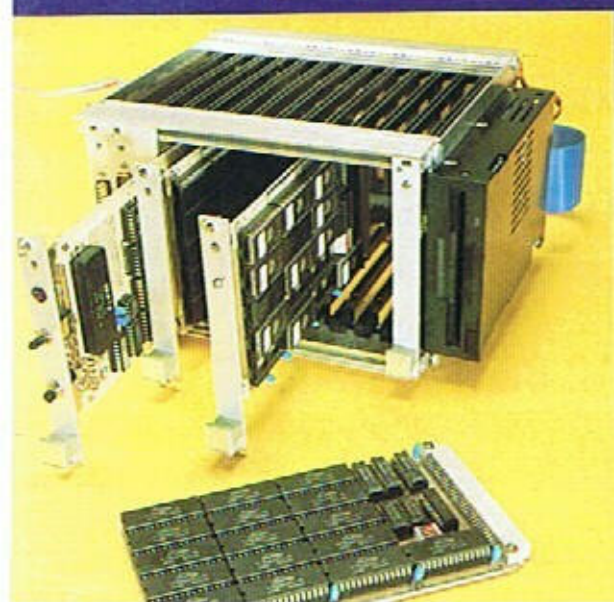


f 18,75 / Bfrs. 370

elektronica  
extra

# COMPUTING

3<sup>e</sup>  
speciale  
computer-uitgave



de super-computer: EC-68K  
BASIC intern • Flex-computer  
harddisks • IBM-kleurenkaart



# INHOUD



Deze *Elektuur Computing* is een uitgave van:

Uitgeversmij. Elektuur B.V.,  
 Peter Treckpoelstraat 2-4, Beek (L)  
 Telefoon: 04402-89444, Telex 56617  
 Korrespondentie-adres: Postbus 75,  
 6190 AB Beek (L)  
 Kantoor tijden: 8.30-12.00 en 12.-16.00 uur  
 Directeur: J.W. Ridder,  
 Bourgognestraat 13a, Beek (L)

Deze uitgave is samengesteld door de redactie van het elektronicamaandblad *Elektuur*.

Medewerkers: A. Nachtmann,  
 P. v.d. Linden, F. Aubert, W. Bascik,  
 G. de Cuyper, B. Fasel, P. Lavigne,  
 D. Meyer, N. de Vries.

**Auteursrecht**

Niets uit deze uitgave mag verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, mikrofilm of op welke wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgeefster.

De auteursrechtelijke bescherming van deze *Elektuur Special* strekt zich mede uit tot de illustraties met inbegrip van de printed circuits, evenals tot de ontwerpen daarvoor.

In verband met artikel 30 Rijksoktrooiwet mogen de in deze uitgave opgenomen schakelingen slechts voor partikuliere of wetenschappelijke doeleinden vervaardigd worden en niet in of voor een bedrijf.

Het toepassen van schakelingen geschiedt buiten de verantwoordelijkheid van de uitgeefster.

© Uitgeversmaatschappij Elektuur B.V. - 1986  
 Printed in the Netherlands. ISSN 0013-5895

De hieronder vermelde printen kunnen worden besteld via de handel en rechtstreeks bij Elektuur B.V., Beek (L).

(E)PROM's kunt u door Elektuur B.V. laten programmeren.

Uitsluitel over de bestelwijze en verkrijgbaarheid van onderstaande produkten geeft het overzicht in de laatste uitgave van het elektronicamaandblad *Elektuur* (pag. 6).

**PROGRAMMEER SERVICE**

| bestelnr. | guldens | Bfrs. | programma                            |
|-----------|---------|-------|--------------------------------------|
| 540       | 28,-    | 552   | Flex-boot-ROM in 1 x 2716            |
| 541       | 28,-    | 552   | Assist-09 in 1 x 2716                |
| 542       | 44,-    | 867   | EC-68-karakter-generator in 1 x 2732 |

**PRINT SERVICE**

| bestelnr. | guldens | Bfrs. | omschrijving         |
|-----------|---------|-------|----------------------|
| 85210     | 47,35   | 933   | EC-68-CPU/DRAM-kaart |
| 85211     | 47,35   | 933   | EC-68-CRT/FDC-kaart  |
| 83014     |         |       | statische RAM-kaart  |

## HARDWARE

harddisks: snelle massageheugens ..... 13

harddisk-technologie ..... 14

harddisk op de Big Board II ..... 21

de EC-68K — deel 1 ..... 27

EC-68 — de Elektuur-Flex-computer ..... 34

IBM-PC: kleuren-videokaart ..... 95

Octopus 65: statische RAM-kaart ..... 104

## SOFTWARE

DE EC-68K- deel 2 ..... 43

het operating system Flex ..... 48

Flex-utilities ..... 51

Graphics-software ..... 54

BASIC-plus ..... 67

de tracer van de Octopus 65 ..... 71

## KNOW-HOW

de 68000 kort en bondig — deel 2 ..... 73

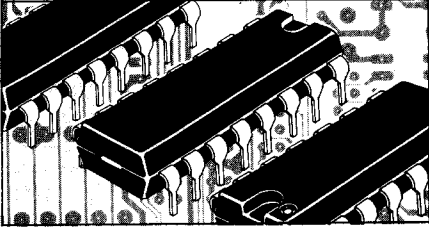
BASIC intern ..... 83

de opvolgers ..... 91

## PROGRAMMA'S

grafische programma's ..... 107

# HARDWARE



## harddisks: snelle massageheugens

In de grote computercentra zijn ze al zo'n 20 jaar het belangrijkste massageheugen: De schijfengeheugens ofwel harddisks. Er worden zowel vaste als verwisselbare schijven toegepast. Bij deze laatste is de schijf of het schijvenpakket uitneembaar en net als bij de floppy disk te vervangen door één of meerdere schijven. Wat een schijvenpakket precies is, wordt in het artikel "harddisk-technologie" eveneens in deze uitgave verklaard. De schijfsystemen, zoals die in een computercentrum zijn te vinden, hebben nogal forse afmetingen. Schijfdiameters tussen 35 en 120 (!) centimeter zijn gangbaar, hoewel de grootste diameters ook hier ondertussen enigszins uit de mode beginnen te raken. Want ook voor schijfgeheugens geldt: steeds kleiner, steeds meer opslagcapaciteit per vierkante centimeter en natuurlijk ook steeds goedkoper.

Dit type schijf begint dus interessant te worden. Waren de al bijna hanteerbare 8"-schijfsystemen nog onbetaalbaar voor de serieuze hobbyist, dit is al niet meer van toepassing op de sinds enige jaren verkrijgbare 5 1/4"-harddisks. Het afgelopen jaar heeft de 10-Mbyte-harddisk de 3000-gulden-grens (dalend) gepasseerd en het ziet er naar uit dat de 20-MByte-drive dit jaar hetzelfde gaat doen. De noodzakelijke controller is zelfs bij deze prijzen inbegrepen. Bovendien gaan de ontwikkelingen verder, inmiddels is de 3,5"-harddisk op de markt verschenen. Deze mikroschijven hebben inmiddels ook al een opslagcapaciteit tussen de 5 en 30 MByte. De prijzen liggen in dezelfde orde van grootte als bij de 5 1/4"-types met gelijke capaciteit. De tendens is nog steeds dalend, dus wellicht wordt de 1500-gulden-barrière dit jaar nog doorbroken.

Tot nu toe worden harddisks alleen in mainframes en PC's uit de hogere prijsklassen toegepast. Dat zou wel eens snel kunnen veranderen. Je hoeft geen profeet te zijn om te kunnen voorspellen dat in de niet al te verre toekomst een harddisk tot de standaard-uitrusting van een normale PC zal behoren, net zoals dat nu geldt voor een floppy-disk-drive. En niet alleen dat: ook de home-computer zal spoedig de harddisk als standaard-uitbreidingsmogelijkheid krijgen. De floppy-disk-

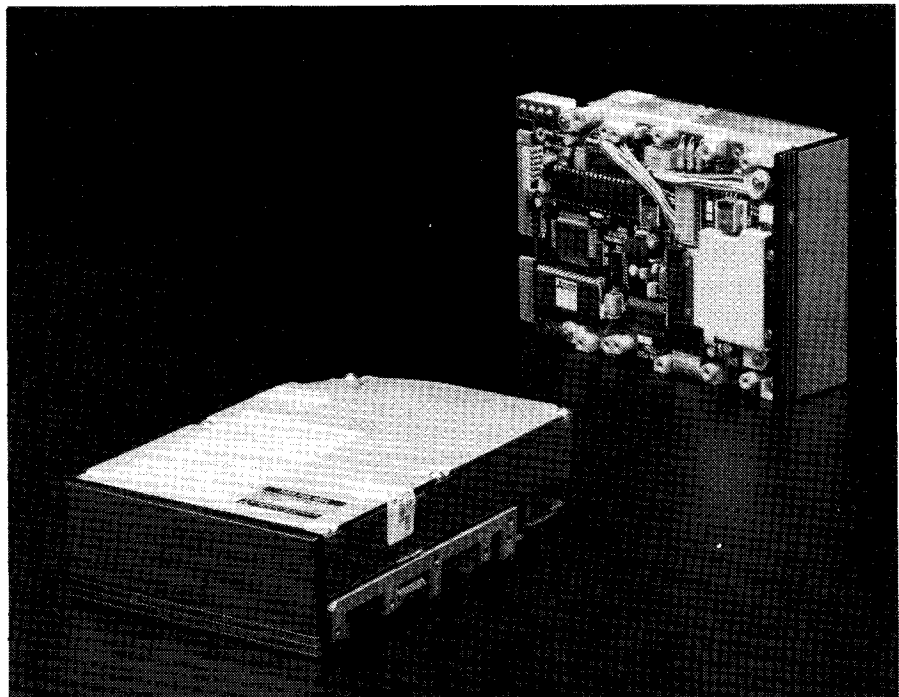
drive behoort al tot de standaardmogelijkheden, dus wat volgt is wel duidelijk. Verderop in dit artikel komen we daar nog op terug.

Tot nu toe hebben we het hoofdzakelijk over prijzen gehad, dan volgt nu een stukje techniek. In mechanisch opzicht is een harddisk het beste te vergelijken met een floppy-disk-drive. Het wezenlijke verschil is echter dat bij een "kleine" harddisk het geheugenmedium — de schijf — niet kan worden verwisseld. Dit ogenschijnlijke nadeel maakt de grote voordelen van een harddisk nu juist mogelijk: een grote opslagcapaciteit en korte toegangstijden. De belangrijkste redenen hiervoor zijn de hogere draaisnelheid van de harde schijf tegenover de floppy en het grotere aantal sporen per schijf. Het feit dat vaak meerdere dubbelzijdige schijven op een as worden gemonteerd, doet de opslagcapaciteit natuurlijk enorm toenemen. Op deze en andere technische details wordt nader ingegaan in het aansluitende artikel. De technologie van de harddisk heeft zich inmiddels zover ontwikkeld, dat de

drives vrijwel "onkwetsbaar" zijn geworden. Althans voor bekende storingsoorzaken, zoals het uitvallen van de voedingsspanning of een foutieve besturing. Natuurlijk kunnen door dergelijke fouten gegevens op de schijf beschadigd worden, maar de drive zelf zal, in tegenstelling tot wat vroeger het geval was, geen schade oplopen. Een prettige wetenschap, indien men van plan is een harddisk toe te passen.

