



64 K op een
eurokaart

universele geheugenkaart

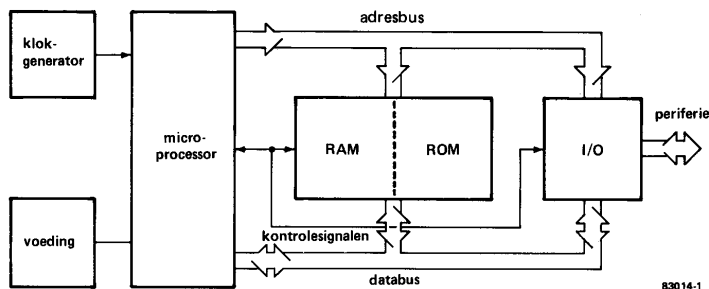
Door de ontwikkeling van steeds krachtigere geheugen-IC's is het nu mogelijk een opvolger van de RAM/EPROM-kaart te presenteren met een veel grotere geheugenkapaciteit op zelfde printoppervlakte. De nieuwe universele geheugenkaart is geschikt voor diverse microprocessorsystemen met een 8 bits "brede" databus en kan maximaal 64 Kbyte RAM of EPROM bevatten. Een combinatie van beide geheugentypen is ook mogelijk. Bij toepassing van CMOS-RAM's is het zelfs mogelijk de geheugeninhoud gedurende langere tijd te bewaren met behulp van een batterijvoeding, zodat de opgeslagen data na het uitschakelen van de computer niet verloren gaat.

universele geheugenkaart
elektuur maart 1983

Wie sinds het prille begin met het SC/MP-systeem of met de junior computer heeft gewerkt, weet hoe snel de hele voorraad aan geheugen is "verbruikt" bij het basissysteem. Om aan de behoefte naar meer geheugenruimte te voldoen kwamen dan ook de 4-K-RAM-kaart, de RAM-EPROM-kaart en de dynamische RAM-kaart. Door de ontwikkeling van IC's met steeds grotere geheugenkapaciteit was het mogelijk steeds meer geheugen op dezelfde printoppervlakte (en tegen lage prijzen) onder te brengen. Laten we eens gaan kijken naar figuur 1, waarin te zien is welke plaats het geheugen bij een microprocessorsysteem inneemt. Zo'n systeem bestaat uit een microprocessor (met zijn diverse registers, de program

counter en de ALU), een klokgenerator, geheugen, I/O en een voeding. De klokgenerator is bij sommige microprocessors ingebouwd. Voor het opslaan van data is de RAM aanwezig, terwijl de (EP)ROM gezegd de "werkenwijzingen" voor de processor bevat. Meestal bevindt zich in de ROM het zogenaamde monitorprogramma voor de computer. Als de computer als ontwikkelingssysteem wordt gebruikt is ook nog de mogelijkheid aanwezig om data met de bijbehorende adressen in te geven en de programmaresultaten uit te geven – als stuursignalen voor externe apparaten (periferie) of als informatie op een uitlezing. De voeding zorgt tenslotte voor de noodzakelijke energie voor het hele systeem.

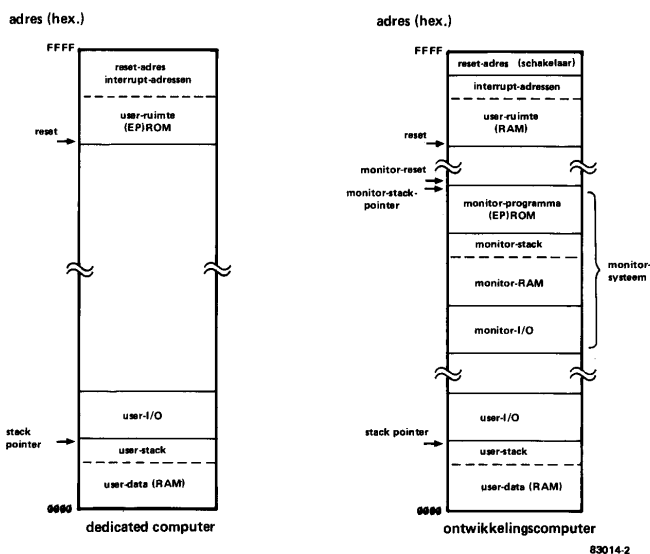
1



universele geheugenkaart
elektuur maart 1983

Figuur 1. Een microprocessorsysteem bestaat in het algemeen uit een microprocessor met geheugen en I/O. De microprocessor verricht al het "rekenwerk", waarbij data in de RAM kan worden opgeslagen en weer uitgelezen. De ROM bevat de "monitor" voor de microprocessor. Het blok I/O verzorgt de communicatie tussen computer en "buitenwereld".

2



Figuur 2. Bij een ontwikkelingsysteem, zoals de junior of de SC/MP, is een gedeelte van het geheugenbereik uitgerust met RAM's. Een groot deel van het totale adresseerbare geheugenbereik wordt in beslag genomen door het monitorprogramma. Dit programma bevat hoofdzakelijk zogenaamde routines voor het in- en uitvoeren van data. Bij een "dedicated" systeem, zoals intelekt, tijdseinprocessor en doka-computer ontbreekt het zogenaamde monitorprogramma.

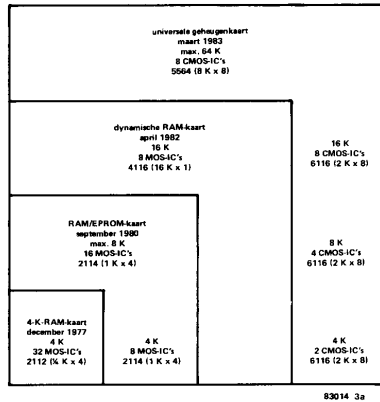
De adressen, data en controlesignalen die de computer verwerkt en uitvoert lopen via de adresbus, de databus en de controlebus. Op verdere bijzonderheden en details zullen we op deze plaats niet ingaan. Alleen het blok geheugen wordt wat nader bekeken.

