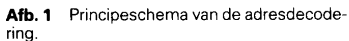


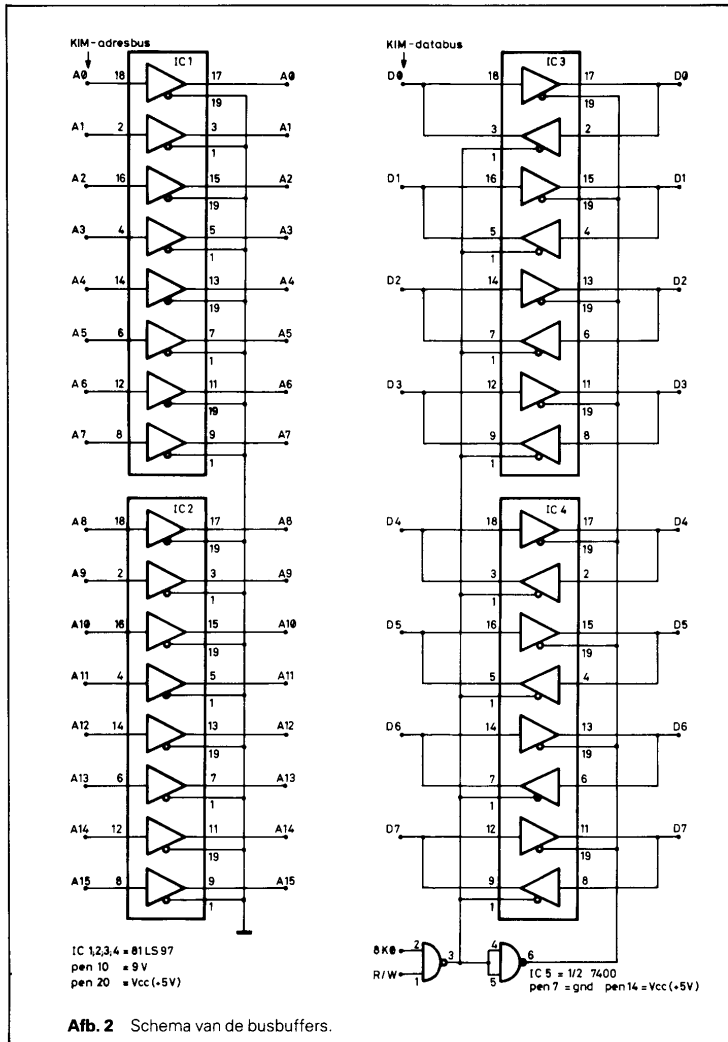
GEHEUGEN- UITBREIDING VOOR 6502-SYSTEMEN



H.J.C. OTTEN
P.G.J. DE BEER

Deze wijze van adresselectie heeft tot gevolg dat adres 0000 gelijk is aan adres 2000 en aan adres 4000, etc. Onafhankelijk van A13, A14 en A15 is de 74LS145-decoder altijd werkzaam.

65



Afb. 2 Schema van de busbuffers.

en de D-ingang aan aarde. Zo krijgen we 8 adresselectielijnen, 8K0 tot 8K7. De lijn 8K0 wordt laag als de microprocessor adres 0000 tot 1FFF adresseert, etc. De 8K-lijnen delen het geheugengebied dus op in 8 blokken van 8K.

De geheugenadressen, waarvan de computer gebruik maakt, bevinden zich in de laagste 8K. Hierbij hoort de selectielijn 8K0.

Door de D-ingang van de 74LS145, pin 10 bij de KIM en pin 30c bij de Junior, aan de lijn 8K0 te leggen in plaats van aan aarde, zullen de geheugenplaatsen, waarvan de computer gebruik maakt, kunnen worden geadresseerd. De hogere adressen zijn nu vrij, want dan is de lijn 8K0 hoog.

1K-selectielijnen

De gangbare geheugen-IC's hebben 10 adreslijningangen en een CS(Chip

Select)-ingang. Op de CS-ingang zal dus een selectiesignaal voor 1K moeten worden aangesloten, want 10 adreslijnen geeft 1024 mogelijkheden. De decoder 74LS145 in de computer geeft de 1K-selectielijnen voor het eigen geheugengebied, dit zijn K1 tot en met K7.

De decoder in de computer wordt geactiveerd door het 8K0-sig-naal. Op precies dezelfde wijze worden (met 8K1 en adreslijnen A10, A11 en A12) 1K-selectielijnen met IC7 opgewekt, die aansluitend K8 tot K15 worden genummerd. Het 8K-geheugenblok 2000 tot 3FFF is nu opgedeeld in 8 stuks 1K blokken, geselecteerd door K8 tot K15. Met nog een 74145 op dezelfde wijze aangesloten, maar nu met de D-ingang aan 8K2, krijgen we de 1K-selectielijnen K16 tot en met K23, geheugengebied 4000 tot 5FFF. Zo voortgaand kunnen we het gehele

geheugengebied opdelen in 64 stuks 1K-blokken, genummerd K0 tot en met K63.

