

universele C 64 I/O-bus

probleemloze verbinding met de buitenwereld

universele C64 I/O-bus elektuur mei 1985

Scanned, ocr'ed and converted to PDF by HansO, 2001

Een computer zonder input/output-mogelijkheden is te vergelijken met een telefoontoestel zonder hoorn. Het werkt allemaal wel goed maar.. je merkt er niets van. Ook de computer is zonder kommunikatiemogelijkheden in feite "werkloos". Eigenlijk kan deze pas echt "gebruikt" worden als er via I/O externe apparaten of schakelingen aangesloten worden. Om deze reden hebben we voor de C 64 een I/O-interface ontworpen, die werkelijk universeel te noemen is. Deze — en ook vrijwel elke andere computer kan hiermee aangesloten worden op A/D- en D/A-omzetters, parallelle en seriële interfaces, soundgeneratoren en noem maar op.

Om een of andere duistere reden schijnt het aansluiten van externe apparatuur op de computer vaak problemen op te leveren. Toch wordt de "kracht" van een computersysteem in grote mate bepaald door de aanwezigheid van I/O. Pas dan worden de mogelijkheden van zo'n systeem werkelijk benut. Waar het ook vaker aan schort, is de beschikbare hoeveelheid I/O-mogelijkheden, die als een soort rem werkt op de inventiviteit van vele computer-gebruikers. Dit "gat" in de periferie-wereld hebben we opgevuld met een universeel toepasbare I/O-bus. Het predikaat "universeel" krijgt deze niet voor niets: De bus kan aangesloten worden op vrijwel elk computersysteem. Men beschikt dan over vier afzonderlijke I/O-poorten, waarop heel wat externe schakelingen of apparaten kunnen worden aangesloten. Wij denken hier aan A/D- en D/A-omzetters, seriële en parallelle interfaces, een real-time clock, een sound-chip en nog meer van dat soort zaken. Mogelijkheden genoeg, dunkt ons. Speciaal voor deze bus komen in Elektuur een parallel interface, een RS 232-kaart en een A/D-omzetter aan bod. Deze laatste is verderop in dit nummer te vinden.