Applikatie- en ontwikkelingssystemen

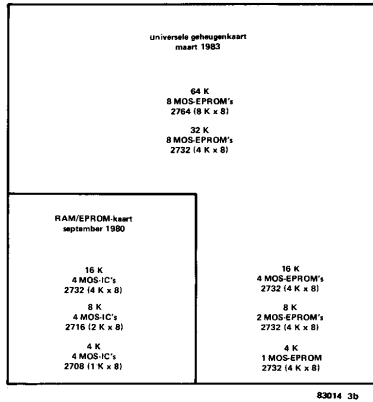
De computersystemen kunnen grofweg worden verdeeld in twee soorten: de applicatie- (z.g. dedicated) en ontwikkelingssystemen. Die verdeling komt hier even ter sprake omdat de geheugenopbouw bij elke soort verschilt. Dat is te zien in figuur 2. Bij de zogenaamde hobbycomputers (SC/MP, junior enz.) hebben we te maken met ontwikkelingssystemen. Deze hebben dan ook

een geheugenopbouw volgens figuur 2b. Voor het programmeergeheugen worden RAM's toegepast. In de bovenste geheugens is het reset-adres opgeslagen. Dit adres wordt meestal aangeroepen door middel van een schakelaar (reset-toets). Een groot gedeelte van het totale adresseerbare geheugenbereik wordt ingenomen door het monitorprogramma. Dit bestaat uit een (EPROM) dat de bedieningskommando's bevat, een RAM voor de opslag van tussentijdse gegevens en een input/output-programma. Het monitorprogramma bevat voornamelijk programma's (routines) voor het in- en uitvoeren van data, zoals een input-routine, een output-routine, uitlezen van het geheugen, inlezen van het geheugen.

3a



b

universele geheugenkaart
elektuur maart 1983

Een applicatiesysteem is een computer die ontworpen is voor een specifieke toepassing, zoals intelekt, tijdseinprocessor en doka-computer. Het programmeergeheugen bestaat hier uit een (EP)ROM, terwijl een monitorprogramma niet nodig is. We hebben dus gezien dat de geheugenindeling bij de twee verschillende soorten systemen sterk verschilt. Bij de hobby-computers en personal computers gaat het echter altijd om ontwikkelingssystemen, waarbij dus wel RAM nodig is in een flinke hoeveelheid. Een "gewone" computer heeft een 16 bits "brede" adresbus, zodat het totale adresseerbare geheugenbereik $2^{16} = 65536$ plaatsen bedraagt, 64 K in vaktal ($2^{10} = 1024 = 1 K$, $2^{16} = 2^6 \cdot 1 K = 64 K$). Hier rijst dan natuurlijk de vraag: waarom bouw je in zo'n computer niet meteen 64 K geheugen, dan is dat probleem opgelost? Nou, zo eenvoudig gaat dan ook weer niet, zoals uit het navolgende stuk zal blijken.

De geheugenontwikkeling bij Elektuur

Figuur 3 toont de ontwikkeling van de geheugenkaarten bij Elektuur. Het begon in december 1977 met de 4-K-RAM-kaart voor het SC/MP-systeem. In die tijd waren alleen nog MOS-IC's met een "organisatie" van 256×4 bit verkrijgbaar, zodat er in totaal 32 IC's nodig waren voor een 4-K-geheugen. Tegenwoordig kan men hetzelfde bereiken met twee IC's van het type 6116. Bovendien zijn die laatste CMOS-IC's, zodat met behulp van een akku of batterij de geheugeninhoud gedurende zeer lange tijd kan worden bewaard. In de nabije toekomst zullen er 8 K x 8 bit geheugens op de markt komen, zodat met de nieuwe, hier gepresenteerde universele geheugenkaart een capaciteit van 64 Kbyte kan worden gehaald. Dat is nog eens een verschil met die 4 Kbyte uit 1977. Bij de PROM's en EPROM's is men al veel verder. Zo kan bijvoorbeeld een programma van 65536 bytes in 8 MOS-EPROM's op de universele geheugenkaart worden ondergebracht. Er zijn trouwens al 32 K x 8 bit CMOS-EPROM's verkrijgbaar . . . Twee van die IC's zouden dus samen een programma van 64 Kbyte kunnen bevatten (er is één

maar: die IC's kunnen niet op de universele geheugenkaart, en in verband met de huidige prijs zijn ze voorlopig toch niet interessant). Voor de hobbyist betekent de ontwikkeling van steeds grotere geheugen-IC's dat men tegenwoordig op een eurokaart 16 maal zoveel geheugen kan onderbrengen als 5 jaar geleden, terwijl de prijs per geheugenplaats stukken goedkoper is geworden. Vijf jaar geleden kostte 4 K RAM ongeveer 400 gulden – tegenwoordig 50 gulden! Voor programmeurs die bijvoorbeeld met CP/M® of PASCAL willen werken is dat heel interessant, aangezien voor het werken met een dergelijk systeem meestal 64 K geheugen nodig is.

De universele geheugenkaart

In figuur 4 is het schema van de universele geheugenkaart afgebeeld. Zo op het eerste gezicht niets bijzonders voor doorgewinterde geheugenkaarten-bouwers. De kaart is zo opgezet dat het mogelijk is 2 K-(2716), 4 K-(2732) of 8 K-(2764) EPROM's en 2 K-(6116) of 8 K-(5564) RAM's toe te passen. De tussen haakjes aangegeven typen zijn geheugen-IC's met allemaal dezelfde organisatie en pen-aansluitingen.