Vectorselectie

Zeër belangrijke geheugenadressen zijn de adressen waar de interruptvectoren en de resetvector vandaan worden gehaald. Bij de 6502 zijn deze geheel boven in het geheugengebied geplaatst, adressen FFFA tot FFFF. Bij de genoemde systemen zonder de bovengescreven uitbreiding is adres FFFA gelijk aan adres 1FFA. Er bevindt zich een ROM op dat adres, waar de vectoren zoals het behoort vast in staan.

Gaan we nu het gehele geheugengebied gebruiken, dan is adres 1FFA niet meer gelijk aan FFFA en zal de vector van adres FFFA etc. worden gehaald. De bovenste geheugenruimte zal dus een ROM moeten bevatten, waar de vectoren in staan. Als we de systeemmonitor willen gebruiken, zullen de vectoren precies hetzelfde zijn als de vectoren op adressen 1FFA. Er is een eenvoudige truc mogelijk waardoor de vectoren nog steeds in de systeem-ROM staan en toch het geheugen kan worden uitgebreid. De reden, dat als decoder een 74145 is gekozen, is dat dit IC open-collectoruitgangen heeft. Het is dan mogelijk uitgangen samen te nemen. De truc is dat we de selectielijn 8K0 en 8K7 samen nemen. Adresruimte 0000 tot 1FFF valt nu samen met adresruimte E000 tot FFFF, zodat de vectoren van adres 1FFA tot 1FFF worden gehaald, weer uit de systeem-ROM. De lijnen 8K2 tot en met 8K6 zorgen ervoor dat het geheugengebied 2000 tot D000 vrij is.

Het resultaat is dat er voor de computer niets verandert, behalve dat er geheugen vanaf adres 2000 beschikbaar is. Als voor alle adresdecoders 74145 IC's worden gebruikt, kunnen we de vectoren boven in elk willekeurig KX-blok plaatsen door de bijbehorende KX-selectielijn met 8K7 te verbinden. Als ook 8K7 is gebruikt voor de selectielijnen K56 tot en met K63 gaat K63 de rol van 8K7 overnemen. Voorlopig zullen we wel genoeg hebben aan 8K2 tot 8K6 voor geheugenuitbreiding en de vectoren uit de systeemmonitor, zodat 8K0 en 8K7 op de print zijn doorverbonden.

Busbuffers

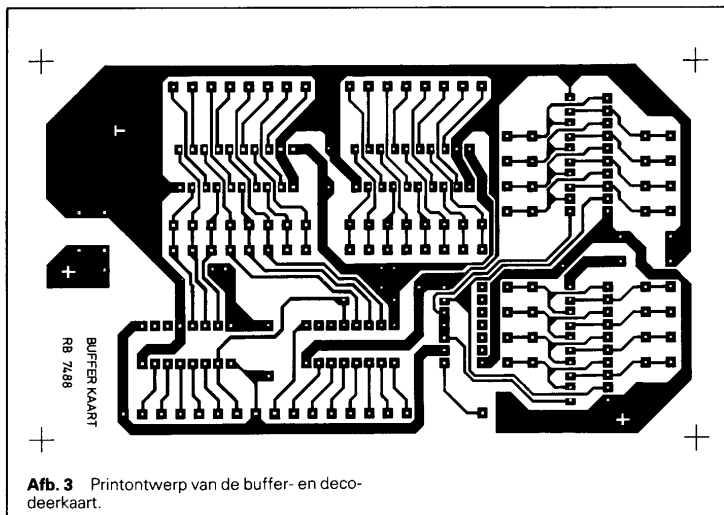
De 6502 microprocessor is aan TTL-schakelingen aangepast. Toch kunnen de uitgangen niet te zwaar worden belast. Uit de gegevens van de 6502 is bekend dat een uitgang maximaal 1 TTL-ingang en een capaciteit van 130 pF kan sturen. Dit geldt voor alle uitgangen, ook voor de data-aansluitingen in de „write“-toestand. Geheugen-IC's zoals de 2102, 2114, 2516 en

2716 zijn meestal MOS IC's met hoogohmige ingangen en verwaarloosbare ingangsstromen. Niet verwaarloosbaar is de ingangscapaciteit, gemiddeld 10 pF per ingang. Ook lange kabels aan de bus vormen een flinke capacitieve belasting. Bufferen van de adres- en databus wordt noodzakelijk als er meer dan 8K geheugen aan de 6502 wordt gehangen.