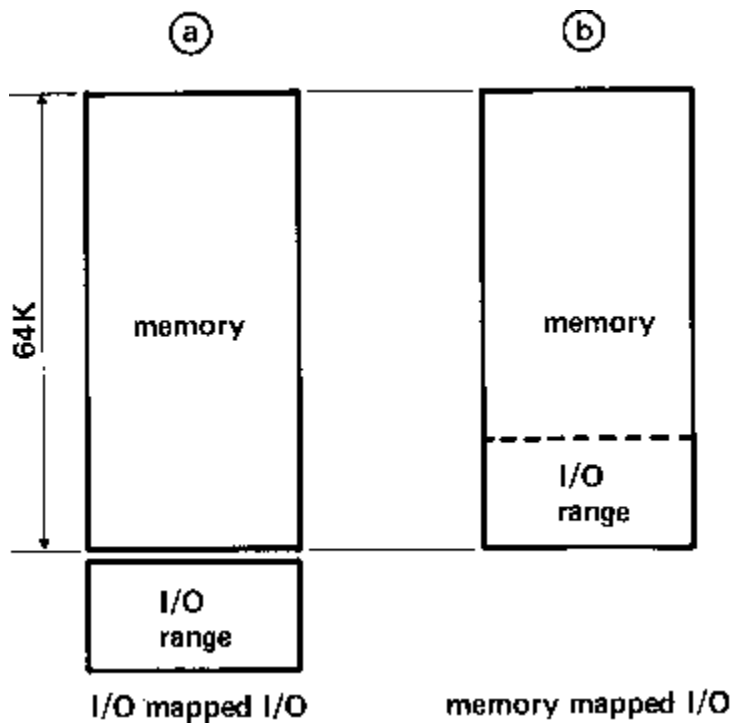
Wat theorie

Welbeschouwd wordt een computer pas "echt" gebruikt, wanneer men van de mogelijkheden gebruik maakt, die de input- en output-instructies bieden. Het hoofdtoepassingsgebied van de microprocessor is immers — en dat zal ook wel zo blijven — in de besturingssector. Maar laten we eerst eens kijken wat I/O eigenlijk is. Het hart van het computersysteem, de microprocessor, vormt samen met de omringende elektronica (geheugen, flip-flops en poorten) een op zichzelf staand geheel. Om nu met de periferie (de omgeving) te kunnen communiceren, moet er I/O gepleegd worden, dat wil zeggen: datatransfer van en naar de microprocessor. Dit kan gebeuren door middel van specifieke, op het microprocessorsysteem geënte periferie-chips, zoals PIA's, VIA's

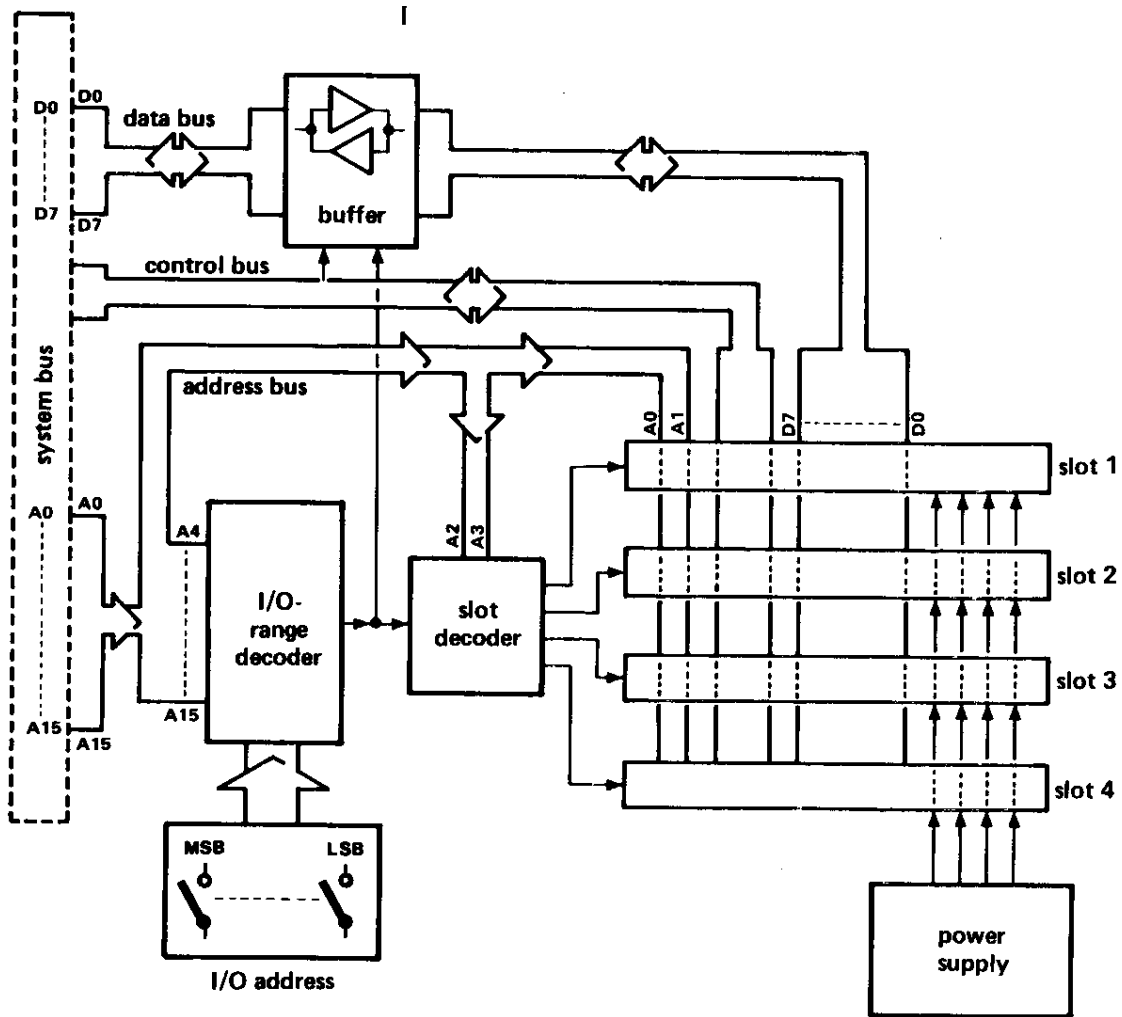
en ACIA's. Deze worden meestal gebruikt voor het keyboard, de printeraansluiting of seriële interface.