We hebben het al eerder opgemerkt: alleen een harddisk-drive is niet voldoende. Er is ook nog een speciale "controller" nodig met de bijbehorende software. Ook hier zijn de prijzen dalend en moder-

Foto: Een nieuwe tak van de grote harddisk-familie. De 3,5"-micro-harddisk-drives van Mitsubishi. "Micro" zijn hier alleen de afmetingen: even klein als een 3,5"-floppy-disk-drive. De capaciteit laat weinig te wensen over. De MR 321 heeft met slechts één plaat een opslagcapaciteit van 12,75 Mbyte. Broertje MR 322 heeft twee plaatjes en kan maar liefst 25,5 Mbyte herbergen.



ne besturingssystemen, zoals bijvoorbeeld MS-DOS, hebben de gewenste besturingsroutines al "ingebouwd". De IC's die speciaal voor harddisk-controllers ontwikkeld worden, maken eveneens een stormachtige ontwikkeling door. Met slechts enkele VLSI-chips is het nu al mogelijk een universele controller op eurokaartformaat te maken, die floppy- en harddisk-controller op één kaart verenigt. Voor de zelfbouwende lezer wellicht nog interessanter: Door de inmiddels ontwikkelde DPLL-IC's (DPLL = Digital Phase Locked Loop) vervalt de zeer gekompliceerde afregeling van een harddisk-controller, die tot nu toe de zelfbouw haast onmogelijk maakte. De DPLL wordt gekombineerd met een aantal vertraginglijnen (delay-lines), waardoor afregeling overbodig wordt. Om toch weer even tot de werkelijk van vandaag terug te keren: de IC's zijn er, maar ze zijn nog niet in grote aantallen op de markt. En het ontwikkelen en testen van een harddisk-controller voor zelfbouw zal zeker nog enige tijd op zich laten wachten. Maar de controller voor zelfbouw wordt binnen afzienbare tijd een haalbare kaart.

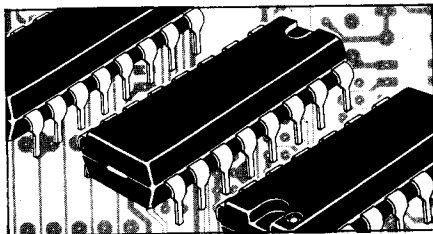
Er is alweer een nog verdergaande ontwikkeling: harddisk-drives met ingebouwde controller. In dit geval is de controller-schakeling samen met de besturingselektronica een deel van de drive. De eerste "all-in"-drives schijnen binnenkort op de markt te komen: Geformatteerde capaciteit 10 Mbyte, formaat 5 1/4" en een prijskaartje van rond de 2000 gulden. Het wordt dus al minder interes-

sant om de soldeerbout op te warmen! Wat is er dan nog wel nodig? Een snelle parallelle poort met wat handshake-mogelijkheden en wederom de onontbeerlijke software zijn voldoende. In de controller is echter al zoveel intelligentie aanwezig, dat de besturingssoftware naar verhouding eenvoudig is. Een C64 met harddisk behoort eind 1986 misschien al tot de realiteit.

Het enige nadeel van deze "all-in"-drives is, dat men aan één bepaald type vastzit. Weliswaar zijn 10 Mbyte niet weinig, maar ook die kunnen opgebruikt worden. Bijvoorbeeld wanneer er grote hoeveelheden grafieken punt voor punt op de schijf moeten worden gezet, om deze informatie weer snel op te kunnen roepen. Voor deze en soortgelijke gevallen is het handig, wanneer een aparte controller-kaart beschikbaar is, waarop eventueel harddisks van verschillende capaciteit kunnen worden aangesloten. Een aansluitmogelijkheid voor een tweede drive is ook wenselijk.

Verder zullen we hier niet over dit onderwerp uitwiden. Het is wel duidelijk, dat wie zich met moderne computer-technologie bezighoudt, niet om het hoofdstuk "harddisk" heen kan. Deze uitgave is daarom voor een groot deel gewijd aan dit opslagmedium. Direct aansluitend op deze inleiding worden een aantal basisbegrippen behandeld in het artikel "harddisk-technologie" en wordt u tevens een kijkje in het inwendige van de harddisk-drive gegund. Een volgend artikel beschrijft hoe een harddisk-drive op de "Big-Board-II (de CP/M-zelfbouwcom-

puter uit het tweede nummer van *Elektuur Computing*) kan worden aangesloten. Om het geheugen nog even op te frissen: Big-Board is met een zogenaamde SASI-bus uitgerust, waarop direct een Xebec-controller kan worden aangesloten. Op deze controller wordt dan weer de drive aangesloten en klaar is Kees! In ieder geval wat de hardware betreft. De software wordt in het genoemde artikel eveneens behandeld. Wie nu nog niet weet wat de kreten SASI en Xebec-Controller zoal inhouden, is na het lezen van de beide genoemde artikelen voldoende, zoniet helemaal op de hoogte. "Onze" andere computers worden natuurlijk ook niet vergeten. De IBM-PC-Compatible is waarschijnlijk als volgende aan de beurt, namelijk al in de volgende EC-uitgave. Bij de Octopus 65 moet nog worden bekeken welke van de beide beschreven mogelijkheden (controller voor zelfbouw of een harddisk-drive met ingebouwde controller) de voorkeur verdient. In ieder geval is hiervoor nog enige ontwikkelingstijd nodig. Dat geldt in principe ook voor de in deze uitgave beschreven "EC-68" en "EC-68K". Eén ding is duidelijk. Het is de bedoeling dat iedere tot nu toe (in EC) gepubliceerde computer voor zelfbouw de mogelijkheid krijgt met een harddisk-drive te worden uitgebreid. En indien U er in slaagt een C64, Acorn, enz., uit te breiden met een "all-in"-drive, neem dan eens contact op met de redactie. Een publicatie in EC of *Elektuur* kan voor C64-, etc.-kollega's interessant zijn.



## harddisk-technologie

Harddisks waren tot nu toe wegens hun hoge aanschaffingskosten vrijwel uitsluitend te vinden in grote computersystemen (mainframes) en minicomputers. De steeds hogere eisen die aan microcomputers worden gesteld en de dalende prijzen hebben er echter toe geleid, dat steeds meer PC's met een harddisk worden uitgerust. In vergelijking met de gangbare opslagsystemen vertonen harddisks een aantal nieuwe technologische details, waarop in dit artikel nader wordt ingegaan.

Het opslaan van gegevens in een microcomputersysteem stelt de gebruiker voor een zeer gevarieerde keuze. Aan opslagmedia staat momenteel nogal wat ter beschikking: ROM's, diverse typen RAM's, bandgeheugens, floppy disks,

bubble-memories, en natuurlijk de harddisk. De meest universele eigenschappen hebben duidelijk de RAM's: Ze zijn zeer snel programmeerbaar en leesbaar. Als nadeel staat daar tegenover dat de informatie niet transportabel is, omdat een RAM na het uitschakelen van de voedingsspanning zijn geheugeninhoud verliest. Dit probleem is eventueel met batterijen op te lossen. Wanneer men echter de kosten per opslag-eenheid (bijv. kB) gaat berekenen, wordt meteen duidelijk dat deze manier van gegevensopslag een dure aangelegenheid is.

Op grond hiervan worden RAM's, een paar uitzonderingen daargelaten, alleen als tijdelijk geheugen toegepast. Wat betreft de kosten en de capaciteit per chip steekt de EPROM aanzienlijk gunstiger af. Sinds kort zijn er EPROM's van het type 27512 in de handel, die een opslagcapaciteit hebben van 512 Kbit = 64 Kbyte. Dat is dus het complete adresbereik van de doorsnee 8-bit-processor, zoals bijvoorbeeld een Z-80 of 6502. Voor permanente opslag zijn

EPROM's gezien de lage prijs en de snelle toegankelijkheid zeker de beste keus. Maar dan ook alleen voor deze specifieke toepassing. Wanneer regelmatig programma's of gegevensbestanden moeten worden gewijzigd, valt de EPROM op grond van de tijdsintensieve en omstandige programmeerprocedure direkt af. Hetzelfde geldt op dit moment voor de optische geheugenmedia, die — wat het opslaan van de gegevens betreft — met de compact-disc vergelijkbaar zijn. De werkelijk fabuleuze opslagmogelijkheden van de optische schijf, tot in het gigabyte-gebied, doen ons echter hopen dat dit in de toekomst nog verbetert. Terug nu naar de realiteit. Menigeen die zich als hobby met de computer bezighoudt, zal zijn eerste programma's op een cassette-bandje hebben opgeslagen. Deze meestal nogal schamper bekeken manier van gegevensopslag kan uitstekend worden toegepast wanneer grote hoeveelheden gegevens op goedkope wijze moeten worden bewaard. Dat gaat dan wel ten koste van een snelle toegan-

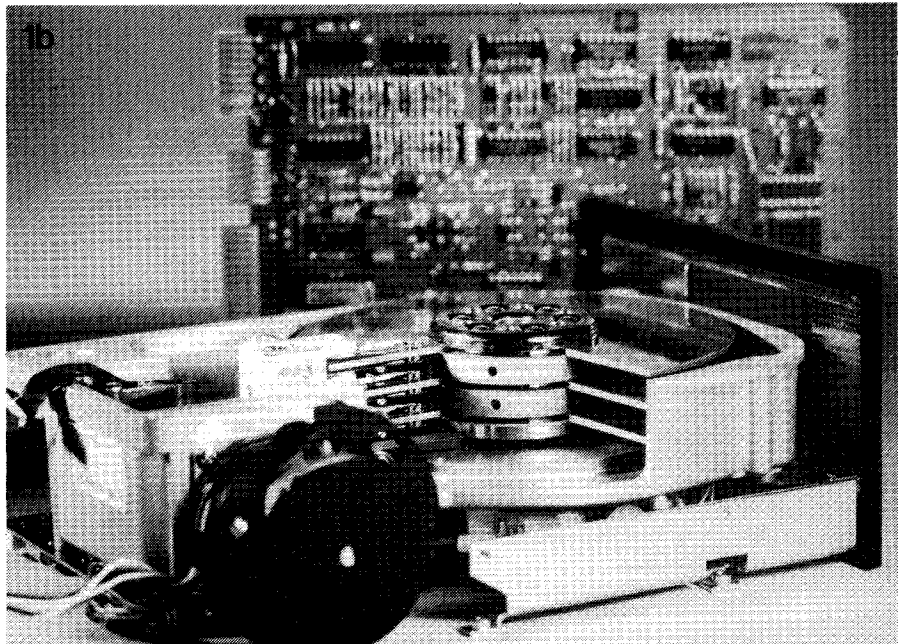
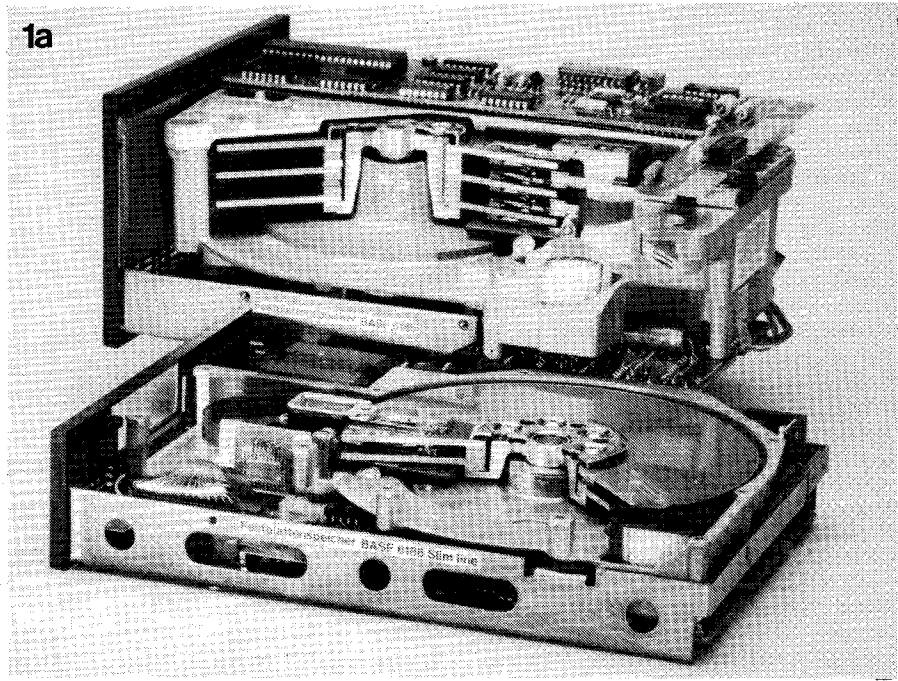
kelijkheid. Het zoeken naar gegevens op een magneetband vergt nogal wat tijd, maar er is een belangrijke toepassing voor deze beperking op de koop toe genomen wordt: de zogenaamde "backup". In geval van nood kan zo'n veiligheidskopie de redding betekenen van maandenlange programmeerarbeid. Beslist goedkoper dan een verzekering, als die al bestaat voor dit soort kalamiteiten.