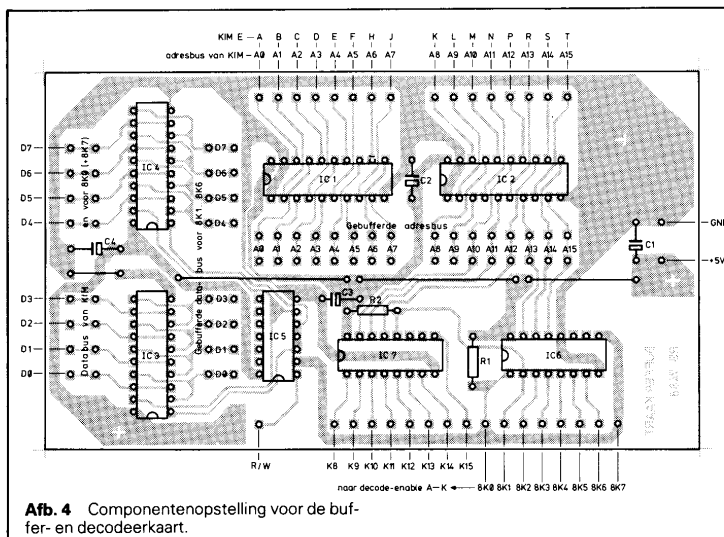
Het bufferen van de adresbus is eenvoudig omdat dit een eenrichtingsbus is. In afb. 2 is te zien hoe met twee stuks 81LS97, ieder 8 tri-state buffers bevattend, alle 16 adreslijnen, die van de computerprint afkomen, zijn gebufferd. Door de tri-state stuurlijnen vast aan aarde te leggen zijn deze buffers altijd werkzaam.

De databus is niet zo eenvoudig te bufferen, want dit is een bi-directionele bus. Data kan vanuit de microprocessor naar het geheugen worden gestuurd (write), maar ook de andere kant op is datatransport mogelijk (read). De stroomrichting van de data wordt aangegeven door het R/W-sig-naal. R/W is laag bij een write-operatie en hoog bij een read-operatie. Een databusbuffer zal ook bi-directioneel moeten zijn. Dit is mogelijk door twee tri-state buffers te koppelen: de ingang van de ene aan de uitgang van de andere en omgekeerd (zie afb. 2). Slechts één van de tri-state buffers mag worden geactiveerd, wat wordt bepaald door de datastroomrichting. De databuslijn wordt dus voor beide stroomrichtingen gebufferd. De stuur-ingang van de ene tri-state buffer zal de inverse van de stuur-ingang van de andere tri-state buffer moeten zijn. Het stuursignaal voor de sturingen zal R/W zijn. De bovenbeschreven wijze van bufferen van de databus gaat alleen maar goed als de buffer direct achter de microprocessor wordt geplaatst. Bij enkelkaart-systemen als de KIM, Junior, AIM enz. is dit niet mogelijk, omdat de databus ongebufferd aan de geheugen-IC's op de print wordt toegevoerd. We zullen ons tevreden moeten stellen met het bufferen van de databus voor het geheugengedeelte dat niet door de processorkaart is gereserveerd, dat wil zeggen voor het geheugengebied boven adres 2000.

Dit houdt in dat de buffer niet mag worden geactiveerd in de richting van de microprocessor bij een read-operatie uit het geheugengedeelte van de processorkaart. Het selectiesignaal 8K0 wordt daarom ook opgenomen in de stuursignalen voor de buffer, want 8K0 is laag bij adressen in het geheugengebied. Dit leidt tot het volgende: Bij een read-operatie (R/W is hoog) uit het geheugengebied van de processorkaart (8K0 is laag) is de databuffer geactiveerd van de microprocessor af.



Afb. 3 Printontwerp van de buffer- en decodeerkaart.