Er is ook een direktere methode om vanuit de processor I/O te plegen: "meteen" via de databus van het systeem. Dit "meteen" moeten we niet al te letterlijk opvatten; er is toch nog wat bestu-rings-elektronica voor nodig. Deze vorm van I/O kunnen we op twee manieren uitvoeren, namelijk I/O-mapped I/O en memory-mapped I/O. Deze indeling hangt samen met de manier waarop de geheugenruimte wordt ingedeeld (de "map"). Figuur 1 toont, eenvoudig weergegeven, beide variaties.

Bij I/O-mapped I/O wordt de I/O-ruimte, dat wil zeggen de geheugenplaatsen die tot input/output-poort zijn "bestempeld", onderscheiden van het gewone geheugen door middel van besturingslijnen, bijvoorbeeld IOR (I/O-read) en IOW (I/O-write). Bij memory-mapped I/O daarentegen bevindt zich de I/O-ruimte in het geheugengebied zelf. Het geheugenbereik wordt dus verdeeld in geheugenplaatsen en I/O-gebied. Elke geheugenplaats in het I/O-gebied is dus in wezen een I/O-poort. De databus wordt "verdeeld" over de afzonderlijke poort-aansluitingen door middel van adresdekoders. Deze I/O-methode hebben wij in ons ontwerp toegepast, daar zij het meest universeel is — dit met het oog op de aansluitmogelijkheden op verschillende computers. Ook bestaat hierbij nog de mogelijkheid, I/O-mapped I/O toe te passen, maar daarover straks meer.



Figuur 1. Het verschil tussen I/O mapped I/O en memory-mapped I/O.



Figuur 2. Het blokschema van de I/O-bus. Aan de ene zijde de systeembus van de computer, aan de andere zijde vier slots, waarop A/D-, D/A-omzetter en interfaces te kust en te keur kunnen worden aangesloten.

Pen-layout van de slots:

2	= +5V
3	= +12 V
4	= -12 V
5	= 02
6	= IRQ
7	= SS slot select)
8	= R/W
9	= A0
10	= A1
11	= D0
12	= D1
13	= D2
14	= D3
15	= D4
16	= D5
17	= D6
18	= D7
19	= NRST