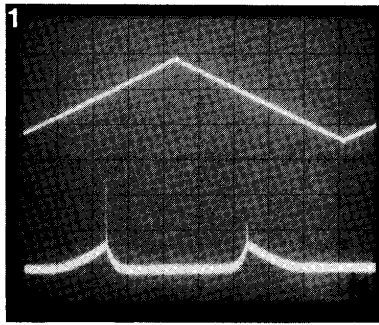
De geheugenkaart kan in twee versies worden gebouwd: één (CMOS-versie) met en één (MOS-versie) zonder "battery back-up". Met behulp van twee knooppellen is het namelijk mogelijk de CMOS-RAM's op de geheugenkaart te bufferen. Een "gemengde" inzet (CMOS- en MOS-IC's) is niet mogelijk, maar zou ook niet zinvol zijn. De stroom die de schakeling dan trekt is zo groot dat deze niet door een paar kleine batterijen geleverd kan worden.

In de CMOS-versie trekt de hele schakeling in bedrijf zo'n 200 mA. Weliswaar wordt er altijd maar één RAM (die een stroomopname van 35 mA heeft) tegelijk "aangesproken", maar de rest van de schakeling trekt ook nog 165 mA. De gemiddelde stroomopname van een RAM is minder dan 35 mA; dat hangt er van af hoe vaak in de RAM gelezen en geschreven wordt. In rust ($\overline{CE} = '1'$) trekt de RAM slechts enkele mikro-ampères. Nog een belangrijke op-

Figuur 3. De ontwikkeling van RAM- en/of EPROM-kaarten bij Elektuur. De 4 K RAM-kaart uit 1977 heeft in 1983 plaats gemaakt voor een 64 K RAM-kaart. Bij de EPROM's is de zaak uitgegroeid van 16 K in 1980 tot 64 K in 1983. En dat bij gelijkgebleven printoppervlakte. Bij de universele geheugenkaart kan men ook 2 K EPROM's van het type 2716 toepassen.

merking: Bij de CMOS-versie zijn "pull down"-weerstand, open-kollektor-IC's en de schakeling rond T1...T3 nodig. Bij het uitschakelen van de voedingsspanning moeten de ingangen \overline{CE} , \overline{OE} en \overline{WE} van de RAM's niet actief (logisch één) zijn. Dat is de reden waarom open-kollektor-IC's met pull-up-weerstanden worden toegepast. Bij het uitschakelen staat op de ingangen van de RAM's dan een "1", zodat ze op "standby" staan.

Daarmee is nog niet verklaard waarvoor de pull-down-weerstanden dienen bij sommige CMOS-RAM's. Kijk maar eens naar foto 1. Boven is de spanning op een adreslijn van een 6116-CMOS-RAM van Hitachi te zien met daaronder de stroomopname (zonder pull-up- en pull-down-weerstanden). Bij ongeveer de helft van de voedingsspanning (in dit geval de helft van 2,4 V) neemt de stroom sterk toe (tot circa 200 μ A). Deze situatie geldt voor alle adreslijnen. Dat