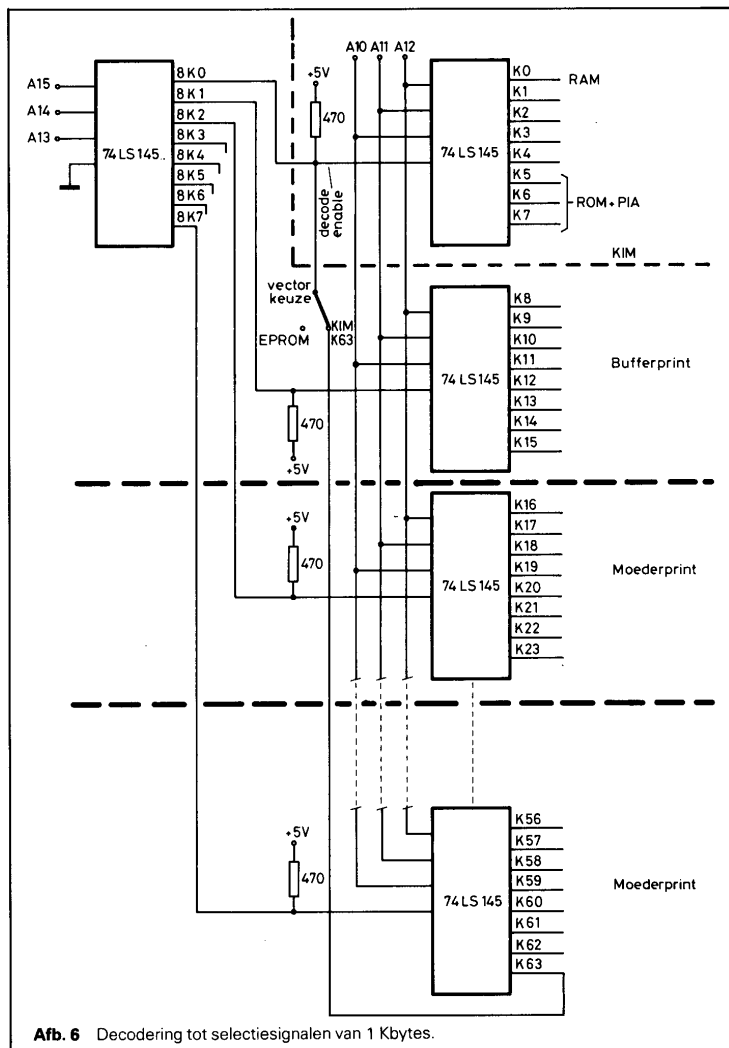
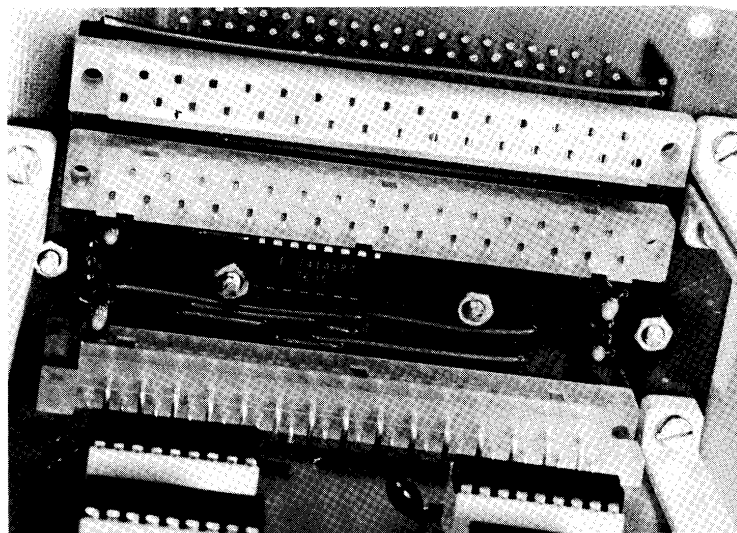
de computer en de print moeten zo kort mogelijk worden gehouden. De ongebufferde databus is op de print weer beschikbaar voor geheugenuitbreiding in het gedeelte 0300 tot 13FF. De voeding is gemakkelijk van de processor-voeding af te tappen, het stroomverbruik is ongeveer 100 mA maximaal.

De juiste werking van de print is te controleren door de computer met de print in werking te stellen. Als alles goed is, werkt deze combinatie normaal. Bij het kiezen van een adres boven adres 2000 zal de computer als data het pagina nummer van het geheugenadres laten zien, bijvoorbeeld adres 2000 geeft op de display's „2000 20“.

Moederprint

Een gemakkelijke manier om de bovengenoemde geheugenuitbreiding daadwerkelijk te verwezenlijken is de toepassing van moederprinten. Dit is een bus-print, voorzien van connectoren en printsteunen, waarin vier geheugenkaarten kunnen worden gestoken. Op een moederprint kan aldus maximaal 16K aan geheugen worden ondergebracht. Het maakt daarbij niet uit of het 2K RAM-, 4K RAM-, 2K EPROM- of 4K EPROM-kaarten zijn. Wel ligt door de keuze van een connector de plaats in het geheugengebied vast. Voor de selectie is ook op de moederprint een 74145 decoder-IC aanwezig, dat de betreffende 1K-selectielijnen genereert, zie afb. 6. Dit IC wordt zelf geselecteerd door een 8KX-lijn van de eerste bufferprint. Een bufferprint samen met een moederprint resulteert in een zelf te bepalen

Afb. 5 Detail van de moederprint.



Afb. 6 Decodering tot selectiesignalen van 1 Kbytes.

geheugenblok van 16K, waarbij de adres- en databus zijn gebufferd.

Overzicht

Het samenstel van een aantal bufferen moederprinten is te zien in afb. 7. Vanaf de computer komen de ongebufferde adres- en databus en een aantal controlelijnen. Deze worden op de eerste bufferprint gebufferd. De adreslijnen A13, A14 en A15 worden gedecodeerd tot 8KX-lijnen. Het 8K1-sig-naal wordt samen met de adreslijnen A10, A11 en A12 omgezet in de selectiesignalen k8 tot en met k15. De gebufferde adres- en databus worden doorgevoerd naar de eerste moederprint. De lijnen k8 tot en met k15 dienen voor de selectie van de eerste twee connectoren, die elk een geheugen van 4 Kbytes kunnen bevatten. Dit kan RAM of EPROM zijn. Bij de geheugen kaarten van 2Kbytes dienen alleen de signalen k8 en k9 of k12 en