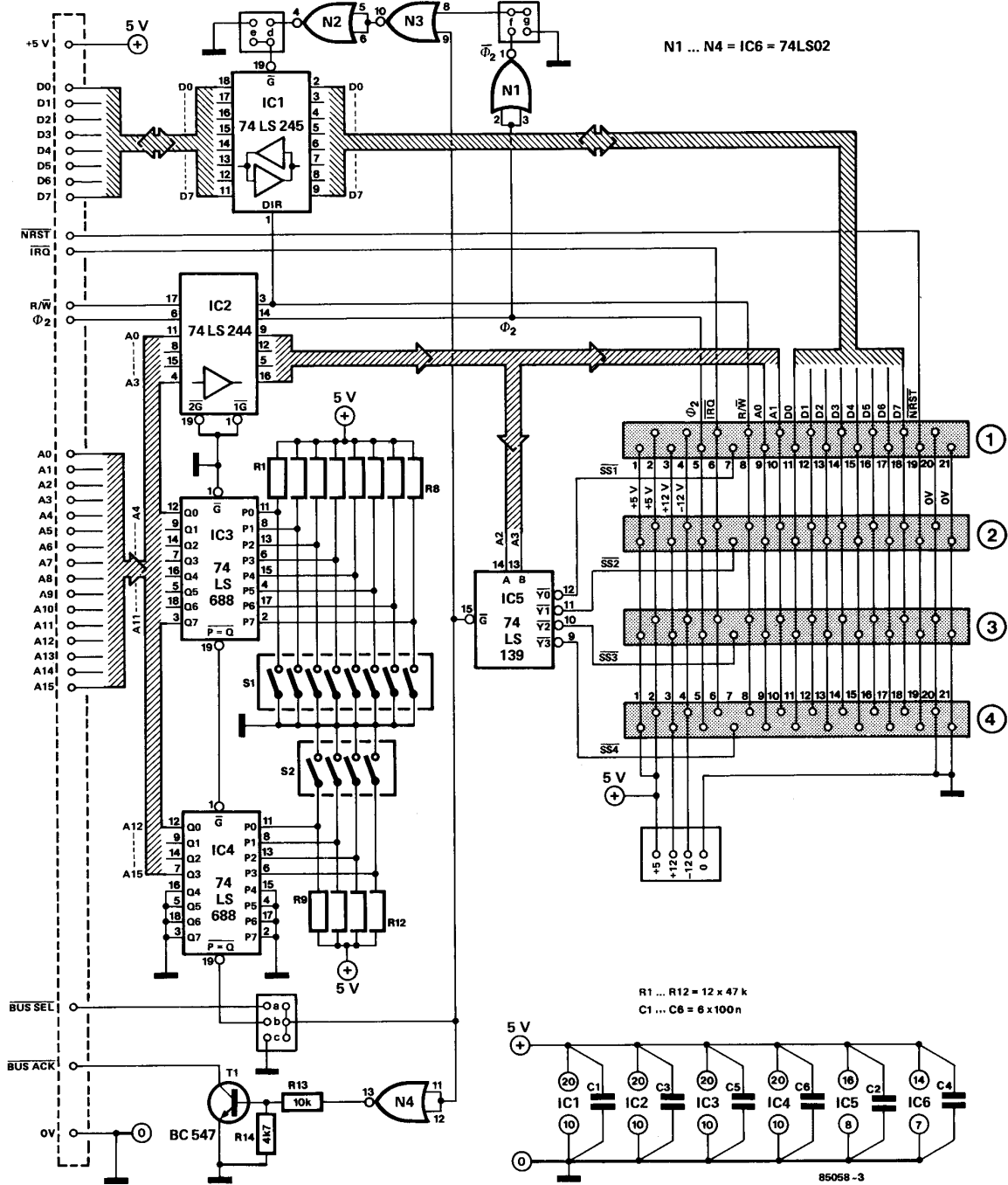
Blokschema

Figuur 2 laat de universele I/O-bus in blokformaat zien. Vanuit de systeembus van de computer komen de adresbus, de databus en de controlbus. De hoogste adreslijnen (A4..A15) gaan naar de I/O-range dekodeer. Dit is een "grove" adres-dekodeer, welke het bereik van de I/O-poorten bepaalt. Met behulp van de geheugenbereikschakelaars kan een geheugenbereik van 16 aaneengesloten adressen ten behoeve van I/O gekozen worden. In dit gebied wordt de datalijn via de buffer doorgegeven aan de poorten (slots). Met behulp van de adreslijnen A2 en A3 wordt dit gebied opgedeeld in 4 adresgroepen van elk 4 plaatsen. Dit zijn dan de slots, de werkelijke I/O-poorten. A1 en A0 zijn op de slots zelf doorgevoerd. Met deze lijnen worden de vier adressen onderling geselecteerd. De plaatsing van het I/O-gebied in het geheugen is vrij te kiezen. Stelt men met behulp van de I/O-range-schakelaars de waarde 400 in (in feite de eerste drie nib-bles van de I/O-adressen), dan loopt slot 1 van 4000 t/m 4003, slot 2 van 4004 t/m 4007, slot 3 van 4008 t/m 400B en slot 4 van 400C t/m 400F. Vanzelfsprekend moeten ter voorkoming van dubbel-adressering deze plaatsen niet door het geheugen bezet zijn! Verder is er nog de besturingsbus met een read/write-uitgang voor respectievelijk input/output, een gemeenschappelijke resetlijn en interruptlijn, en een 0 2-sig-naal ten behoeve van een synchronisatie-mogelijkheid. Een externe voeding (+5, +12 en -12 V) kan eventueel aangesloten worden om de bestaande computervoeding aan te vullen.