Een verder uitontwikkelde versie van de gewone cassette-recorder is momenteel in de handel verkrijgbaar onder de naam "tape streamer". De cassettebandgeheugens hebben meestal een opslagcapaciteit tussen de 20 en 40 Mbyte. De specifieke toepassing van deze bandgeheugens ligt in het maken van veiligheidskopieën van een complete harddisk. In een meer professionele uitvoering hebben deze tape streamers meestal een opslagcapaciteit die nog vele malen hoger ligt dan hierboven werd genoemd.

De meeste personal computers maken gebruik van de floppy-disk als opslagmedium. De redenen hiervoor zijn de betrouwbaarheid, de bij niet al te grote bestanden redelijk korte toegangstijd en het gemakkelijk te transporteren opslagmedium, namelijk de diskette. Hierbij wordt dan niet alleen gedacht aan de diskette zelf, maar ook en vooral aan het "transport" van programma's en bestanden. Dit laatste punt gaat echter niet helemaal op. In de praktijk ontstaat vaak de indruk dat diskettes alleen uiterlijk overeenkomsten vertonen. De fabrikanten van software proberen hun produkt een "origineel tintje" mee te geven. Dit uit zich dan in de vorm van afwijkende data-formattering en verschillende opslagdichtheden, soms zelf binnen een en hetzelfde produkt. Een probleemloze uitwisseling van software per diskette is daardoor vaak niet mogelijk.

### De harddisk: fijnmechanica...

In tegenstelling tot de floppy-disk is bij de harddisk-drive de diskette (een van een magnetisch gevoelige laag voorziene schijf) niet verwisselbaar. Dit lijkt op het eerste gezicht een nadeel, maar er vloeien een aantal geweldige voordelen uit voort. De vaste schijf is bijvoorbeeld veel beter af te stellen dan de floppy-disk. Deze laatste wordt niet voor niets ook wel eens flodderschijf genoemd. Met een vaste schijf zijn centrering en schijfhoogte zeer exact in te stellen. Daardoor is het mogelijk de data veel dicht bij elkaar op het magnetische materiaal aan te brengen. Op één 5 1/4"-schijf kan dan meer dan 10 Mbyte worden ondergebracht. Door meerdere (x) schijven mechanisch gekoppeld op dezelfde as aan te brengen, wordt de opslagcapaciteit nog eens met een faktor "x" vermenigvuldigd. Een dergelijke configuratie wordt schijvenpakket genoemd (figuur 1). Vooral in de wat grotere computersystemen, zoals mini-computers, worden vrijwel uitsluitend schijvenpakketten toegepast. Figuur la toont het normaliter ontoegankelijke innerlijk van twee moderne harddisk-drives. De BASF 6185 heeft een pakket van drie schijven (boven) en een (ongeformateerde) opslagcapaciteit van 27 MByte.



Figuur 1. Op deze foto's in het normaliter ontoegankelijke binnenste van twee moderne harddisk-drives te zien. Figuur la toont een BASF 6185 met drie schijven en normale afmetingen, plus een BASF 6188 met twee schijven en slim-line afmetingen. Figuur 1b toont de BASF 6185 nog eens vanuit een andere gezichtshoek. Op de voorgrond is de stappenmotor duidelijk herkenbaar.

Daaronder in "slimline"-uitvoering de BASF 6188, deze drive heeft slechts twee platen en een capaciteit van 15 MByte ongeformateerd. Figuur 1b toont eveneens de 6185, maar op een andere wijze "opengesneden". Hier komt een belangrijk detail naar voren: de schijven zijn dubbelzijdig, bij elke schijf behoren twee koppen. Alle koppen zijn op een gemeenschappelijke houder, de "kam", gemonteerd en bewegen dus gelijktijdig. Zoals gezegd is de harddisk bijzonder geschikt voor de opslag van grote hoeveelheden data. Ter vergelijking: een

opslagcapaciteit van 30 Mbyte is voldoende om ongeveer 10000 vellen typemachinetekst van 80 x 40 tekens op te slaan. Dergelijke hoeveelheden komen bij privégebruik zelden voor, zodat het niet verwisselbaar zijn van de schijven op de koop toe kan worden genomen.

De grote hoeveelheid data op een harddisk heeft echter wel een aantal hogere eisen tot gevolg. In vergelijking tot een floppy-disk is het wenselijk dat de schrijven leessnelheden aanzienlijk hoger komen te liggen. Beide eisen zijn alleen door een veel hogere draaisnelheid te verwezenlijken. Dat heeft dan weer tot gevolg dat de lees-/schrijfkop niet in direct contact met de schijf mag staan. Door de anders onvermijdelijke mechanische slijtage zouden zowel kop als schijfoppervlak binnen zeer korte tijd versleten zijn. Een lichtspleet tussen de kop en de schijf heeft echter weer tot gevolg dat de haalbare datadichtheid gereduceerd wordt. Hier ontstaat dus een vicieuze cir-

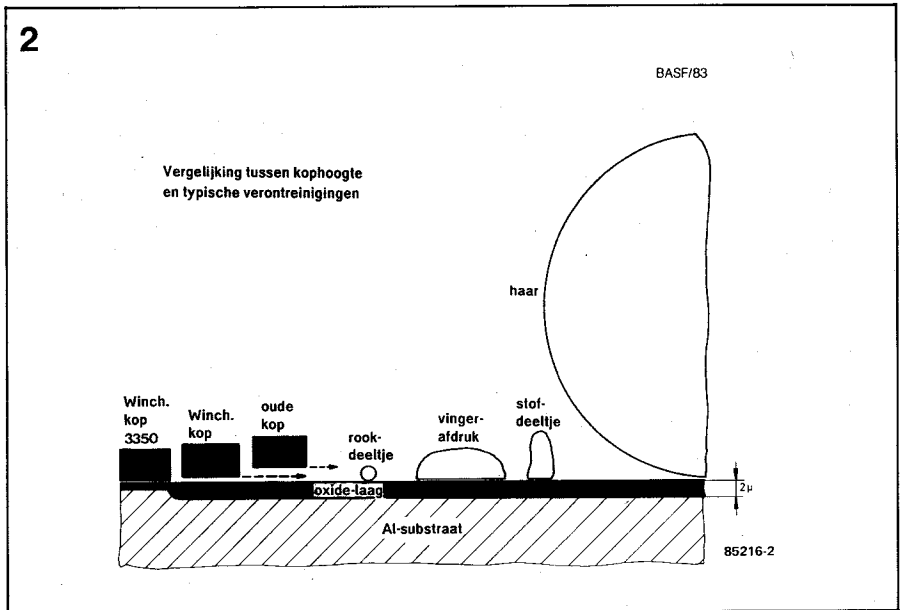
kel, die men alleen met een kompromis kan verlaten.

Het is gebleken dat de afstand tussen kop en schijf minder dan één mikron (= één miljoenste meter) zou moeten zijn om een redelijk kompromis te bereiken. In figuur 2 wordt deze problematiek verduidelijkt. In het binnenste van een harddisk-drive moet het extreem stofvrij zijn. Dit is bij de geheel open floppy-disk absoluut onmogelijk. De stofvrij-eis houdt in dat het gehele productieproces tot de montage in een stofdichte behuizing in stofvrije ruimtes dient te gebeuren, terwijl bovendien speciale eisen worden gesteld aan de kleding van de produktiemedewerkers (figuur 3). Daarmee is echter nog niet verklaard hoe de lees-/schrijfkop stabiel op 1 mikron boven de schijf kan worden gerealiseerd. De oplossing kwam in de zeventiger jaren van IBM met de introductie van de Winchester-technologie. De sleutel tot de oplossing van het probleem lag in het benutten van de luchtstroming boven de snel roterende schijf. Door de kop een speciale vorm te geven vormt zich tussen kop en schijf een luchtkussen, waarop de kop met behulp een precisiegeleiding kan zweven. De vereiste 1 mikron is zo bereikbaar. De nieuwste generatie lees-/schrijfkoppen laat zelfs vlieghoogtes van 0,2 mikron toe.

Het is duidelijk dat hier extreme eisen ten aanzien van de nauwkeurigheid worden gesteld. In het bijzonder het compenseren van de thermische eigenschappen van de materialen (uitzettingscoëfficiënt) was lange tijd een groot probleem. Het gebruik van deze luchtkussenmethode stelt verder een vrijwel ideale oppervlaktestructuur voorop. Elke oneffenheid is direct van invloed op de stabiliteit en de vlieghoogte van de kop. Een licht doorhangen van de schijf (ten gevolge van de zwaartekracht) in de orde van tienden van een mikron leidt door de zeer kleine afmetingen van de kop tot variaties in de kop/schijf-afstand van enkele honderdsten mikrons. Bij een vlieghoogte van 0,2 à 0,3 mikron kan dit al amplitudevariaties van 10% tot gevolg hebben.

De aandrijving wordt meestal verzorgd door een gelijkstroommotor voor de schijf respectievelijk het schijvenpakket, en een stappenmotor of een "voice coil" voor de positionering van de kam binnen het schijvenpakket.

Een beslissende faktor voor de levensduur van een harddisk-drive is, dat de ruimte waarin de schijf draait ook na de montage nog vele jaren stofvrij moet blijven. Daarom wordt de lucht in het binnenste van de drive konstant gefilterd. Alle eventueel door wrijving of kop/schijf-kontakt losgewerkte deeltjes (zie nogmaals figuur 2) worden op deze wijze uit de cirkulerende lucht verwijderd. Door een aangepaste konstruktie van het schijvenhuis kan de pompwerking van de schijven worden benut om een frekwente doorstroming van de lucht te bewerkstelligen. Een zogenaamd ademend filter zorgt voor nivellering van de drukverschillen met de buitenlucht. Door een juiste plaatsing van dit filter kan men bereiken dat de druk in het schijvenhuis iets hoger is dan de atmosferische druk. In geval van een lekkage zal dus lucht van binnen naar buiten stromen, en niet in



omgekeerde richting. Het binnendringen van deeltjes uit de buitenlucht wordt daardoor verhinderd. Een van de potentiële lekkageplaatsen, de as van de aandrijfmotor, wordt afgedicht met een magnetische afdichtvloeistof.