Dan is nu 56 Kbytes van het totale geheugengebied te adresseren. De overblijvende 8 Kbytes kunnen in de laatste twee connectoren van een vierde moederprint worden ondergebracht met gebruikmaking van het decoder-IC. Hieraan wordt het 8K7-sig-naal aangeboden. Voor deze moederprint hoeft geen bufferprint te worden opgenomen, omdat in dit geval in totaal precies 24 Kbytes aan geheugen wordt gestuurd. Die laatste twee connectoren zullen veelal voor EPROM's worden gebruikt, doordat de diverse

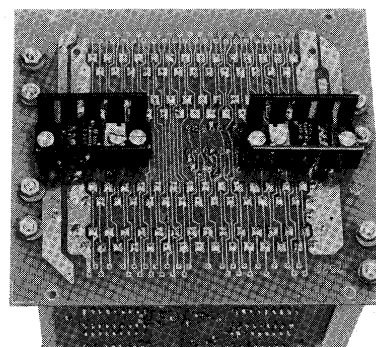


Bouw

Afb. 9 Printontwerp van de moederprint.

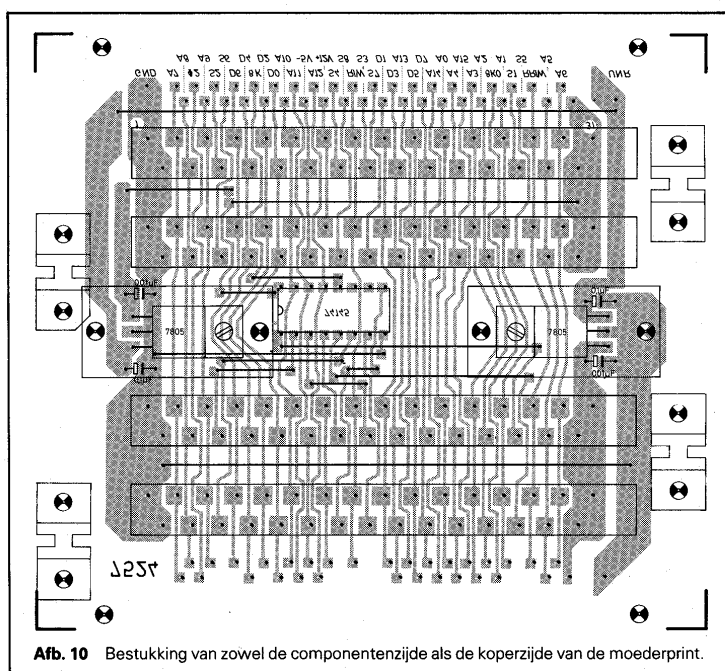
Voeding

sator-IC's opgenomen, omdat vier statische RAM-schakels, voorzien van „low power Schotky” 2114L's, samen ongeveer 1,7 A verbruiken. Daarvoor zijn dus twee stabilisator-IC's (7805), elk 5 V, 1 A, voldoende. Tevens levert een moederprint de voedingsspanning voor een bufferprint. De stabilisator-IC's worden, voorzien van een koelvin, aan de achterzijde



Afb. 11 Montage van de twee spanningstabilisatoren met hun koelelementen.

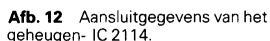
van een moederprint aangebracht, zie afb. 11. De +12 V en de -5 V voedingsspanning voor een EPROM-kaart van 2 Kbytes moeten apart aan de moederprint worden toegevoerd op de plaats waar dat nodig is.



Afb. 10 Bestukking van zowel de componentenziide als de koperzijde van de moederprint

4K RAM-geheugen

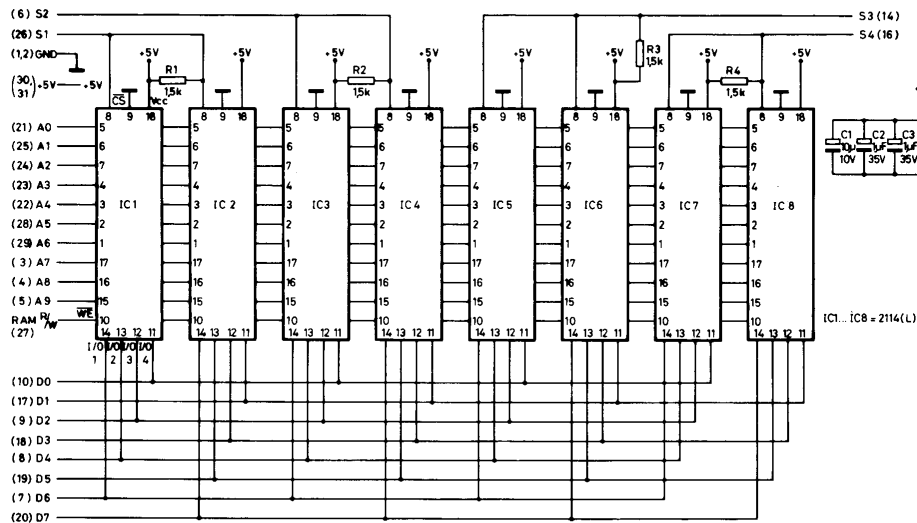
We hebben nu de mogelijkheid veel geheugen toe te voegen; een print met veel geheugen en weinig plaats innemend is een goede aanvulling. Een snel in prijs dalen geheugen-IC is het type 2114, een 4K x 1 bit statisch RAM-geheugen. Voor 1 Kbytes RAM-geheugen zijn maar twee stuks 2114 nodig. Op een print van het Eurocard-