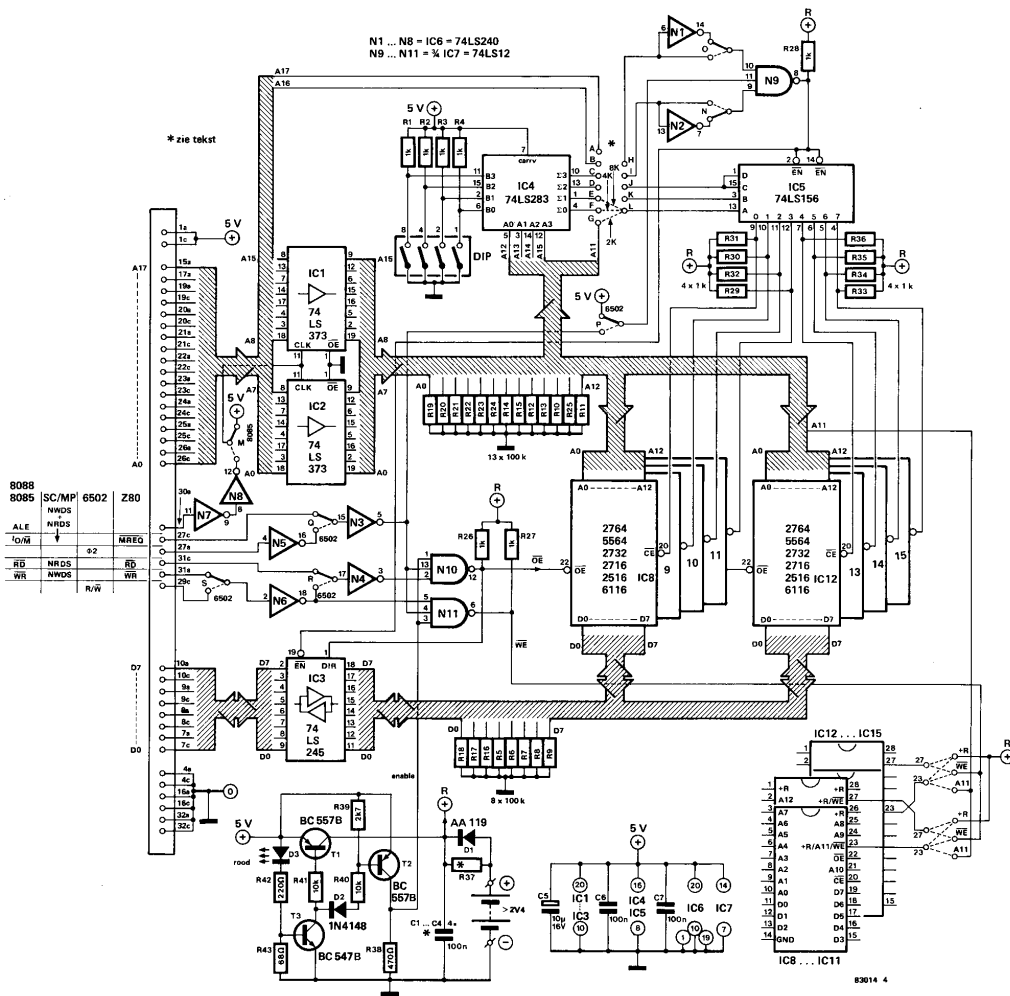


betekent in totaal een stroomopname van 2,2 mA in plaats van de door de fabrikant opgegeven 2 μ A "typical". Bij het gebruik van pull-down-weerstanden wordt deze situatie vermeden, zodat de batterijen veel langer meegaan.

universele geheugenkaart elektuur maart 1983

Figuur 4. De twee versies van de universele geheugenkaart in één schema. De MOS-versie is het goedkoopste en bevat veel minder onderdelen dan de CMOS-versie. Zo vervallen bij deze versie T1...T3, D1...D3 en alle weerstanden met uitzondering van R1...R4. Bij de CMOS-versie kan de informatie in het geheugen worden bewaard als de netvoeding wordt uitgeschakeld. Dit is mogelijk door de "power down"-schakeling rond T1...T3 in combinatie met NiCd-akku's of batterijen.

4



Rekenvoorbeeld voor het vormen van het twee-komplement van een binair getal:
 $B = 1001$
 $\bar{B} = 0110$
 1 +
 0111 twee-komplement van B
 som van B + zijn twee-komplement is:
 1001
 0111 +
 (1)0000
 ↑
 carry

Deze ongewenste stroomtoename wordt veroorzaakt door het feit dat bij een "zwevend" nivo aan de ingang van de adreslijn beide CMOS-transistoren aan de uitgang gaan geleiden. Het is echter niet zo dat overal weerstanden moeten worden gebruikt. Bij de 6116 zijn bijvoorbeeld geen weerstanden nodig bij de datalijnen. Bij IC's van andere fabrikanten kan de situatie weer anders zijn. Men kan daarom beter het zekere voor het onzekere nemen en de weerstanden altijd op de print zetten. Kwaad kan het nooit!

Bij de MOS-versie is de stroomopname al in de rusttoestand (als geen adres wordt aangeboden) aanzienlijk groter dan bij de CMOS-versie. Het voordeel van het toepassen van MOS-RAM's en EPROM's zit in de prijs. Deze IC's kosten slechts de helft van hun CMOS-ekwivalenten. Maar daarvoor wordt de stroomrekening wel wat hoger: elke 2716-EPROM trekt in rust (!) ongeveer 35 mA. Acht van die IC's hebben samen dan 280 mA nodig. Tel daarbij nog eens 165 mA voor de rest van de schakeling, en we komen op een niet onaanzienlijk ruststroomverbruik van 445 mA. Bij de MOS-versie zijn geen open-kollektor-IC's nodig, kunnen alle weerstanden (behalve R1...R4) vervallen en kunnen ook de transistoren T1...T3 worden weggelaten. Tussen de kollektor- en emitter-aansluiting van T1 en T2 wordt een draadbrugje op de print gelegd. De adres- en datalijnen van de geheugenkaart zijn, met uitzondering van A16 en A17, allemaal volledig gebufferd. De lijnen A16 en A17 worden maar zelden gebruikt (alleen

bij processoren die meer dan 64 K kunnen adresseren). Wat het aantal geheugens op de kaart betreft: natuurlijk hoeft men niet de hele hoeveelheid geheugens op de kaart te zetten. Ook met een enkele EPROM of RAM werkt alles goed.