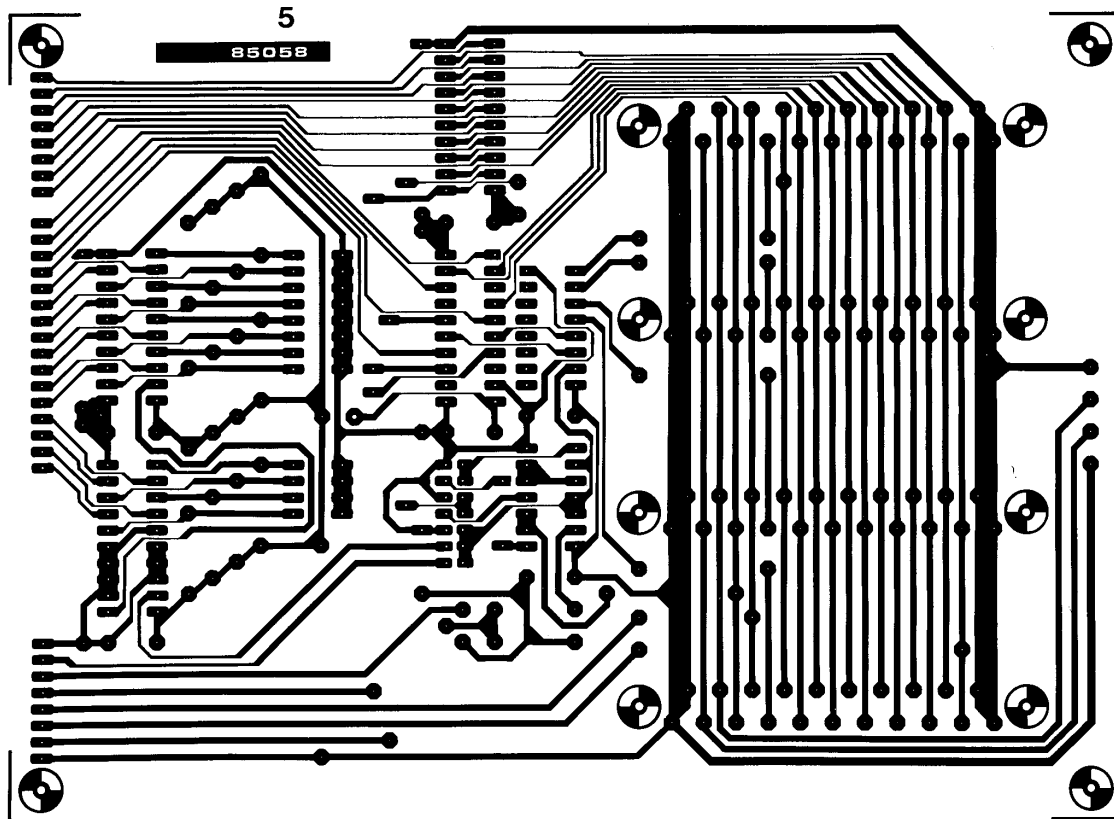
De bus in detail

Kwa opbouw lijkt het schema van de I/Obus (figuur 3) veel op het blokschema. In feite hoeven de blokken alleen nog maar door de IC's te worden vervangen. De I/O-range dekodeur wordt gevormd door IC3 en IC4. Dit zijn twee in kaskade geschakelde 8-bits-comparatoren die de adreslijnen A4..A15 vergelijken met een door de DIP-switches S1 en S2 ingestelde code. Wanneer de adreslijnen deze code "matchen" wordt de P = Q-uitgang van IC4 actief. Dit uitgangssignaal komt via draadbrug b op de enable-ingang van slotdekodeur IC5 en databusbuffer IC1. De data-richting van deze buffer wordt omgeschakeld door het R/W-signaal. De fijndekodering gebeurt door IC5, een bekende 4-uit-2-dekodeur. Deze decodeert de vier slotselect-signalen (SS1..SS4) uit de 16 I/O-plaatsen. Dit houdt in dat elk slot bestaat uit vier opeenvolgende adressen. De slotselect-signalen kunnen op het slot gebruikt worden als enable-signalen (actief laag) voor IC's, buffers e.d. Op ieder slot bevinden zich voorts de 8 datalijnen, de R/W, NRST (negative reset), IRQ (interrupt request), 02 en de voedingslijnen (+5, +12, -12 V en de nul). De adreslijnen A1 en A0 vertegenwoordigen 4 adresplaatsen op een slot. Deze worden vaak benut voor register-select-ingangen van VIA's en dergelijke. 02, de synchronisatie-klok, wordt ook vaker gebruikt bij periferie-chips. Op de buskaart zelf bestaat de mogelijkheid, de databus-signalen met 02 te synchroniseren (draadbrug f). Hierdoor kunnen zogenaamde "busconflicten" worden voorkomen. Op de systeembus komen verder nog de aansluitingen BUS SEL (bus-select) en BUS ACK (bus-acknowledge) voor. De bus-select-ingang kan gebruikt worden om de I/O-bus extern te activeren (dus "half memory-mapped"). Het uitgangssignaal BUS ACK geeft aan, wanneer de bus actief is. Dit signaal kan eventueel naar sommige computers teruggevoerd worden om het geheugen tijdelijk uit te schakelen. De voeding voor de schakeling wordt betrokken van de bestaande 5 V-computervoeding. Als deze voeding voor die taak wat krap bemeten zou zijn, of wanneer er meerdere voedingsspanningen nodig zijn, kan de hulpvoeding uit figuur 4 worden gebruikt. Deze voeding levert via 1 ampère-spanningsregelaars de volgende voedingsspanningen: +5 V, +12 V en -12 V. Wanneer deze voeding gebruikt wordt, mag de +5 V van de computer niet aangesloten worden! De nul moet natuurlijk wél doorverbonden worden.