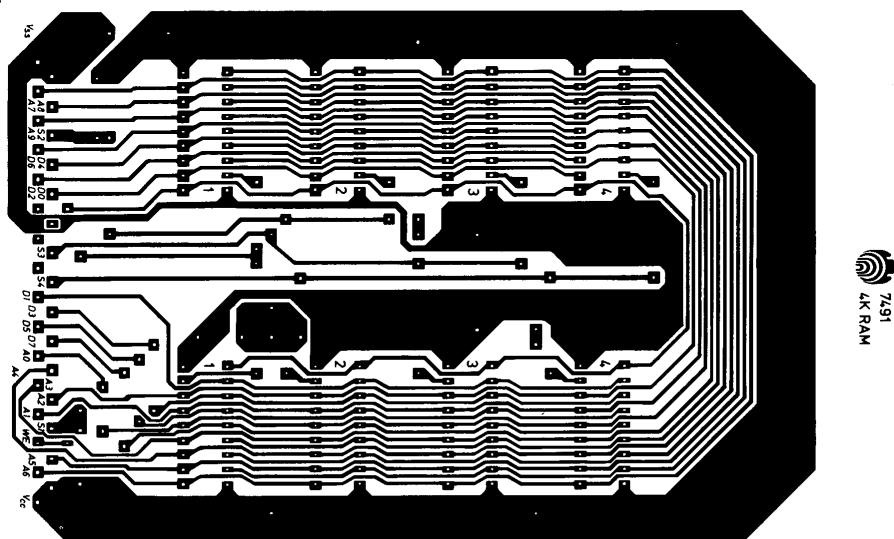
Bij de 2114 zijn de data in- en uitgangen gecombineerd, waardoor het aantal aansluitpennen beperkt blijft tot 18 en geen tri-state buffers nodig zijn, zoals bij de 2102 IC's op de BEM-1-print.

IC's, trekweerstand voor de chipselectlijnen, in overeenstemming met de andere geheugenprints S1, S2, S3 en S4 genoemd, en een aantal ont-koppelcondensatoren.

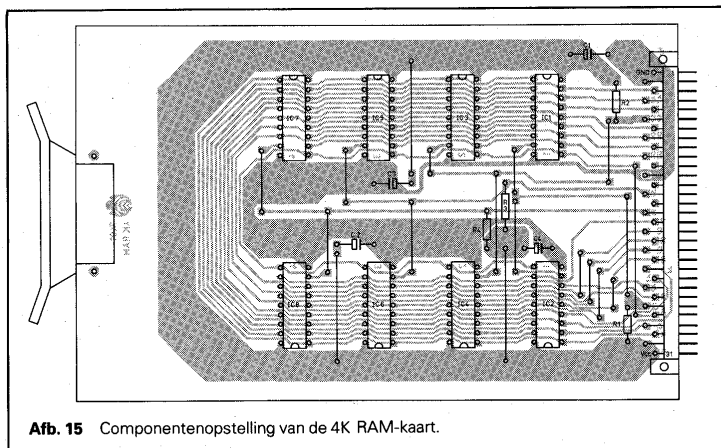
De print voor de 4K RAM is enkelzijdig (afb. 14), een aantal doorverbindingen was onvermijdelijk. Dit nadeel weegt niet op tegen de kosten van een dubbelzijdige print. De componentenopstelling is in afb. 15 te zien. De IC's kunnen het beste in IC-voetjes wor-



Afb. 13 Schema van de 4K RAM-kaart.



Afb. 14 Printontwerp voor de 4K RAM-kaart.



den geplaatst. Vervisselen van een verkeerd IC is dan veel gemakkelijker.

De printconnector

De 4K RAM-print wordt voorzien van een (DIN 41617) 31-polige connector, dezelfde als van de BEM-1 print. Ook de aansluitingen zijn op dezelfde punten van de connector geplaatst. Omdat er 4K RAM op de print aanwezig is, moeten er nog twee selectielijnen (S3, S4) extra worden toegevoerd. Twee nog niet gebruikte connector-aansluitingen worden hiervoor gebruikt (16 = S3, 14 = S4). De connectoraansluitingen inclusief deze uitbreiding zijn in tabel 1 opgenomen.