### ... en elektronica

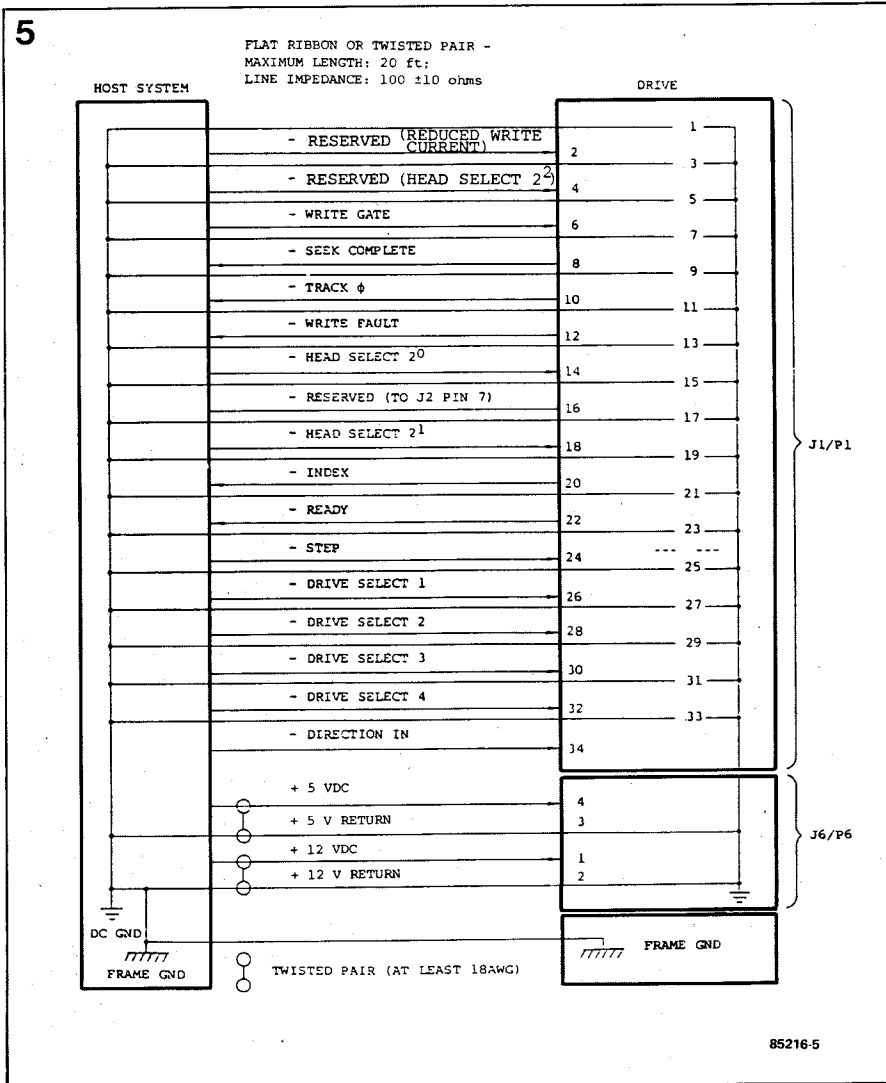
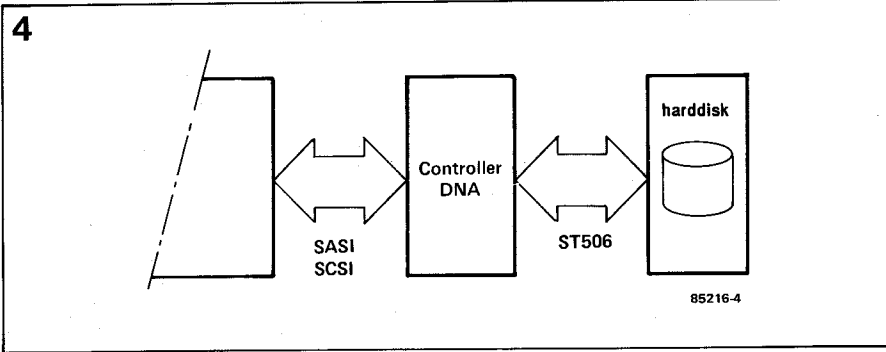
Achter de meestal sobere frontplaat verborgt zich, zoals uit het voorgaande is gebleken, een vebazingwekkend stukje mechanische technologie. Voor de gebruiker is het natuurlijk interessant om te weten hoe zo'n wonderding op zijn PC kan worden aangesloten. Behalve de harddisk-drive zelf is er ook nog een controller-module nodig, die niet alleen als interface naar de PC dient, maar ook diverse hulpfuncties voor het "management" van de data op de schijf voor zijn rekening neemt. De hoge omwentelingsnelheid maakt een dermate snel datatransport mogelijk, dat de verwerking van deze data door de centrale microprocessor erg inefficiënt zou verlopen. Daarom worden de belangrijkste en qua timing meest kritische functies door de hard-

disk-controller zelf afgehandeld, zonder dat de microprocessor daarbij behoeft in te grijpen. Zulke functies zijn bijvoorbeeld de herkenning van datablokken of het initialiseren van de drive. Het doelgerichte ontwerp van de controller verklaart waarom deze het snelle datatransport wel kan hanteren.

Ook bij het transport van de data tussen harddisk en werkgeheugen van de PC wordt zo veel mogelijk buiten de microprocessor om gewerkt. Meestal wordt hiervoor een DMA-IC gebruikt, dat door directe toegang tot het geheugen (direct memory access) de data zeer snel kan overbrengen. Dit bespaart de omweg via de accumulator van de microprocessor, waardoor in een single-user-systeem een snelheidswinst van 200 tot 500% wordt bereikt. Figuur 4 toont een standaardconfiguratie voor de combinatie van PC, controller en harddisk-drive.

De interface tussen computer en controller wordt meestal aangeduid met de afkorting SASI (Shugart Associates Standard Interface) of SCSI (Small Computer systems Standard Interface). De meeste fabrikanten hebben in hun eigen belang





de SASI als norm geaksepteerd. Hoe zo'n interface volgens deze pseudo-norm eruit ziet, is terug te vinden op pagina 56 van EC2, waar het SASI-gedeelte van de Big-Board-II staat afgedrukt. Ook de interface tussen controller en harddisk-drive heeft zich tot een uniforme standaard ontwikkeld. De meeste drives zijn tegenwoordig met een ST506-interface uitgerust. Deze interface vertoont duidelijke overeenkomsten met de interface voor floppy-disk-drives. Ook hier hebben we weer te maken met een pseudo-norm. Het grote voordeel hiervan is dat de transmissiesnelheid, de codering van de data en de opslagcapaciteit per spoor dwingend zijn voorgeschreven. Daardoor is de totale opslagcapaciteit van een drive uitsluitend afhankelijk van het aantal schijfoppervlakken en het aantal sporen per oppervlak. De aansluitvolgorde en de bijbehorende signalen van de ST506-interface zijn aangegeven in de figuren 5 en 6. Hieronder volgt een korte beschrijving van alle signalen van deze interface. Twee belangrijke opmerkingen vooraf: daar het hier niet om een norm gaat, maar om een pseudo-norm, zijn bij sommige drives detailafwijkingen mogelijk. Verder geldt: alle signalen zijn "active low"!

Figuur 2. Uit deze afbeelding wordt direct duidelijk waarom het binnenste van een harddisk-drive extreem stofvrij moet worden gehouden. Zelfs een rookdeeltje vormt een obstakel voor de op zeer kleine hoogte boven de aluminium schijf zwevende kop.

Figuur 3. "Klinisch schoon" is een wat simpele benaming voor de stofvrije ruimtes waarin de harddisk-drives worden gemonteerd. De produktiemedewerkers lijken hier wel wat op astronauten, alleen heeft hun kleding hier tot doel te voorkomen dat deeltjes uit de longen of van de huid in de werkruimte belanden. Om de werkruimte te bereiken moeten eerst meerdere sluisen worden gepasseerd. Tussen twee sluisen wordt dan de werkkleding aangetrokken.

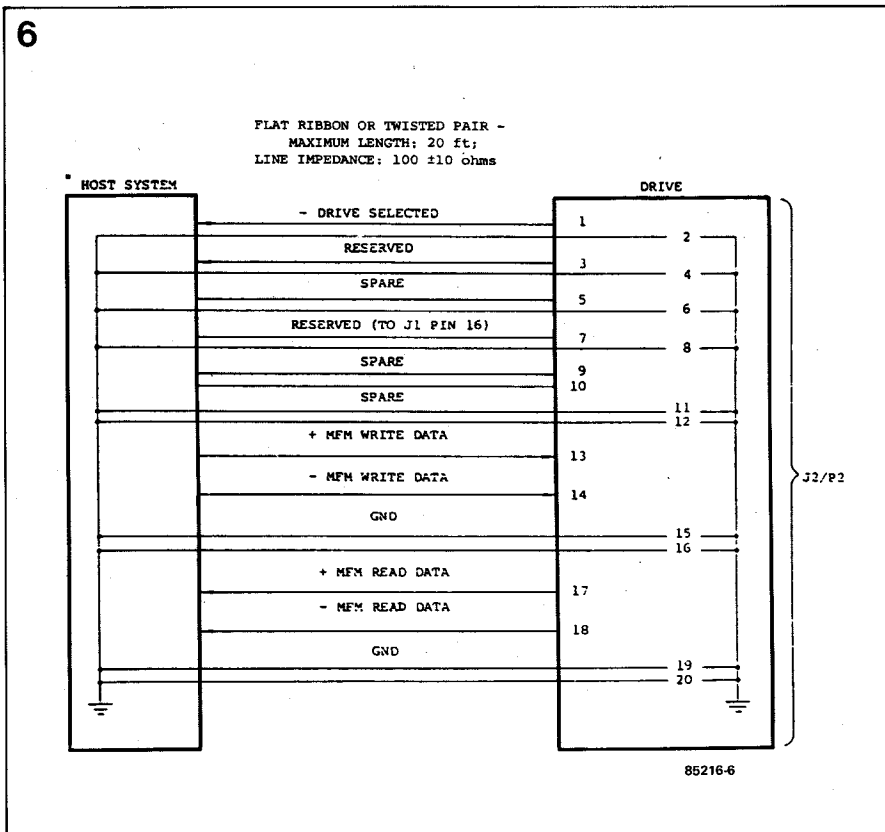
Tabel 1

|          |           | Head Select<br>2 <sup>10</sup><br>(J1, Pin 14) | Head Select<br>2 <sup>11</sup><br>(J1, Pin 18) | Head Select<br>2 <sup>12</sup><br>(J1, Pin 4) |
|----------|-----------|--|--|---|
| schijf 1 | kop A (1) | 0  | 1  | 1   |
|          | kop B (2) | 1  | 1  | 1   |
| schijf 2 | kop A (3) | 0  | 0  | 1   |
|          | kop B (4) | 1  | 0  | 1   |
| schijf 3 | kop A (5) | 1  | 1  | 0   |
|          | kop B (6) | 0  | 1  | 0   |
| schijf 4 | kop A (7) | 1  | 0  | 0   |
|          | kop B (8) | 0  | 0  | 0   |

Figuur 4. De harddisk-controller vormt de verbinding tussen computer en harddisk-drive. De "intelligentie" van deze controller voorkomt dat iedere gewone PC volslagen "overwerkt" raakt bij de besturing van een harddisk-drive. De verwerkingssnelheid vormt daarbij het grootste probleem.

Figuur 5. De verbinding tussen controller en drive bestaat bij de ST506-interface uit twee bandkabels (flat-cables). De hier met J1/P1 aangeduide konnector voert de besturings-signalen (control-bus). De data worden via de tweede bandkabel verstuurd (zie figuur 6).

Tabel 1. Met twee selectielijnen kunnen vier koppen worden gekozen. Drie lijnen zijn voldoende voor acht koppen. De tabel toont welke kop door welke nivo's op de selectielijnen wordt gekozen.



Figuur 6. De data worden via symmetrische verbindingen verzonden en ontvangen (dus twee paar aders). Daartussen liggen steeds weer massa-aders. De zogenaamde "Twisted pair GND" zou bij deze hoge frekwenties niet voldoende zijn (zie tekst).

Figuur 7. Dit blokschema toont hoe meerdere drives op een controller worden aangesloten. De hier als een aparte eenheid getekende data-separator maakt meestal deel uit van de controllerprint.