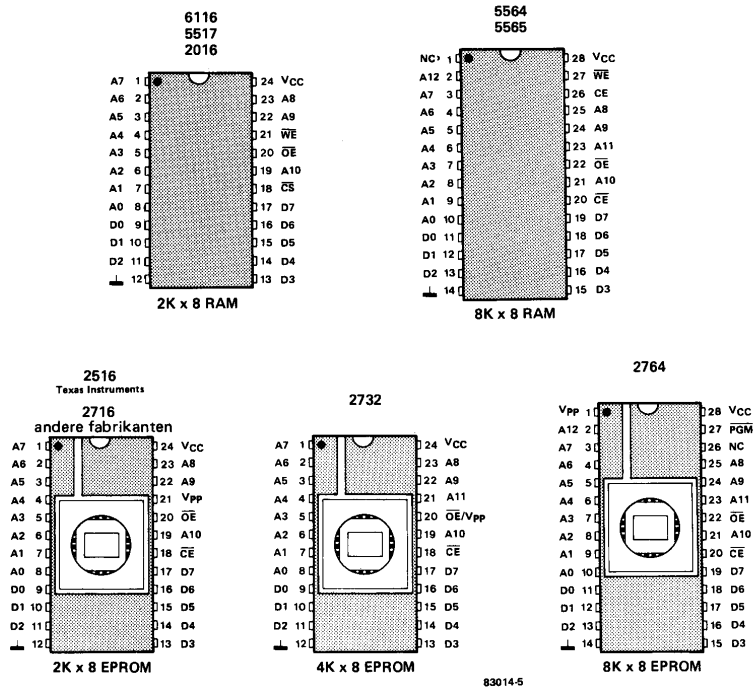
De adresdekodering

De adresdekodering van de universele geheugenkaart is nogal ongebruikelijk. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de twee-komplement-kode. Het twee-komplement van een binair getal wordt gevonden door het oorspronkelijke getal te inverteren (alle nullen worden vervangen door enen en alle enen door nullen) en daarbij 1 op te tellen. Nu is de som van een getal en zijn twee-komplement altijd nul (met een carry, maar die wordt hier verder niet gebruikt). Als het met de DIP-schakelaars ingestelde (geïnverteerde) adres dus gelijk is aan het aangeboden adres, dan is de som van die twee nul (door IC4 wordt van het geïnverteerde ingestelde adres eerst een twee-komplement gemaakt voordat wordt opgeteld). Vanaf dat ingestelde adres wordt dan de eigenlijke adresdekoder IC5, die door N9 wordt vrijgegeven, geactiveerd. Deze levert het \bar{CE} -signaal voor de betreffende RAM of EPROM, zodat deze geactiveerd wordt.

Even een voorbeeld. Men stelt met de DIP-schakelaars het adres 8000 hex in. In verband met het vormen van het twee-komplement betekent dit dat met de DIP-schakelaars 0111 moet worden ingesteld. Alleen schakelaar "8" wordt dus gesloten. Het twee-

Figuur 5. Hier is een overzicht gegeven van de op de geheugenkaart toe te passen RAM's en EPROM's. Verdere informatie, vooral over ekwivalente typen, is te vinden op de infokaarten 75...79. Bij de TI-EPROM's 2532 en 2564 is een adapter in de vorm van een "tussenvoetje" nodig in verband met de afwijkende pen-aansluitingen.

5



komplement wordt dan door IC4 gevormd door bij de ingestelde kode een "1" op te tellen (doordat de C-ingang van IC4, pen 7, aan de plus ligt). Als op de A-ingangen nu 1000 komt te staan verschijnt aan de uitgangen van IC4 0000. Stel dat we de draadbruggen hebben gelegd voor 2 K RAM's of EPROM's, dan staat bij het aangeboden adres aan de ingangen A, B en C van IC5 000. Bij adres 8000 is adreslijn A11 ook "0". Bovendien staat op de enable-ingangen van IC5 (pen 2 en 14) het activeringssignaal "0". De adresdekoder is dan ingeschakeld en geeft aan zijn uitgang "0" een CE-sigitaal voor IC8, zodat deze RAM of EPROM wordt "ingeschakeld". Staat op de adresbus 8800, dan staat op adreslijn A11 een "1". De uitgangen van IC4 zijn dan ook 0000 en de adresdekoder activeert de tweede RAM of EPROM. Zo kan men alle lijnen voor de geheugens nalopen. Dit voorbeeld laat tevens zien dat het niet mogelijk is zonder meer IC's van verschillende geheugengrootten door elkaar te gebruiken.

Als het geheugenbereik in 8 K blokken wordt verdeeld, dan worden alle mogelijke adressen van de totale 64 K "aangesproken" (ook als niet alle IC-voetjes bezet zijn). Als bijvoorbeeld adres 8000 is ingesteld gaat het geheugen na het bereiken van het hoogste adres FFFF verder bij 0000 en loopt dan op tot 7FFF. Als de monitor ergens in dat bereik zit gaat er natuurlijk iets mis in dat geval. Er is hiervoor een oplossing. Men kan bepaalde bereiken van het geheugen blokkeren met behulp van de adreslijnen A16 en A17. Welke blokken dat zijn kan men zelf nagaan op dezelfde manier als we in het zojuist behandelde voorbeeld hebben gedaan. Daarbij moet men er van uit gaan dat IC5 "ge-enabled" wordt als alle ingangen van N9 logisch 1 zijn. Afhankelijk van de draadbruggen bij de punten N en O worden de signalen op de adreslijnen A16 en A17 wel of niet geïnverteerd.

Bij de processoren die "slechts" met 64 K kunnen werken worden de adreslijnen A16 en A17 niet gebruikt. De aansluitingen 9 en 10 van N9 moeten dan aan +5 V worden gelegd (bij de getekende draadbruggen bij N en O is het dus voldoende de ingangen van N1 en N2 aan nul te leggen).

De stuursignalen

De door de diverse processoren geleverde stuursignalen zijn niet allemaal aan elkaar gelijk. De geheugenkaart kan aan een specifieke processor worden aangepast door middel van enkele draadbruggen, zoals in nevenstaande tabel is aangegeven. Let er op dat de databusbuffer alleen data uitgeeft als een RD-sigitaal aanwezig is. De 8085-processor kan niet zonder meer op de geheugenkaart worden aangesloten, aangezien deze zijn data en adressen multiplext. De data en adressen moeten eerst gescheiden worden voordat deze worden aangeboden aan de geheugenkaart.

De geheugenkaart kan ook bij de Sinclair ZX 81 worden gebruikt als 16 K RAM-kaart. Daartoe worden A0...A14 en D0...D7 van de geheugenkaart verbonden met de computer en de draadbruggen voor de stuursignalen gelegd zoals aangegeven voor De Z 80. A15 op de geheugenkaart moet aan nul worden gelegd. Het adres wordt nu met de DIP-schakelaars ingesteld op 4000hex (alleen schakelaar "4" sluiten). Volgens moet de interne RAM van de ZX 81 worden uitgeschakeld door ingang RAM CS (aansluiting 2a) aan +5 V te leggen.

