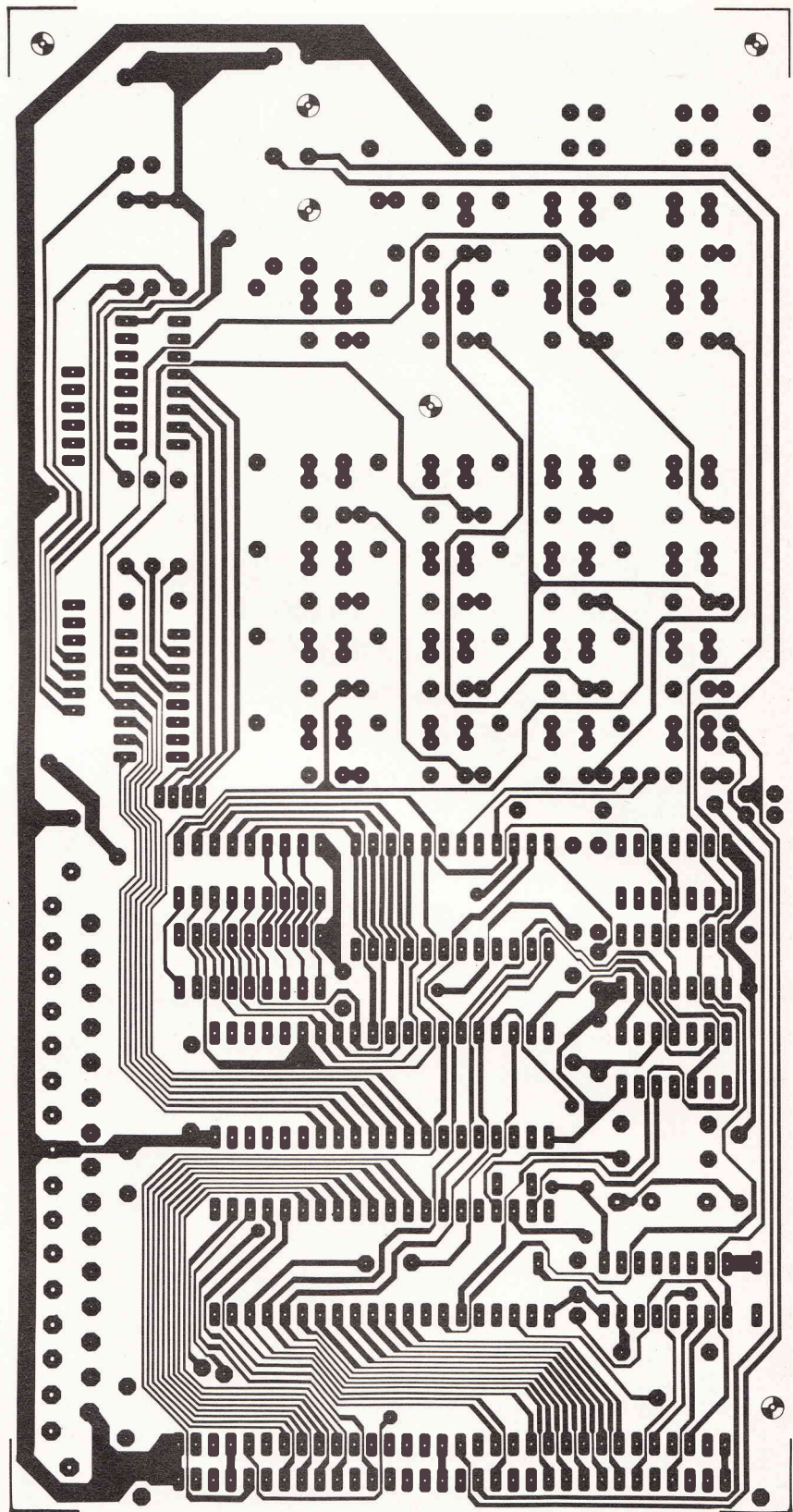
- debugging : alle interne registers kunnen op het display getoond worden
- hex editor : label-identifikatie met hexadecimale getallen JMP, JSR, branch instructies werken met labels
- hex assembler : omzetten van labelnummers in displacement of werkelijk adres
- branch : berekenen van adresverplaatsing (offset) bij spronginstructies

toepassingen:

- SC/MP-bus compatibel
- basis voor vele uitbreidingen
- toepassing als 6502 CPU-kaart
- leer-computer voor beginners
- procesbesturing voor elke toepassing

uit te breiden met:

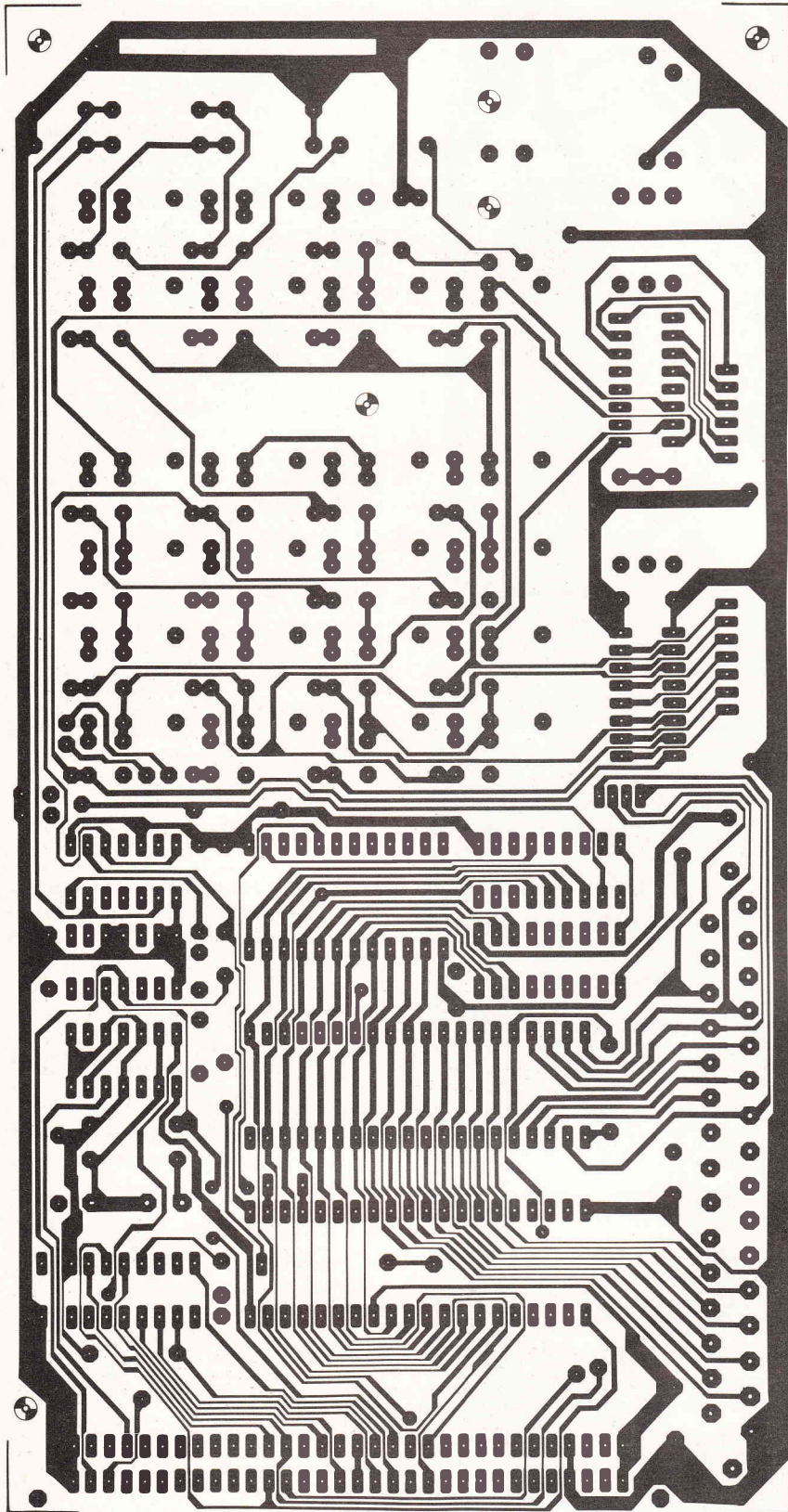
- Elekterminal
- cassette-interface
- video-interface
- BASIC en Pascal
- interface voor metaalfolie-printer
- assembler, disassembler, editor