De 4K RAM-print kan eventueel in het geheugengedeelte 0300 tot 13FF van de computer worden geplaatst, dat

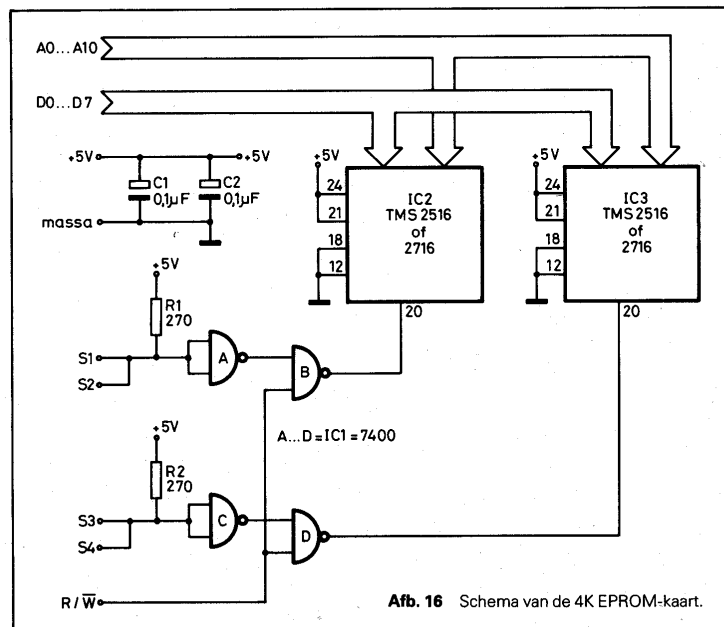
dan geheel vol is.

4K EPROM-kaart

De 4K EPROM-kaart is geschikt voor twee typen EPROM's, de TMS2516 en de 2716, waarvan de laatste de meest gangbare is. In combinatie met het EPROM-programmeerapparaat (blz. 41) heeft u zo de beschikking over het nodige gereedschap om programma's, als een assembler, hogere programmeertaal, bootstrap-loader of eigen ontwikkeling, in ROM onder te brengen en van daaruit te laten draaien.

Selectie

Op één kaart zijn twee EPROM's geplaatst met elk 2 Kbytes aan geheugen.



gen. Totaal wordt zo een geheugen-gebied van 1000 hex. bestreken. De selectie is gerealiseerd door middel van de lijnen S1 tot en met S4, die elk een gebied van 1 Kbytes adresseren. Door twee lijnen te combineren in een „Wired OR” ontstaan 2 Kbytes selectiesignalen, geschikt voor één EPROM (zie afb. 16). In de wijze van selecteren van de EPROM bestaan kleine verschillen tussen de 2516 en de 2716. De 2516 kent een „power down” (pen 18) en een „chip select” (pen 20), zie afb. 17. De 2716 kent een „chip enable” (pen 18)- en een „output enable” (pen 20)-mogelijkheid. De werking is echter bijna gelijk. Wordt pen 20 laag gemaakt, dan komt de EPROM in de normale actieve toestand en kan er worden gelezen. Is deze pen hoog, dan bevindt de EPROM zich in de zogenoemde „power down”-toestand, waarbij de totale dissipatie met ongeveer 75 % afneemt. Het is daarbij niet mogelijk data uit te lezen. Wanneer pen 18 laag wordt gemaakt, wordt data vanuit de EPROM op de databus gezet. Op de hier beschreven print wordt pen 20 aan massa gelegd, waardoor de EPROM's altijd actief zijn. Dit is nodig, omdat de standaard typen van deze EPROM's te laat reageren op het se-

Tabel 1 Overzicht van de diverse signalen en hun aansluitpunten voor KIM en Junior.

Signaal	KIM	Junior
A0	E-A	26c
A1	E-B	26a
A2	E-C	25c
A3	E-D	25a
A4	E-E	24c
A5	E-F	24a
A6	E-H	23c
A7	E-J	23a
A8	E-K	22c
A9	E-L	22a
A10	E-M	21c
A11	E-N	21a
A12	E-P	20c
A13	E-R	20a
A14	E-S	19c
A15	E-T	19a
D0	E-15	7c
D1	E-14	7a
D2	E-13	8c
D3	E-12	8a
D4	E-11	9c
D5	E-10	9a
D6	E-9	10c
D7	E-8	10a
R/W	E-V	29c
RAM R/W	E-Z	31a
GND	E-22, A-1	4a, c, 32a, c
+5 V	E-21, A-A	1a, c
+12 V	A-N	17c
-5 V		18a
K1	A-C	29a
K2	A-D	28c
K3	A-E	18c
K4	A-F	17a
enable	A-K	30c

Tabel 2 Aansluitgegevens van de 31-polige connector, DIN 41617.

Pen	Functie	16	S3
1	GND	17	D1
2	GND	18	D3
3	A7	19	D5
4	A8	20	D7
5	A9	21	A0
6	S2	22	A4
7	D6	23	A3
8	D4	24	A2
9	D2	25	A1
10	D0	26	S1
11	A10	27	RAM R/W
12	-5 V	28	A5
13	+12 V	29	A6
14	S4	30	+5 V
15	R/W	31	+5 V

lecteren door middel van deze pen. De eigenlijke selectie gebeurt dan ook door middel van pen 18. Deze ingang reageert snel genoeg, zodat de databus niet in problemen komt. Wel is de dissipatie voortdurend 100%.