Ook de TV-spielcomputer, die werkt met een 2650, kan draaien met deze geheugenkaart. In het draadbruggenlijstje worden daartoe de draadbruggen voor de 6502 aangehouden. Opreq van de 2650 wordt verbonden met de $\Phi 2$ -aansluiting voor de 6502. R/W van de 2650 wordt geïnverteerd en aan aansluiting R/W voor de 6502 gelegd. Bij de TV-spielcomputer is het R/W-sigitaal

Verbindingen die gelegd moeten worden voor de toegepaste IC's:

Voor 2 K RAM's en

EPROM's:

G - L
 F - K
 E - J
 D - I
 C - H

Voor 4 K EPROM's:

F - L
 E - K
 D - J
 C - I
 B - H

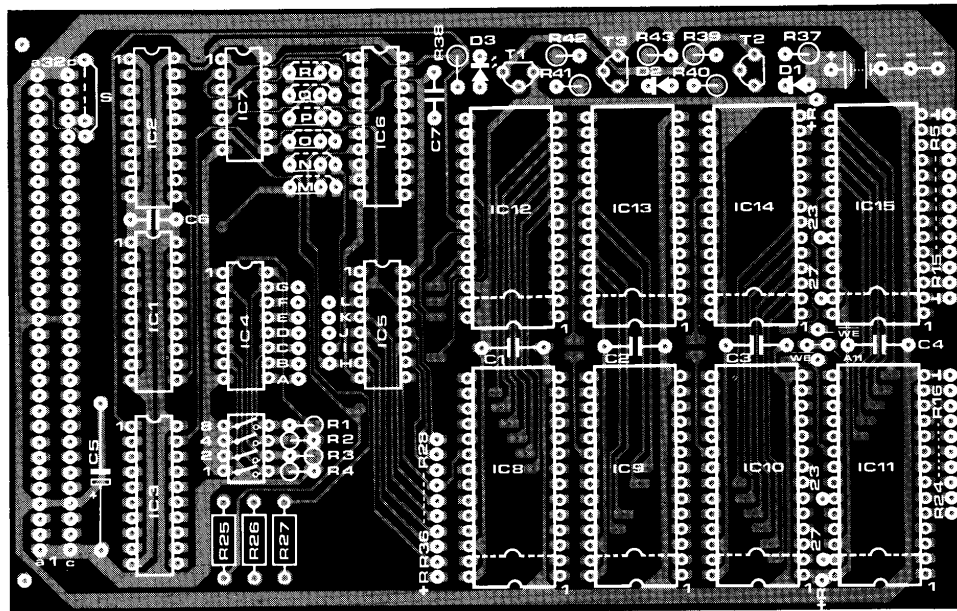
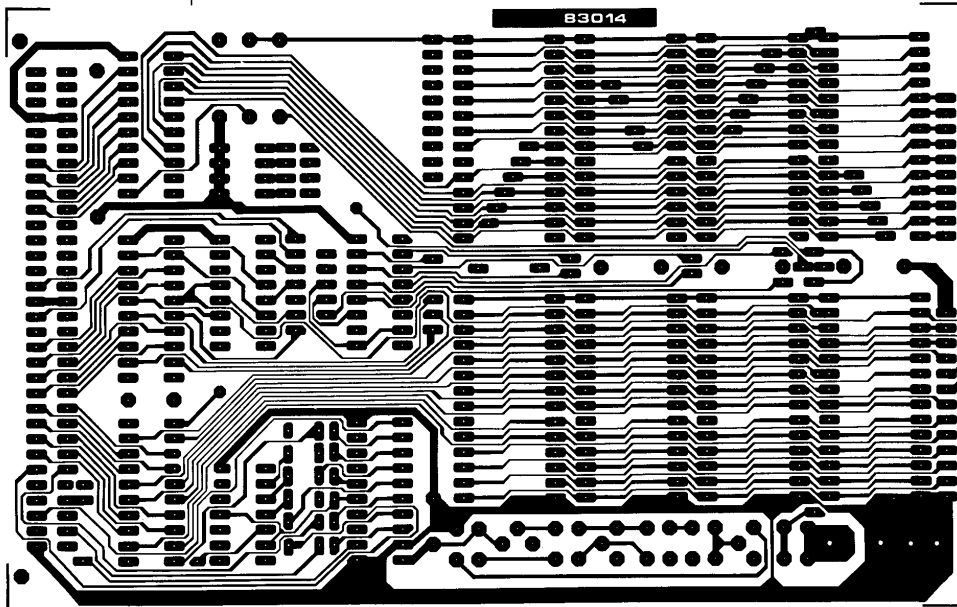
Voor 8 K RAM's en

EPROM's:

E - L
 D - K
 C - J
 B - I
 A - H

Draadbruggen voor
 aanpassing aan diverse
 processoren.

	8088	8085	SC/MP	6502	Z80
M	---	---	---	---	---
N	gewoonlijk	---	---	---	---
O	(zie adres-dekodering)	---	---	---	---
P	---	---	---	---	---
Q	---	---	---	---	---
R	---	---	---	---	---
S	---	---	---	---	---