Figuur 8. Zo is de dataverbinding opgebouwd. In verband met de hoge transmissiesnelheid (5 Mbit/s) worden de data via symmetrische lijnen getransporteerd.

#### Track 0 (TRK0):

Het signaal is "low" als de lees/schrijfkop zich op spoor nul bevindt, het buitenste spoor van de schijf.

#### Index (INDEX):

Dit signaal wordt iedere schijfomwenteling éénmaal actief. Het dient om het begin van het spoor aan te geven.

Deze beide signalen vormen een essentieel oriëntatiepunt voor het dataverkeer van en naar de schijf.

#### Head Select (HD SEL0 .. HD SEL 2):

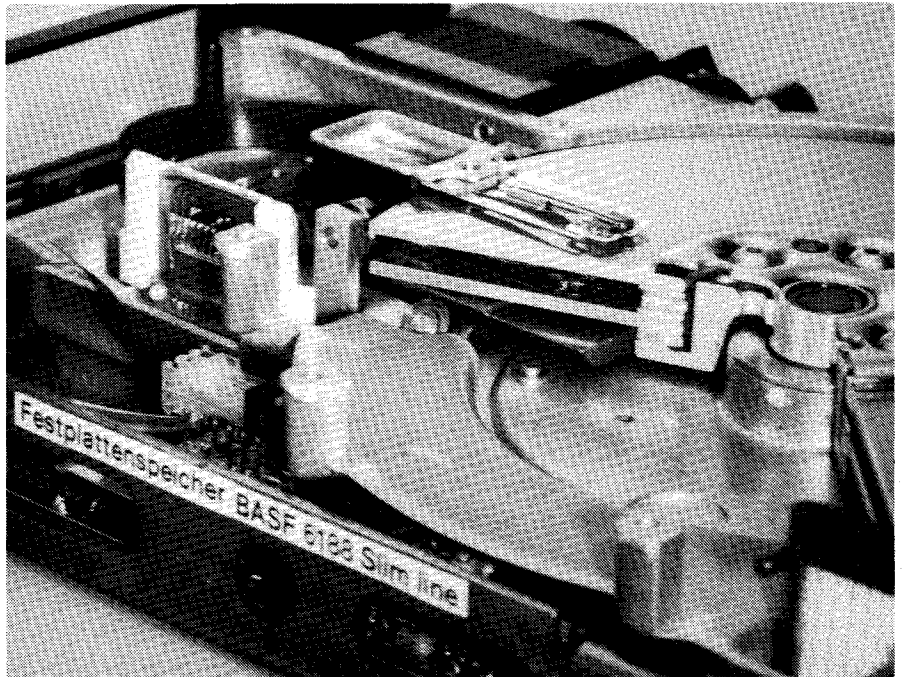
De meeste harddisk-drives hebben meer dan één lees/schrijfkop. Ze kunnen met de head-select-signalen geselecteerd worden. Voor 4 koppen (= 2 schijven) zijn 2 signaallijnen voldoende, met 3 signaallijnen kunnen 8 koppen worden geselecteerd. Tabel 1 geeft hiervan een duidelijk beeld.

#### Drive Select 1 - 4 (DR SEL 1 .. DR SEL 4):

Een controller-IC kan meestal tot 4 drives besturen. De gewenste drive wordt gekozen met behulp van één der drive-select-lijnen. Een voorbeeld van een configuratie met meerdere harddisk-drives toont figuur 7.

#### Direction I (DIR IN):

Dit signaal bepaalt de bewegingsrichting van de "kam". Een logisch-nul-signaal laat de kop bij iedere "step"-impuls naar binnen, dus naar het midden van de schijf, bewegen. Een logisch-één-signaal heeft een beweging naar buiten, dus richting spoor 0, tot gevolg (zie ook onder "step"). Het DIR IN-signaal mag niet van toestand



wijzigen zolang het signaal 'Seek Complete' (zie hieronder) inactief ("1") is.

#### Step (STEP) :

Iedere step-impuls verplaatst de koppenkam één positie naar binnen of naar buiten (zie bij DIR IN). Afhankelijk van de step-frekwentie (dus de snelheid waarmee de step-impulsen elkaar opvolgen) schakelen de meeste moderne drives automatisch om tussen de "single-step-mode" en de "ramp-mode". De BASF 6188-drive reageert bijvoorbeeld als volgt: wanneer de tijd tussen de step-impulsen tussen de 1,2 en 3,1 ms ligt, zal de kam gelijke tred houden met de step-

impulsen : de single-step-mode. Ligt de tijd tussen de impulsen echter tussen de 10 en 200  $\mu$ s en moet de de kam over een redelijk aantal sporen worden verplaatst, dan zal de kam zich met een bepaalde snelheid vloeiend naar het gewenste spoor bewegen. De kop kan zich daardoor in deze "ramp-mode" aanzienlijk sneller verplaatsen. Het omschakelen tussen de beide modi wordt automatisch verzorgd door de drive-elektronica.

#### Seek Complete (SEEK COMPL):

Dit signaal wordt actief, zodra de kam op het geselecteerde spoor is aangekomen



en de kop voldoende tijd heeft gekregen om te stabiliseren. Voor het laatste geldt een vaste tijd (inclusief veiligheidsfactor), een gangbare waarde is 15 ms.

#### Write Gate (WRT GATE):

Het logische nivo op deze signaallijn bepaalt of er geschreven naar ("0") of gelezen van ("1") de schijf wordt.

#### Reduced Write Current (RED WRT CUR):

Op de binnenste sporen is de "vlieghoogte" van de koppen minder en de magnetische fluxdichtheid groter. Daarom wordt er op de binnenste sporen meestal met een lagere stroom (= reduced write current) geschreven. Bij de BASF 6188 met in totaal 360 cilindres wordt de RED WRT CUR-lijn vanaf spoor 256 geactiveerd.

#### Open Cable Detect (OP CBL DET):

Beide konnektoren van de drive beschikken over een aansluiting waarmee de interne elektronica kan testen of de kabels juist zijn aangesloten.

#### Drive Selected (DRV SELTD):

Deze signaaluitgang wordt actief wanneer de drive geselecteerd is. Het signaal dient als verificatie-signaal voor de controller.

#### Ready (READY):

Wanneer deze signaallijn en de "Seek Complete"-lijn beide "low" zijn, staat de drive klaar voor schrijven, lezen of een "seek operation", dus een beweging van de kam met de koppen. Is de ready-lijn "high", dan zijn deze activiteiten geblokkeerd.

Na het inschakelen van de voedingsspanning moet aan drie voorwaarden voldaan zijn, voordat de ready-lijn actief wordt:

- \* De track- $\emptyset$ -herkalibratie moet voltooid zijn,
- \* het motortoerental moet binnen de toegestane tolerantie (meestal 1%) liggen, en
- \* de lijn "Write Fault" mag niet actief zijn (zie hieronder).

#### Write Fault (WRT FLT):

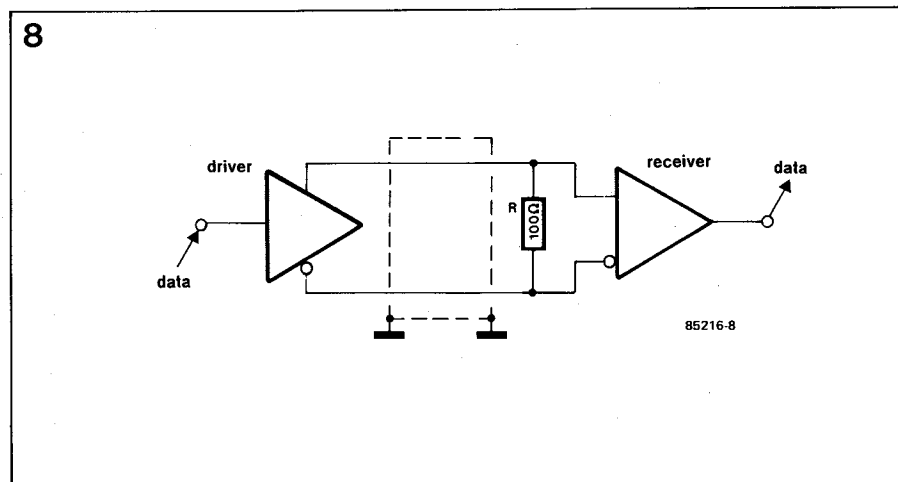
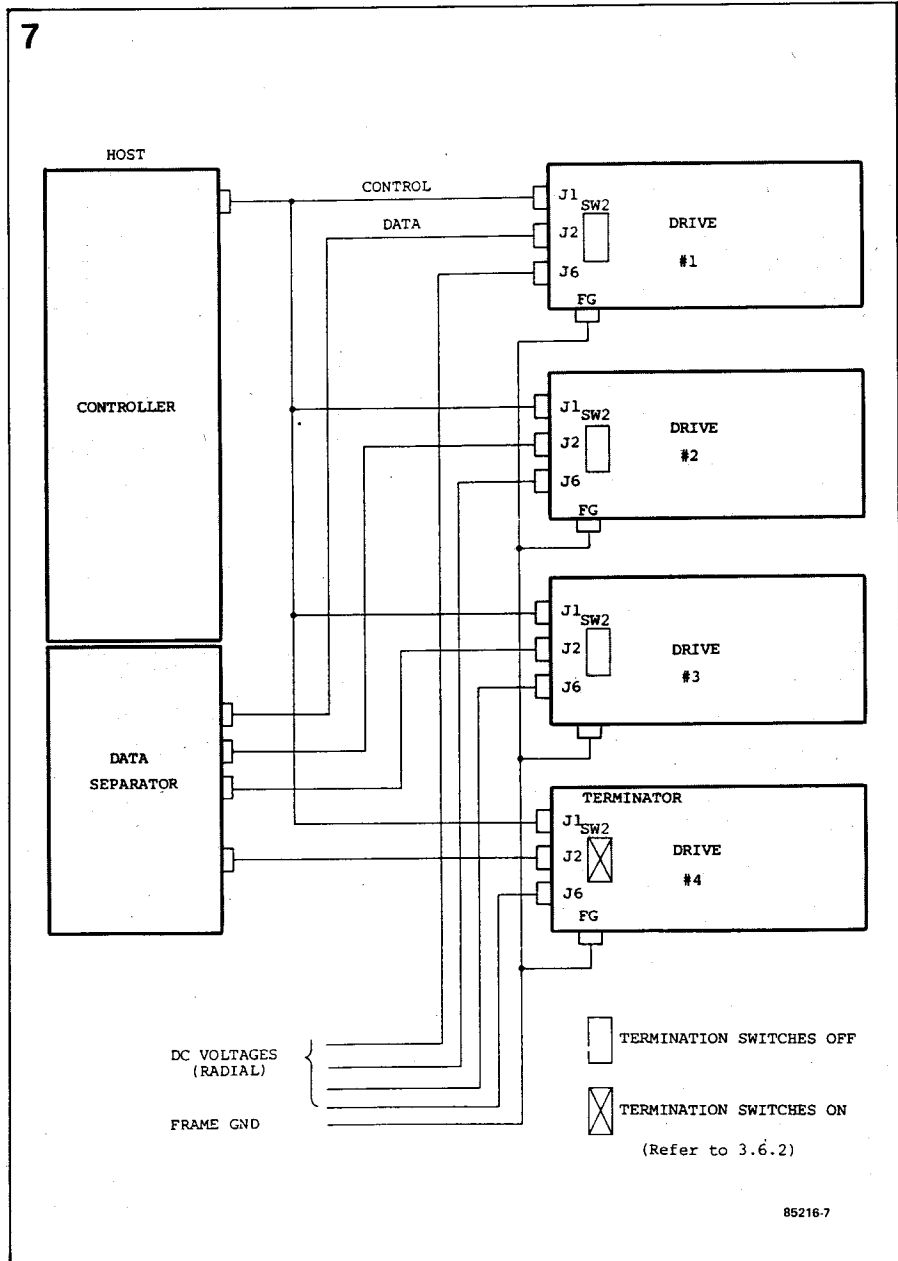
Een "0"-signaal op deze lijn signaleert dat de drive een schrijf-operatie niet naar behoren kan uitvoeren. Dit kan de volgende oorzaken hebben:

- \* Er is meer dan één kop geselecteerd,
- \* er is geen schrijfstroom aanwezig,
- \* er is loopt een schrijfstroom tijdens het lezen,
- \* de voedingsspanning zit buiten de tolerantiegrenzen.