3



Figuur 3. Het schema van de busschakeling. Enkele adresdekoders en wat buffers en poorten vormen de verbinding tussen de computer en de buitenwereld. Met schakelaars kan het I/O-bereik willekeurig worden gekozen.



Figuur 4. Komponentenzijde en koper-layout van de busprint. De +5 V-aansluiting met de computer vervalt als de externe voeding wordt gebruikt.

Bouw

Voor de busschakeling hebben we een print ontworpen waarop alle componenten een plaatsje vinden — ook de slot-konnektors (figuur 4). In deze konnektors kunnen de periferie-prints recht op worden ingestoken. Voor de aansluiting op de computer hebben we afgezien van een konnektor; gewoonweg omdat er zóveel toepassingen (lees: computers) zijn dat dit niet te doen is. Bij gebruik van de externe voeding vervalt de verbinding naar +5 V-aansluiting van de computer. De DIP-switches zijn zó gemonteerd dat, gezien vanaf de systeembus-kant, het MSB links ligt (S2) en het LSB rechts (S1). Dit is gemakkelijk bij het instellen van het I/O-gebied.

Gebruik

Na de bouw (en natuurlijk ook na de controle van het gedane soldeerwerk) zal de busschakeling op de computer aangesloten moeten worden. Daar nu eenmaal niet alle computers eender zijn is een universeel aansluitvoorschrift niet zo één-tweedrie te geven. Bij de C-64 is dit niet zo moeilijk. Hiervoor wordt de expansion-port gebruikt. De aansluitgegevens van deze bus zijn in figuur 6 weergegeven. Hiervan worden de databus (D0.. D7), A0.. A3, IRQ, 02, GND en eventueel +5 V op de overeenkomstige aansluitingen op de busprint verbonden. RESET komt aan de NRST, en de I/O-select-

uitgang I/O1 wordt op de BUSSEL-ingang aangesloten. I/O1 vertegenwoordigt het I/O-adresbereik DE00 — DEFF, zodat de slots als volgt zijn bezet:

- Slot 1: DE00 - DE03
- Slot 2: DE04 - DE07
- Slot 3: DE08 - DE0B
- Slot 4: DE0C- DE0F