Lezen/schrijven

Op de kaart is een 7400 opgenomen. Deze heeft tot doel te voorkomen dat per ongeluk schrijven naar de EPROM desastreus gevolgen heeft. In een vorig ontwerp, de 2K EPROM-kaart, was het mogelijk naar de EPROM te schrijven. De processor plaatst daarbij data op de bus, die op de desbetreffende geheugenplaats moet worden geschreven. Door dat zelfde adres zal echter ook de geheugenplaats in de EPROM worden geselecteerd. De EPROM zal de zich hierin bevindende data eveneens op de bus willen zetten. Doordat nu twee drivers tegelijkertijd van de bus gebruik willen maken, kan er een zodanig grote stroom gaan lopen, dat er iets kapot gaat. Door het selectiesignaal via een poortschakeling te combineren met de „read/write“-lijn, resulteren schrijfacties niet meer tot de selectie van de betreffende EPROM.

Hardware

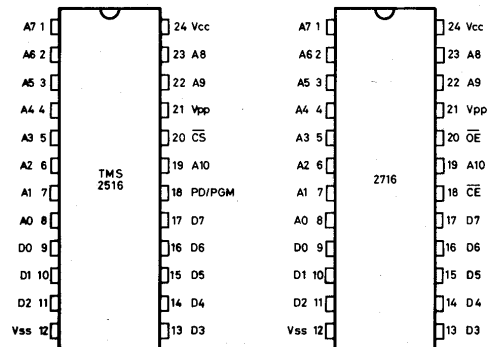
Er is voor 2 Kbytes geheugen-IC's een extra adreslijn nodig en dat is A10. Deze is op de geheugenmoederprint reeds aanwezig op de tot nu toe nog niet gebruikte pen 11. A10 dient hier feitelijk als 1K-selectiesignaal. De selectielijnen S1 en S2, evenals S3 en S4, zijn aaneengekoppeld en voorzien van een trekweerstand naar de +5 V. Dit is mogelijk, omdat, zoals gezegd, het selectie-IC, de 74LS145, open-collector-uitgangen bezit. Pen 21, Vpp, van de EPROM's is aan de positieve voedingsspanning gehangen, wat voor de lees-mode noodzakelijk is.

Bouw

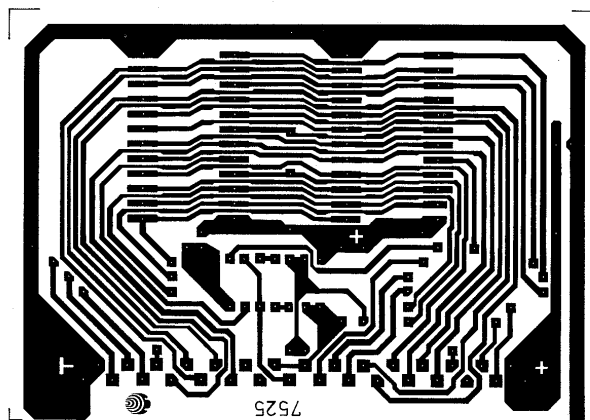
Deze is betrekkelijk eenvoudig. Eerst worden de doorverbindingen aange-

bracht, de weerstanden en de tantaal-elco's. Vervolgens de IC-voetjes en de connector. Het 7400-IC wordt geplaatst en dan de EPROM's. De print kan eventueel hoger worden gemaakt, waardoor er ruimte ontstaat

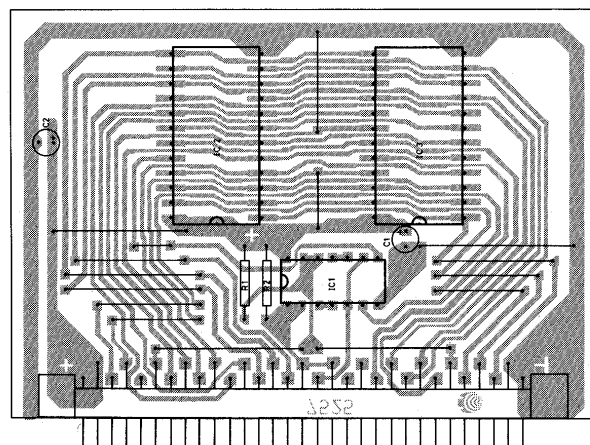
voor een handvat. De kaart laat zich dan gemakkelijker uit de moederprint verwijderen. Het printontwerp en de componentenopstelling zijn te zien in afb. 18 en 19.



Afb. 17 Aansluitgegevens van de TMS2516 en de 2716.



Afb. 18 Printontwerp voor de 4K EPROM-kaart.



Afb. 19 Componentenopstelling van de 4K EPROM-kaart.