Teneinde dit signaal weer in zijn rusttoestand te laten terugkeren, moeten de signalen DR SEL en/of WRT GATE inactief ("1") gemaakt worden.

#### MFM Write Data (MFM WRT DATA):

Als de lijn WRT GATE actief is, wordt via dit paar datalijnen (!) naar de schijf geschreven. Elke impuls op deze lijnen heeft een magnetische impuls in de kop tot gevolg, die een "afdruk" op het magnetische materiaal van de schijf achterlaat.



#### MFM Read Data (MFM RD DATA):

Via dit lijnenpaar worden de van de schijf gelezen data in de vorm van elektrische informatie aan de controller doorgegeven. De magnetische "afdrukken" op de schijf veranderen het elektromagnetische veld in de spoel van de geselecteerde kop. Deze veranderingen leveren een

zwak elektrisch signaal, dat na versterking tenslotte als data doorgegeven wordt. Tijdens dit gebeuren moet de WRT GATE-lijn logisch één zijn. De zeer hoge transmissiesnelheid over de bussen (bijv. 1 Mbit/s) stelt hoge eisen aan de signaallijnen. Daarom worden alle lijnen zeer laagohmig afgesloten met 220

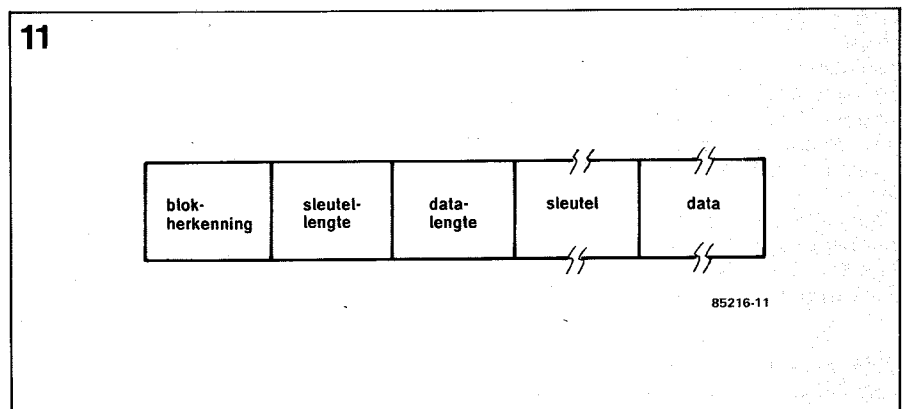
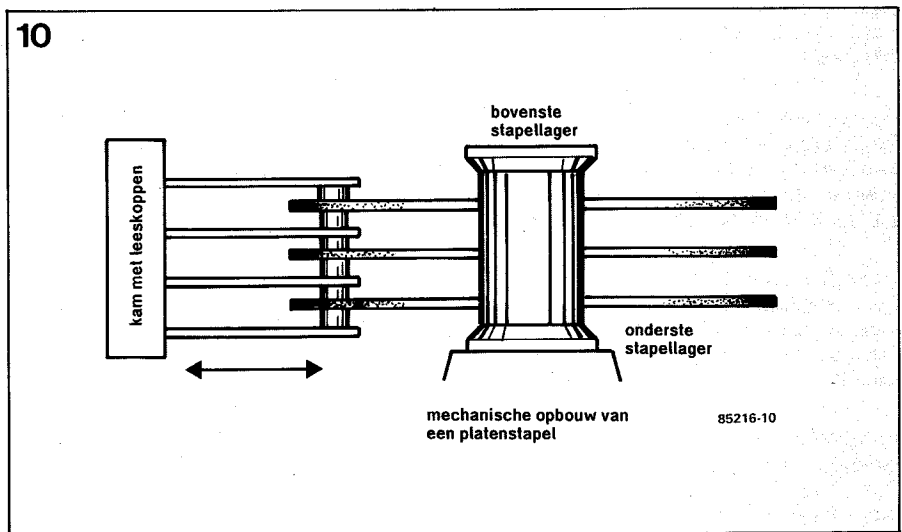
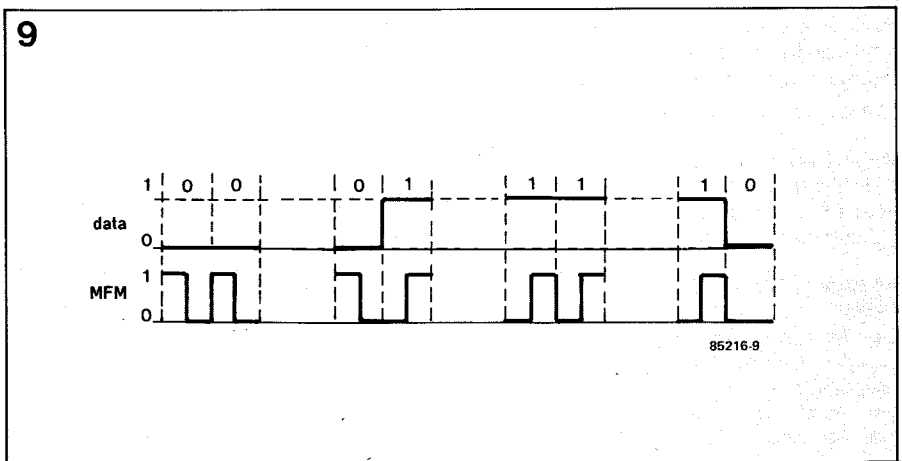
Ohm naar +5 V en 330 Ohm naar massa. De buffers die de lijnen moeten sturen zijn meestal open-kollektor-NAND's van het type 7438. Aan de ontvangtzijde worden over het algemeen schmitt-triggers met temperatuurgecompenseerde hysteresis toegepast van het type 7414. De transmissiesnelheid over de datalijnen ligt rond de 5 Mbit/s. Daarom worden deze signalen ter beperking van de storingsgevoeligheid over symmetrische lijnen verstuurd. Hiervoor worden speciale drivers van het type 3486/87 toegepast en vaak speciale verbindingen, zoals afgeschermde kabels. Dit principe wordt overigens om dezelfde reden ook in de studioteknik bij mikrofoons toegepast. De data worden serieel getransporteerd. Een apart kloksignaal is daarbij niet nodig, door toepassing van een speciale modulatiemethode. Bij deze MFM-methode (Modified Frequency Modulation), die we ook al kennen als "double density" bij de floppy-disk, worden klok en data gemeenschappelijk over één lijn getransporteerd. Met behulp van een "data separator" worden klok en data van elkaar gescheiden. Een modulatiemethode als MFM heeft t.o.v. de gewone FM-techniek het nadeel dat de dubbele bandbreedte vereist is. Figuur 9 geeft hiervoor de verklaring. De databits worden door het kloksignaal gemoduleerd, waardoor een frequentieverdubbeling optreedt. Bij een 0-bit is het uitgangssignaal gelijk aan het kloksignaal en bij een 1-bit is het uitgangssignaal gelijk aan het geïnverteerde kloksignaal. Wat er gebeurt wanneer "0" en "1" elkaar afwisselen, wordt door figuur 9 beter verklaard dan met woorden is uit te leggen.

De data-separator maakt gebruik van een PLL-schakeling. Meestal worden hier analoge circuits toegepast. De digitale PLL (DPLL) is echter in opmars; Er zijn al complete DPLL-chips beschikbaar. In TTL-technologie is dat bijvoorbeeld de SN 74297. Kwalitatief moet de DPLL het nu nog afleggen tegen zijn analoge broer. Een voordeel van de DPLL is dat er geen afregeling nodig is. De analoge PLL is echter al geruime tijd in een zelf afregelende uitvoering (van Western Digital) beschikbaar.

De geavanceerde harddisk-technologie heeft er samen met zeer veilige data-transmissiemethodes voor gezorgd dat de harddisk momenteel een van de veiligste opslagmedia is. De meeste fabrikanten geven als gemiddelde tijd tussen twee storingen al een MTBF (=Mean Time Between Failures) op tussen de 10000 en 20000 uur, overeenkomend met één tot twee jaar.

### Data op de harde schijf

Het schijfoppervlak wordt niet spiraalvormig, zoals bij de grammofoonplaat, met data beschreven, maar in concentrische cirkels, die sporen of "tracks" genoemd worden. Dezelfde methode dus die bij de floppy-disk wordt gehanteerd. Op deze manier wordt de schijf in 200 tot 400 sporen verdeeld. Bij een schijvenpakket zijn de koppen van elke schijf niet onafhankelijk van elkaar te positioneren. De koppen zijn op een gemeenschappelijke koppen-



drager gemonteerd, die qua uiterlijk aan een kam doet denken (figuur 10). Dit houdt in dat zonder beweging van de koppen dezelfde spoornummers op alle schijven tegelijkertijd toegankelijk zijn. De boven elkaar liggende cirkelvormige sporen vormen samen een cylinder. Daarom wordt bij de harddisk meestal de term "cylinder" i.p.v. spoor/track gebruikt. De sporen of cylinders worden verdeeld in sectoren, zoals dat ook bij de floppy gebruikelijk is. Spoor- en sektornummer zijn voor de controller belangrijke oriëntatiepunten.

Tot zover de mechanische aspecten van de harddisk. Hoe worden nu de data ondergebracht? Principieel worden alle programma's en databestanden in blokken op de schijf gezet. Een blok is de kleinste data-eenheid op de schijf waarin een bepaalde hoeveelheid informatie kan

Figuur 9. In deze figuur is het verband te herkennen tussen data en klok bij de MFM-methode. Klok en data zijn in één signaal gekombineerd. De door de industrie en vaak ook in de vakliteratuur gebruikte term "MFM-kode" (of MFM-gecodeerd) is onjuist; een modulatiemethode is nu eenmaal geen kode.

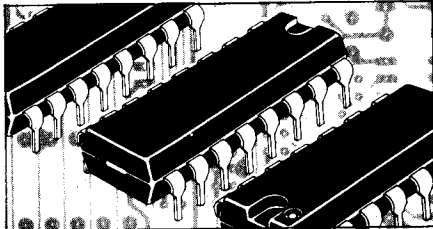
Figuur 10. De mechanische opbouw van een schijvenpakket met koppenkam is hier nog eens schematisch weergegeven. De onder elkaar liggende sporen vormen samen een "cylinder", in dit schema bestaat de cylinder dus uit zes sporen.

Figuur 11. Dit schema geeft de typische opbouw van een datablok op de schijf weer. De grote hoeveelheid informatie die op een harddisk kan worden opgeslagen, maakt het noodzakelijk om voor het operating system enige bytes te reserveren, teneinde een bepaald bestand gemakkelijk te kunnen lokaliseren.

worden gezet. Zelfs het kleinste programma heeft dus minimaal één blok aan ruimte op de schijf nodig. Wanneer de blokken voor alle bestandstypen uniform van afmeting zijn, kan de blokverdeling van een schijf bij het installeren d.m.v. een hulpprogramma gebeuren. Deze procedure wordt het formatteren van de schijf genoemd.