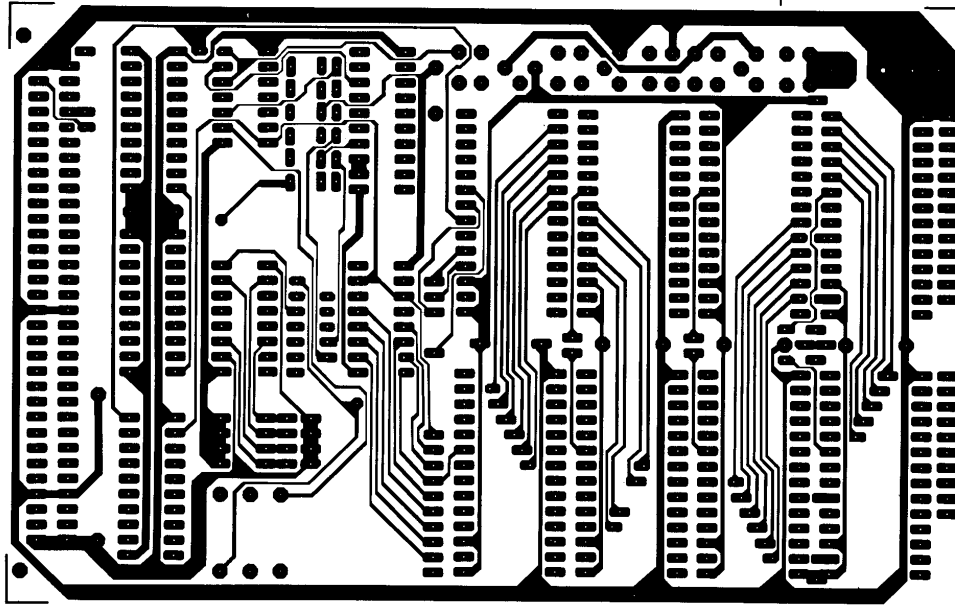


beschikbaar aan pen 17. Verder worden de adres- en datalijnen aangesloten. De lijn M/I/O blijft open, maar dat is niet erg, aangezien bij de meeste speelcomputersystemen toch geen I/O wordt gebruikt. Is dat wel het geval, dan dient men extern M/I/O met Opreq te verbinden. Bij de combinatie van universele geheugenkaart en SC/MP-systeem moet men oppassen bij de buslijn 27a. Hierop is namelijk de ingang van de oscillator aangesloten. Als

poort N5 van de geheugenkaart op deze lijn komt te hangen bestaat de kans dat de oscillator van de SC/MP ophoudt met oscilleren. Dit probleem kan men verhelpen door het printspoor naar de ingang van N5 te onderbreken of door op de CPU-kaart van de SC/MP de andere aansluiting van de oscillator te gebruiken.

"Power down" en "battery back-up"
De "power down"-schakeling bestaat uit het

komponenten-zijde



Onderdelenlijst MOS-versie

Weerstanden:
R1 ... R4 = 1 k/125 mW

Kondensatoren:
C1 ... C4, C6, C7 = 100 n
C5 = 10 µ/16 V

Halfgeleiders:
IC1, IC2 = 74LS373
IC3 = 74LS245
IC4 = 74LS283
IC5 = 74LS155
IC6 = 74LS240
IC7 = 74LS10
IC8 ... IC15 = RAM en/of
EPROM zie tekst en fi-
guur 4 en 5

Diversen:
DIP-schakelaar vierdelig
64-polige konektor
volgens DIN 41612, male

Onderdelenlijst CMOS-
versie

Weerstanden
(allemaal 125 mW):
R1 ... R4 = 1 k
R5 ... R25 = 100 k*

R26 ... R36 = 1 k*
R37 = zie tekst
R38 = 470 Ω
R39 = 2k7
R40, R41 = 10 k
R42 = 220 Ω
R43 = 68 Ω

* Alternatief:
3 weerstandsnetwerken:
2 stuks met 9 x 100 k
"common in line" +
3 x 100 k apart
1 stuks 9 x 1 k
"common in line" +
6 x 1 k apart

Kondensatoren:
C1 ... C4, C6, C7 = 100 n
C5 = 10 µ/16 V

Halfgeleiders:

D1 = AA 119
D2 = 1N4148
D3 = LED rood
T1, T2 = BC 557B
T3 = BC 547B
IC1, IC2 = 74LS373
IC3 = 74LS245
IC4 = 74 LS283
IC5 = 74LS156
IC6 = 74LS240
IC7 = 74LS12
IC8 ... IC15 = CMOS-
RAM 6116, 5564 e.d.
zie tekst en figuur 4 en 5

Diversen:
DIP-schakelaar vierdelig
64-polige konektor vol-
gens DIN 41612, male
2 ... 3 NiCd-akku's of bat-
terijen, knoepcel-for-
maat, zie tekst

Figuur 6. De print voor de universele geheugenkaart. Als men de kaart bij verschillende processoren wil gebruiken is het handig in de aansluitingen voor de draadbruggen printpennen te monteren en de doorverbindingen te maken met draadbrugges die aan elke zijde een printstekertje hebben. Op die wijze kan een draadbrugje snel en eenvoudig "verlegd" worden.

IC-toegangstijden

	6502		Z80	
	1 MHz	2 MHz	2 MHz	4 MHz
EPROM	450ns	350 ns, liefst sneller	250ns	sneller dan 350 ns!
RAM	250ns	250ns	250ns	250ns
EPROM	450ns	350 ns, liefst sneller	250ns	sneller dan 350 ns!
RAM	250ns	250ns	250ns	250ns

gedeelte rond de transistoren T1 ... T3. De functie en de noodzaak van deze schakeling bij gebruik van CMOS-RAM's is al ter sprake gekomen. De werking is als volgt. Als er geen 5 V-voedingsspanning aanwezig is spert T1. Alle op het punt R aangesloten delen van de geheugenkaart worden dan via de diode D1 gevoed uit een akku of batterij. T2 spert dan ook, zodat via N10 en N11 de RAM's worden geblokkeerd en lezen en schrijven niet mogelijk is. Als nu de voedingsspanning

wordt ingeschakeld zal deze stijgen van nul tot vijf volt. Als de spanning een waarde van ongeveer 4 V bereikt gaat T3 geleiden, waardoor ook T1 wordt opengestuurd en de stroomverzorging voor de punten R wordt overgenomen door de netvoeding. T2 wordt eveneens door T3 opengestuurd, maar doordat deze transistor via een spanningsdeler en een diode (R39, R40 en D2) op T3 is aangesloten gaat T2 iets later dan T1 geleiden. Dat betekent dat eerst de voedings-

spanning op de schakeling wordt gezet en vlak daarna via N10 en N11 de geheugens worden ge"enabled".