Op de busprint worden voorts de draadbruggen a, d en f aangebracht. Nu kan er in het gegeven slotbereik naar hartelust ge-peekt en ge-poked worden. Nu de andere computers. Eerst worden de functies van de bus ingesteld met behulp van de draadbruggen a.. .g. Wanneer de volledige data-, adres- en control-bus op de computer aanwezig zijn wordt de busdekodering door IC3 en IC4 uitgevoerd. Dit houdt in, dat draadbrug b en draadbrug d worden aangebracht. Er kan dan gewoon in de gekozen adressen geschreven en gelezen worden. Met S1 en S2 stelt men de start van het I/O-bereik in. Is dit bijvoorbeeld 4000hex' dan worden de schakelaars van links naar rechts als volgt ingesteld: 0100 00000000 (0 = schakelaar dicht, 1 = schakelaar open). Kiest men voor een konstante enable van de bus (bijvoorbeeld bij aansturing door een PIA), dan worden de draadbruggen c en e aangebracht. De adresdekodering door IC3 en IC4 vervalt hiermee. Wanneer er in plaats van de komplette systeembus alleen user-ports beschikbaar zijn, kan de bus via een "omweggetje" aangesloten worden. De signalen BUS SEL, AO, A1, A2 en A3 worden dan op een aparte user-port ondergebracht, en kunnen wederom met een (iets ingewikkeldere) pake bestuurd worden. Draadbruggen a en d worden in dit geval aangebracht. Een dergelijke werkwijze kunnen we ook toepassen bij aansturing door een PIA.

Ook nu vervalt de dekodeerfunctie van IC3 en IC4.

De BUS SEL-ingang is ook bruikbaar als er reeds een uitgedekodeerd adres op de bus aanwezig is, bijvoorbeeld voor bestaande toepassingen. A0... A3 komen gewoon op de adresbus, BUS SEL op de (aktief lage) selekt-uitgang van dat gede-kodeerde adresbereik. Draadbrug a en d worden dan gebruikt. 02, de synchronisatie-klok is behalve op de poorten ook aanwezig in de busschakeling zelf. Deze kan gebruikt worden om de databus te synchroniseren. Dit hoeft niet altijd nodig te zijn (als de systeembus op de computer zelf al gesynchroniseerd is), maar kan in het algemeen geen kwaad. Wanneer voor synchronisatie wordt gekozen, dient draadbrug f aangebracht te worden. Anders wordt draadbrug g gebruikt.

De aanduidingen op de systeembus-aansluiting gelden voor 6500- en 6800-systemen. Bij Z80-systemen komen de signalen R/W en 02 niet voor. In plaats van 02 kan het IOREQ-signaal worden genomen, terwijl voor R/W het WR-signaal gebruikt wordt. Het aansluiten op uw specifieke computer vergt dus een beetje uitknobbeltwerk, maar is, aan de hand van bovenstaande richtlijnen, echt niet moeilijk. Wat betreft de frekwentie van de systeem-klok vormt de busschakeling geen belemmering. "Loopt" de microprocessor bijvoorbeeld op 2 MHz, dan moeten de aangesloten periferie-schakelingen dit ook kunnen verwerken, maar ja, dat ligt eigenlijk wel voor de hand.

Onderdelenlijst

Weerstanden:

R1...R12 = 47 k

R13 = 10 k

R14 = 4k7

Kondensatoren:

C1...C6 = 100 n

Halfgeleiders:

T1 = BC 547

IC1 = 74LS245

IC2 = 74LS244

IC3.IC4 = 74LS688

IC5 = 74LS139

IC6 = 74LS02

Diversen:

S1 = DIL-switch (8-voudig).

S2 = DIL-switch (4-voudig).

Vier konnektoren 21-polig (DIN 41617).

Een printkroonsteen 4-polig.

Een kontaktenstrip, raster 2,54 mm, met twee rijen met elk zeven pennen.

Drie kortsluitjumper voor kontaktenstrip.

Geschatte bouwkosten:

f 120,- (inkl. print)