Zoals gezegd worden alle bestanden in blokform op de schijf gezet. De blokken moeten dus identificeerbaar zijn. Hierbij zijn twee type-aanduidingen gebruikelijk:

- \* Een type-aanduiding die bestaat uit een samenvoeging van cylinder-, kop- en bloknummer. Bij ieder blok is deze typeering op een vaste plaats en met een vaste lengte aanwezig.
- \* Een type-aanduiding met een variabele lengte, die naar goeddunken aan het blok kan worden toegevoegd. Deze type-aanduiding heeft dan ook een variabele lengte en wordt ook wel sleutel of key genoemd.



In dit artikel zullen we ons bezighouden met de werking van de SASI-interface op de Big-Board-II, hoe men via deze interface kan communiceren met een harddisk-controller en hoe men hiervoor een CP/M-systeem op de schijf installeert.

Voor opslag van data in het Big-Board-II-systeem kennen we de gewone floppy. Het is echter ook mogelijk om dataopslag-in-het-groot te doen met een harddisk-loopwerk. Wat hebben we daarvoor nodig?

- Allereerst een harddisk-loopwerk met een opslagcapaciteit tussen 5 en 50 Mbyte
  - Een XEBEC-harddisk-controller
  - Een diskette waarop zich het programma VARBIOS.MAC en de diverse LIB-files bevinden. Deze diskette wordt bij de print van de Big-Board-II geleverd. Wie het installeren van CP/M op de harddisk wat al te moeilijk vindt, hoeft niet te wanhopigen. De firma "Twente Digital" heeft in samenwerking met de Duitse firma IEV een speciale diskette gemaakt die het installatieproces op de BBII automatisch afwerkt.
- In totaal moeten er drie kabels worden aangesloten: een kabel tussen de XEBEC-controller en de SASI-interface van de BBII en twee kabels die de controller met het loopwerk verbinden. Op de schijf moet een CP/M- of ZCPR-2-systeem gegeneerd worden en de harddisk moet geformatteerd worden. Het installeren van CP/M op de harddisk doet de BBII praktisch automatisch.

In het algemeen is een blok dus opgebouwd volgens het in figuur 11 aangegeven schema. De aanduidingen "lengte sleutel" en "lengte data" zijn nodig om het begin respectievelijk het einde van deze variabele blokdelen vast te kunnen stellen. Een fout in één van de lengte-aanduidingen heeft dus fatale gevolgen.

### Twee speciale bestanden

#### Schijfidentifikatie, schijfetiket

Ter identifikatie is iedere schijf van een aantal gegevens voorzien. Deze gegevens staan altijd in een apart blok, bijvoorbeeld op spoor 0. Dit identifikatie-blok bevat over het algemeen de volgende gegevens:

- \* Naam van het schijvenpakket
- \* Naam van de eigenaar
- \* Datum van ingebruikname
- \* Een verwijzing naar vervangende tracks
- \* Een verwijzing naar het directory
- \* Een verwijzing naar extra informatie

### Inhoudsopgave, data-catalogue, directory

Het directory bevat alle bestands- en programmanamen plus alle bijbehorende gegevens. Gewoonlijk is het directory direct na het identifikatieblok op track 0, aan het eind (bijv. track 199) of in het midden van de schijf te vinden. In het laatste geval wordt het aantal bewegingen van de koppenkam enigszins beperkt.

#### Literatuur:

- BASF 6188 Fixed Disk Drive Specification, BASF
- Mitsubishi MR521/522 Disk Specification, Mitsubishi
- Olivetti HD 661 Product Description, Olivetti

Met dank aan de Fa. BASF voor het beschikbaar gestelde illustratiemateriaal.

## harddisk op de Big-Board-II

### Computer — SASI — harddisk

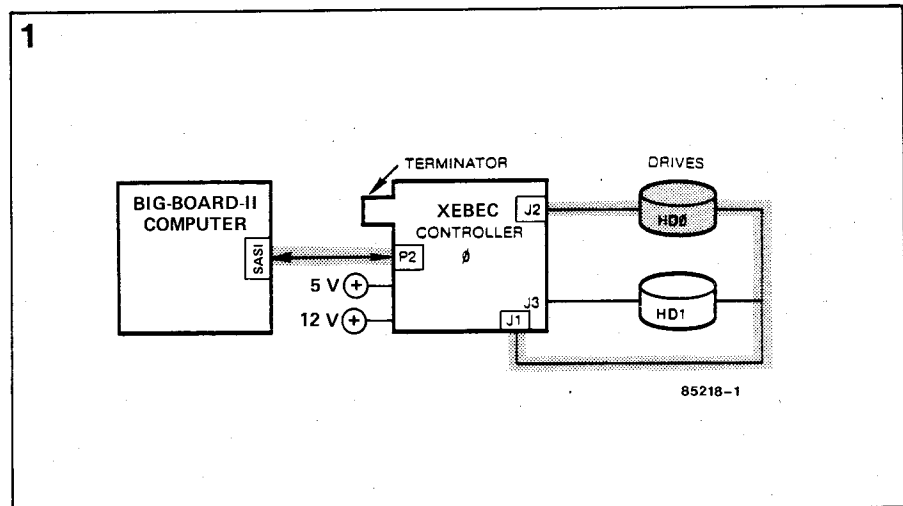
Figuur 1 toont ons de opzet van het computersysteem met harddisk. De XEBEC-controller is via konnektor P2 verbonden met de SASI-interface op de computer. Een controller kan maximaal twee harddisks bedienen. Hier houden we ons bezig met het aansluiten van één drive "HD0" op de konnektors J1 en J2. De besturingssignalen voor de drive verlopen via J1. J2 bevat de lees/schrijfsignalen op TTL-nivo, die serieel naar de lees/schrijfkop-versterkers worden gevoerd. In verband met de zeer hoge transmissiesnelheid (5 Mbit/s) moeten deze signalen over symmetrische leidingen worden getransporteerd. J2 en J3 worden dus vanuit symmetrische drivers gevoerd. In het vorige artikel hebben we

de bekabeling van de konnektors J1 en J2 reeds besproken.

### De SASI-interface

De SASI-kommunikatie tussen computer en controller verloopt via een 50-polige stekker. De pennummering en benaming van de signalen is terug te vinden in tabel

Figuur 1. Het loopwerk is via twee kabels verbonden met de XEBEC-controller, die op zijn beurt met één kabel is aangesloten op de SASI-interface. Eén XEBEC-controller kan maximaal twee loopwerken bedienen.





1. Tabel 2 bevat uitvoeriger gegevens betreffende de status-signalen op de SASI-kabel. Alle SASI-signalen zijn op de even-genummerde pennen te vinden. De oneven pennen zijn met massa verbonden. We zullen ons nu eens bezighouden met de signalen zelf:

#### I/O: input/output

I/O is een open-kollektor-uitgang van de XEBEC-controller. Is deze lijn "0", dan zendt de controller data naar de SASI-poort over de datalijnen DATA0...DATA7. Is de lijn "1", dan verloopt het data-transport precies andersom: de computer zendt en de controller ontvangt. De computer gebruikt dit signaal om de SASI-busbuffer om te schakelen. Het signaal REQ maakt I/O geldig of ongeldig.

#### C/D: command/data

Dit is eveneens een open-kollektor-uitgang van de controller. Deze lijn informeert de computer over de aard van de data op de bus. "0" betekent dat het een kommando betreft en "1" wil zeggen dat er normale data (gegevens) over de databus "jagen". Ook hier geeft het REQ-signaal de geldigheid van C/D aan.

#### BUSY

BUSY is een open-kollektor-uitgang van de controller. De controller zendt dit signaal naar de computer nadat hij een "SELECT"-signaal over de databus heeft ontvangen. De computer wordt zo geïnformeerd of de controller klaar is voor data-uitwisseling.

#### MSG: message

Ook hier gaat het om een open-kollektor-uitgang van de controller. Is MSG "0", dan heeft de controller een kommando succesvol uitgevoerd. Het I/O-signaal is altijd "0" als MSG actief is. Hiermee kan de controller dus de busbuffer van de SASI-poort bedienen. REQ geeft de geldigheid van het signaal aan.

#### REQ: request

REQ is eveneens een open-kollektor-uitgang van de controller. Door deze lijn actief te maken geeft de controller te kennen dat data vanuit de computer kan worden verzonden. Tevens bepaalt dit signaal de geldigheid van de signalen I/O, C/D en MSG.

#### ACK: acknowledge

Als antwoord op het REQ-signaal geeft de computer een ACK: acknowledge. Als antwoord op het REQ-signaal geeft de computer een ACK-signaal terug naar de controller, ten teken dat de computer beschikbaar is voor het verzenden of het ontvangen van data. Na elke REQ moet een ACK volgen. ACK is dus een ingang van de controller.

#### RST: reset

Het RST-signaal wordt vanuit de computer gezonden en reset de controller. Alle signalen van en naar de harddisk-drive worden dan uitgeschakeld. De minimale lengte van het RST-signaal is 100 ns.

Tabel 1: de SASI-interface

| Pin     | Mnemonic | Engels       | Nederlands            |
|---------|----------|--------------|-----------------------|
| 2       | DATA0    | bit-0        |                       |
| 4       | DATA1    | bit-1        |                       |
| 6       | DATA2    | bit-2        |                       |
| 8       | DATA3    | bit-3        |                       |
| 10      | DATA4    | bit-4        |                       |
| 12      | DATA5    | bit-5        |                       |
| 14      | DATA6    | bit-6        |                       |
| 16      | DATA7    | bit-7        |                       |
| 18...34 | NC       |              | niet gebruikt         |
| 36      | BUSY     | Busy         | bezig                 |
| 38      | ACK      | Acknowledge  | ontvangst-bevestiging |
| 40      | RST      | Reset        | reset                 |
| 42      | MSG      | Message      | boodschap             |
| 44      | SEL      | Select       | selecteren            |
| 46      | C/D      | Command/Data | kommando/data         |
| 48      | REQ      | Request      | bus-aanvraag          |
| 50      | I/O      | Input/Output | ingang/uitgang        |

Tabel 2: de status-signalen op de SASI-interface

| DRV | DRH | I/O | C/D | MSG | Definitie   |
|-----|-----|-----|-----|-----|---|
| 1   |     | 0   |     | 1   | De XEBEC-controller ontvangt een kommando van de SASI-interface   |
| 1   |     | 1   |     | 1   | De XEBEC-controller ontvangt data van de SASI-interface           |
| 0   |     | 1   |     | 1   | De XEBEC-controller zendt data naar de SASI-interface             |
| 0   |     | 0   |     | 1   | De XEBEC-controller zendt een "ERROR"-byte naar de SASI-interface |
| 0   |     | 0   |     | 0   | De XEBEC-controller heeft een kommando korrekt uitgevoerd         |