De "battery back-up" kan men realiseren met droge batterijen of met akku's. Bij gebruik van batterijen moet weerstand R37 worden weggelaten. Deze dient namelijk voor het opladen van de akku's. Bij gebruik van akku's wordt de grootte van deze weerstand berekend met de vuistregel:

$R = 2,5 \text{ vermenigvuldigd met } 20 \text{ maal de akkukapaciteit } (\Omega; Ah).$

RAM's en EPROM's

De onderdelenlijsten voor de MOS- en CMOS-versie van de universele geheugenkaart bevatten natuurlijk niet alle typen die kunnen worden toegepast. De vermelde typen vormen een soort verzameling van IC's met dezelfde functie, organisatie en meestal ook pen-aansluitingen. In figuur 5 zijn de pen-aansluitingen gegeven voor verschillende RAM's en EPROM's. Verdere informatie over ekwivalente typen is te vinden op de infokaarten 75 . . . 79. Let wel op bij de Texas-Instruments-EPROM's 2532 en 2564. Die kan men alleen gebruiken als hun pen-aansluitingen door middel van een "tussenvoetje" worden aangepast aan die van de andere geheugen-IC's met dezelfde functie.

Het toe te passen RAM- of EPROM-type wordt, afhankelijk van zijn grootte en functie, door middel van draadbruggen aan de pennen 23 en 27 aangepast aan de geheugenkaart. Elke aanpassing geldt steeds voor 4 IC's tegelijk (IC8 . . . IC11 en IC12 . . . IC15). Een verdere onderverdeling is alleen mogelijk door het onderbreken van de betreffende printsporen, zodat de aansluitingen voor elk IC apart kunnen worden gemaakt.

Timing

Het kan in sommige gevallen voorkomen dat bij gebruik van de geheugenkaart bij enkele processoren timing-problemen ontstaan. Deze problemen treden alleen op bij de "snellere" CPU-versies en dan ook maar alleen aan de zijde van de EPROM's. De RAM's zijn gewoonlijk snel genoeg. De nevenstaande tabel laat zien welke RAM's en EPROM's (wat betreft toegangstijd) nodig zijn bij diverse klokfrequenties.

In dit verband zijn ook de vertragingstijden van de stuursignalen van belang. Het MREQ-sigitaal komt via N3 (10 ns), N9 (10 ns), IC5 (20 ns) en IC3 (10 ns) met 50 ns (typical) vertraging als CE-sigitaal bij de RAM's en EPROM's aan. Voor het $\Phi 2$ -sigitaal geldt de volgende vertraging: N5 (10 ns) - N3 (10 ns) - N10 (10 ns), samen 30 ns "typical" voordat het als OE of WE aankomt. Het CE-sigitaal wordt uit de adressen gedestilleerd. De door de databus-buffers veroorzaakte vertraging bedraagt 10 ns. Bij deze berekeningen zijn we er van uit gegaan dat de adressen reeds aanwezig zijn en hun weg door de buffers en de adresdekoders al afgelegd hebben. Anders komt hier nog eens een vertraging bij van zo'n 37 ns.

Opbouw

Na zoveel informatie kunnen we dan beginnen met het bouwen van de universele geheugenkaart. Vóór het solderen wordt eerst de print (figuur 6) gecontroleerd op kortsluitingen, niet goed doorgemetalliseerde gaten en onderbrekingen. Dit kan men doen met een ohmmeter of iets dergelijks. Die controle is belangrijk (vooral bij de doorgemetalliseerde gaten!), want als er iets mis zou zijn met de print is dat na de opbouw heel moeilijk na te gaan. In het algemeen kan men er van uit gaan dat de door Elektuur geleverde printen in orde zijn.

Dan kan worden begonnen met het leggen van alle draadbruggen die voor een bepaalde processor nodig zijn. Daarna volgen de IC-voeten (goede kwaliteit gebruiken!) en de weerstanden (alleen nodig bij de CMOS-versie). Als men geen weerstandsnetwerk, zoals in de onderdelenlijst is aangegeven, kan krijgen, kunnen ook "gewone" weerstanden worden gebruikt. Die worden recht op gemonteerd, waarna de overblijvende aansluitingen van de weerstanden door middel van een stuk draad met elkaar worden verbonden en aangesloten op de gemeenschappelijke aansluiting op de print. Vervolgens kunnen de overige componenten op de print worden gesoldeerd. Let op dat IC5 en IC7 niet hetzelfde zijn bij de MOS- en CMOS-versie.

Bij het gebruik van NiCd-akku's voor de buffering van de CMOS-versie kan men het beste twee knooppellen nemen met soldeerstrips, zodat men ze rechtstreeks op de print kan solderen. Batterijen en akku's zonder soldeerstrips mogen niet gesoldeerd worden, daarvoor zal men een houdertje (eventueel zelfgemaakt met twee klemmetjes) moeten gebruiken.

Als alles dan op de print is gemonteerd kunnen de IC's in hun voetjes worden geplaatst en kan men de geheugenkaart op het computersysteem aansluiten. Denk er aan dat de kaart is ontworpen voor gebruik op de Elektuur-bus. Voor gebruik bij andere "bussen" is een (zelfgemaakte) adapter nodig.

Met deze universele geheugenkaart zal de geheugenbehoefte van uw computer voor de (naaste) toekomst zeker gedekt zijn! 