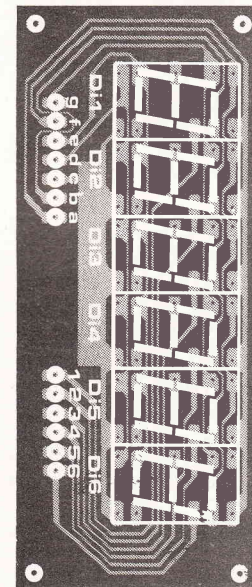
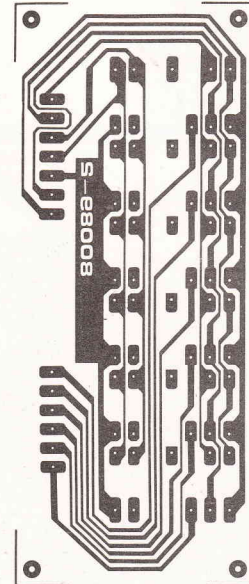
Figuur 5. De koper-layout van de toetsenbordzijde (a) en de componentenzijde (b) van de hoofdprint.



5b



6



Figuur 6. De display-print (EPS 80089-2).

dat niet het geval, dan zal het display na indrukken van RST niets vertonen. We geven hier een overzicht van de meest voorkomende fouten en hoe men deze kan opheffen.

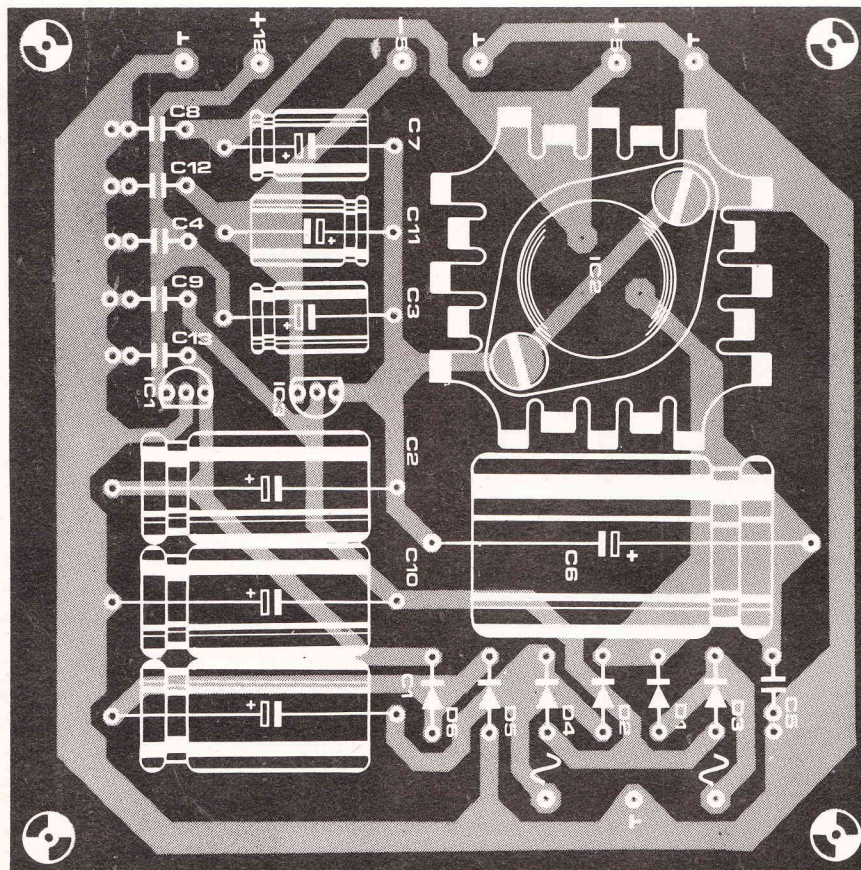
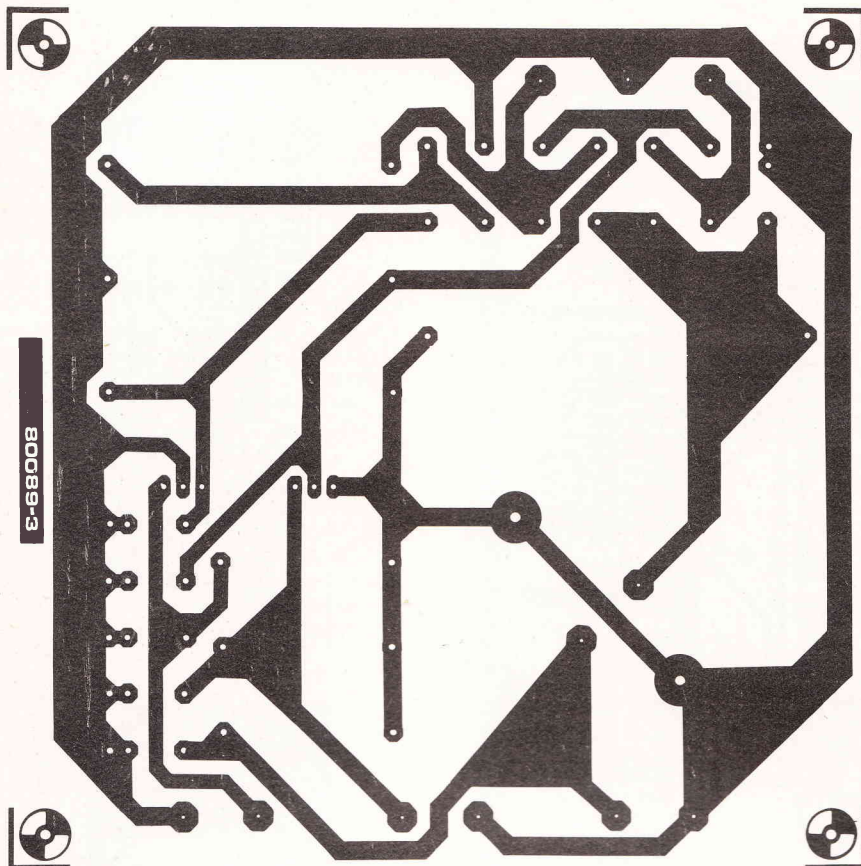
Met een multimeter begint men met het meten van de voedingsspanningen aan de 64-polige konnektor:

- tussen pin 1a en 4a  $5\text{ V} \pm 5\%$
- tussen pin 17c en 4a  $12\text{ V} \pm 5\%$
- tussen pin 18a en 4a  $-5\text{ V} \pm 5\%$

Valt een van de gemeten spanningen niet binnen de opgegeven toleranties, dan moeten de verbindingen tussen voeding en computer worden verwijderd en de voeding apart gecontroleerd.

Als de voedingsspanningen in orde zijn en de computer toch niet reageert op de

7



Figuur 7. Print-layout en componentenopstelling van de voedingsprint (EPS 80089-3).

RST-toets, gaan we verder met de volgende metingen. De spanning tussen pin 13 en pin 7 van IC8 moet circa 5 V bedragen en bij ingedrukte RST-toets minder dan 0,5 V. Gebeurt dit niet, dan zit de fout in een van de volgende onderdelen:

- timer IC8
- pull-up weerstand R2
- RST-toets S1

Voor de volgende meting schakelen we de voeding uit en meten de weerstand tussen pin 12 van IC6 en de nul aan de konnektor (pin 4a). Als deze twee punten niet zijn voorverbonden is de draadbrug op de computer-print verkeerd gelegd.

Als laatste blijft de controle van de clock-generator. Hiervoor is een oscilloscoop nodig, maar die kan wel ergens geleend worden. De CPU levert twee blokspanningen die zijn uitgevoerd naar de uitbreidingskonnektor:  $\Phi 1$  op pin 30a en  $\Phi 2$  op pin 27a. Met behulp van de snoop kan men zien of op beide punten een blok golf van 1 MHz aanwezig is met een top-top waarde van minimaal 3 V. Niet of slecht functioneren van de generator is meestal te wijten aan condensator C1, diode D1 of IC9.

Hiermee hebben we de meest voorkomende gebreken behandeld. Er zijn natuurlijk nog genoeg andere storingen en fouten denkbaar, maar de kans dat deze optreden is zo klein dat we daar verder niet op ingaan.

### En nu . . .

. . . is het zover dat de junior-computer klaar staat om er mee te gaan werken. Met behulp van het junior-computerboek leert men het programmeren stap voor stap, zonder moeilijk te doen. Elk onderdeel wordt toegelicht met programmavoorbeelden. En dat is juist het essentiële van het leren programmeren: men moet het doen, want programmeren in theorie levert geen zichtbare resultaten. Wij wensen alle aanstaande computerprogrammeurs veel plezier met de junior-computer. **K**