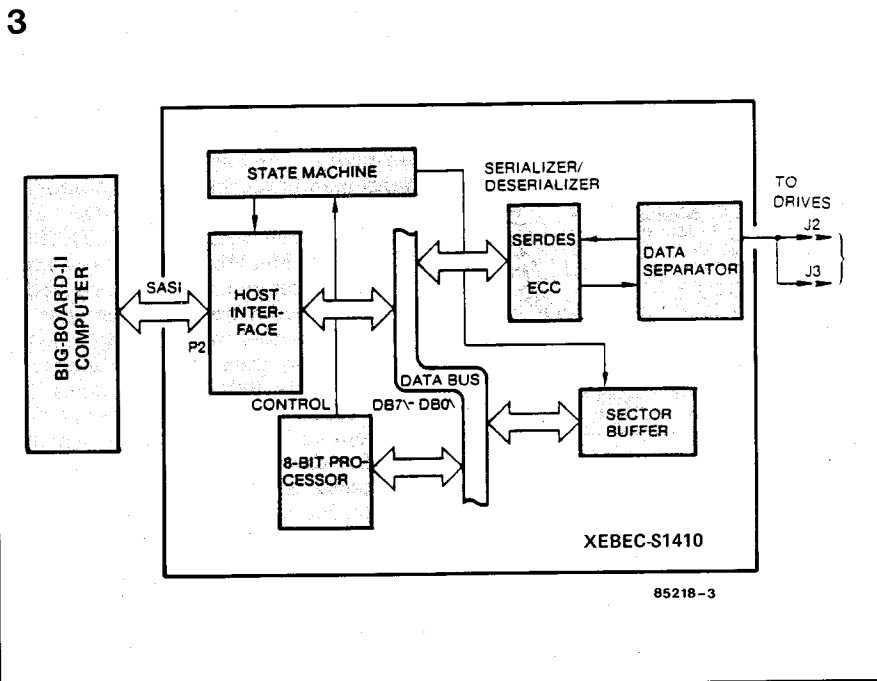
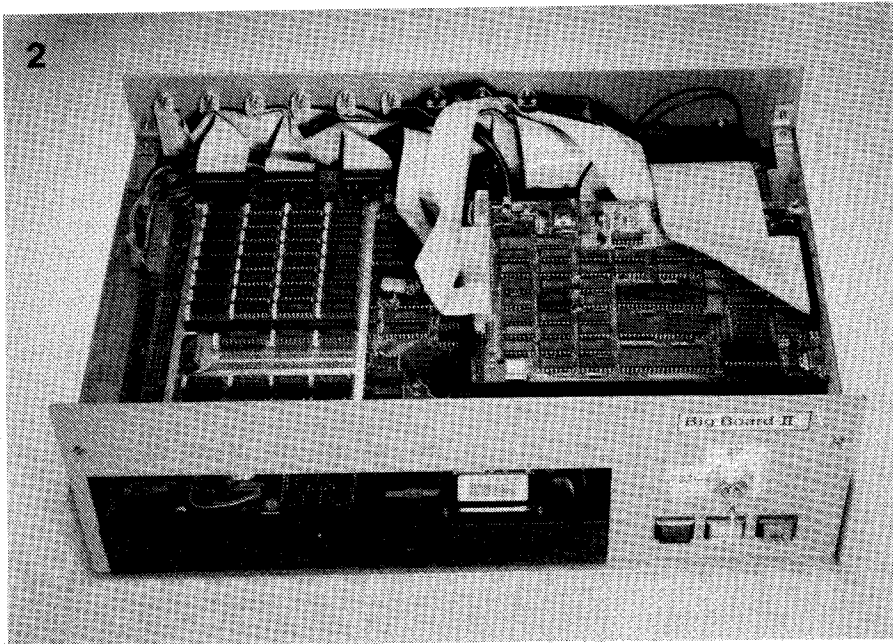
#### SEL: select

Eén van maximaal acht aanwezige XEBEC-controllers kan met dit selecteer-signaal gekozen worden. De controller mag niet ergens mee bezig zijn als de computer het SEL-kommando geeft. Na afloop van de momentele kommando's

moet het SEL-signaal weer inactief worden gemaakt.

#### DB0...DB7: SASI-databus

De data-uitwisseling tussen de computer en de harddisk-controller geschiedt over



Figuur 2. Een luchtfoto van de Big-Board-II. Rechts zien we de controller en links de RAM-disk. De Winchester-drive zit naast de floppy-disk-drive gemonteerd.

Figuur 3. Het blokschema van de XEBEC-controller herbergt een "dedicated" computer, zodat op een relatief kleine ruimte toch veel "intelligentie" past.

deze databus. Ook het selekteren van de controller wordt over deze bus gedaan: bit 0 = controller 0, bit 1 = controller 1, enzovoort. Omdat elke controller op zijn beurt twee drives kan bedienen, bedraagt het maximale aantal aan te sluiten drives 16 (!). In tabel 2 vinden we verdere gegevens over een aantal signalen op de SASI-bus die de communicatie tussen de computer en de controller besturen.

### De XEBEC-controller

Figuur 3 toont ons het blokschema van het inwendige van de controller. Het schema is tamelijk oppervlakkig; in werkelijkheid bevat de print de modernste hardware op een relatief kleine oppervlakte. De afmetingen van de print zijn zo gekozen dat deze netjes boven op de drive kan worden gemonteerd. De "host-interface" verbindt de SASI-databus met de interne databus van de controller. Alle data-uitwisseling vindt

duis plaats via deze interface. De intelligentie van het systeem zit verstopt in het blok "8-bit-processor". Deze maakt het mogelijk om met slechts enkele kommando's data over te zenden van een CP/M-machine naar een harddisk. Tevens bewaakt de interne processor alle controlesignalen op de diverse bussystemen van de controller.

Het blok "SERDES" (serializer/deserializer) zet in de ene richting parallele signalen om in seriële en in de andere richting omgekeerd. Het gehele dataverkeer tussen de drive en de host-interface verloopt via SERDES. De "data separator" scheidt het inkomende signaal in een data-sig-naal en de klok, voordat het signaal naar de SERDES toe gaat. Het blok "state machine" synchroniseert het datatransport tussen de host-interface, de SERDES en de "sector buffer". Deze laatste is nodig voor een snelle buffering van data. De transmissiesnelheid bedraagt immers maar liefst 5 Mbit/s! Zonder de sector buffer zou geen enkele computer deze snelheid bijhouden.

### Kommando's en status

De data-uitwisseling tussen de computer en de harddisk-controller vindt dus plaats over de SASI-bus. We kunnen drie verschillende soorten data onderscheiden die via deze bus worden getransporteerd:

- kommando's voor de XEBEC-controller
- status-informatie van de XEBEC-controller
- data van en naar de harddisk

Voordat de data van de harddisk naar het geheugen in de computer kunnen worden gekopieerd, moet de controller eerst een kommando ontvangen. De controller antwoordt hierop door direkt na elkaar twee status-bytes terug te zenden. Door deze bytes te testen, kan de computer te weten komen of de controller het kommando heeft geaksepteerd.

Het kommando voor de controller is samengesteld uit zes opeenvolgende bytes, samen een "device control block" oftewel "DCB". In figuur 4a zien we de samenstelling van een DCB.

Byte 0 is opgedeeld in twee delen: bit 7, 6 en 5 bevatten de categorie of de klasse van de kommando's. De opcode vinden we in bit 4...bit 0.

Byte 1 is eveneens opgedeeld in twee groepen. Bit 7, 6 en 5 bevatten het nummer van de loopwerken (LUN = Logical Unit Number) die zijn aangesloten op J2 en J3 (zie ook figuur 1). Daar er maar twee loopwerken op een controller kunnen worden aangesloten, kan LUN 000 zijn ofwel 001. De rest van byte 1 bevat een deel van het drive-adres dat wordt voortgezet in byte 2 en byte 3. Dit adres wordt het logische drive-adres genoemd (LOGAD). Het is 21 bits lang en wordt op de volgende manier bepaald:

$$\text{LOGAD} = (\text{CYADR} * \text{HDCYL} + \text{HDADR}) * \text{SETRK} + \text{SEADR}$$

- LOGAD = logical drive-address
- CYADR = cylinder-address
- HDADR = head-address
- SEADR = sector-address

- HDCYL = heads per cylinder
- SETRK = sectors per track

Byte 4 bevat de "interleave count", een soort "versleutel" faktor voor de sectoren. Wat hiermee wordt bedoeld, kunnen we begrijpelijk maken aan de hand van het in figuur 4c geschetste voorbeeld. Net als bij de normale, verwisselbare diskettes wordt ook hier de schijf opgedeeld in sectoren. Figuur 4c stelt één spoor voor dat is opgedeeld in 32 sectoren. Aan de binnenzijde van de cirkel zien we de nummering van de sectoren zoals we die tegenkomen met de draairichting van de schijf mee (physical sector). Aan de buitenkant van de schijf staat de toekenning van het logische nummer (logical sector). In dit voorbeeld is de versleutelingsfaktor 5. Dit betekent dat de logische sektor-nummering steeds vijf "fysieke" plaatsen overbrugt. Tel maar eens vanaf sektor 0 (buitenring): na 5 posities verschijnt steeds de volgende logische sektor. Deze methode van sektor-toekenning heeft het voordeel dat de harddisk-controller tijd wint om de data te verwerken die van of naar de schijf toe gaan. De maximaal toegestane faktor is:

aantal sectoren per spoor - 1 (je loopt dan precies de andere kant op). Een juiste keuze van de interleave count factor is zeer belangrijk voor de verwerkingssnelheid van het gehele harddisk-systeem.

Als laatste hebben we bit 5, het control-byte. Hiermee kunnen we de controller voor verschillende soorten harddisk-loopwerken optimaal aanpassen. Er zijn immers verschillen tussen de diverse fabrikaten. We zullen byte 5 eens bit voor bit doorlopen:

Bit 0: wanneer dit geset is, dan betekent dat: halve-stap-optie voor Seagate- en Texas-Instruments-drives.

Bit 1: indien geset: halve-stap-optie voor Tandon-drives.

Bit 2: buffer-step-optie voor drives van Computer Memories Inc. en Rotating Memory Inc.. Deze drives kunnen elke 200  $\mu$ s één stepper-puls verwerken.

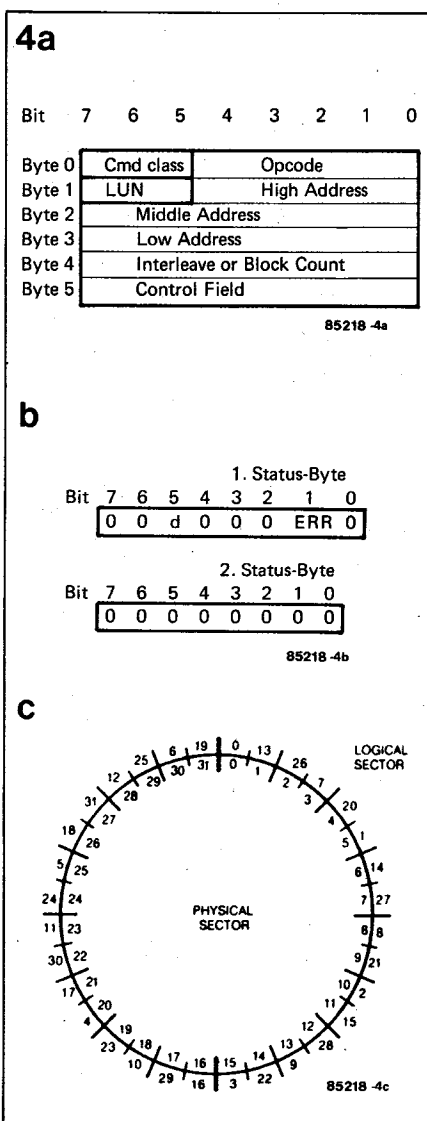
Bit 3...bit 5: deze bits worden niet gebruikt en zijn altijd nul.

Bit 6: dit bit dient normaliter "0" te zijn. Wanneer dit echter tijdens een sektor-read-kommando wordt geset, dan wordt de betreffende sektor bij een leesoperatie met fouten niet nog eens gelezen.

Bit 7: dit bit behoort in de normale situatie "0" te zijn. Bij een lees- of schrijffout op de schijf wordt de operatie vier keer herhaald. Door dit bit te zetten dwingt men de controller om alle herhalingen niet uit te voeren.

### De status-bytes

De XEBEC-controller zendt telkens twee status-bytes terug na een ontvangen kommando. In het eerste status-byte is bit 1 geset als er tijdens het uitvoeren van het kommando een fout is opgetreden. Bit 5 van dit byte geeft aan bij welke van de twee aangesloten harddisk-drives het



Figuur 4a. Een kommando dat vanuit de computer naar de controller wordt gezonden, bestaat uit een blok van 6 bytes. Deze bytes worden niet altijd volledig gebruikt.

Figuur 4b. Na een kommando antwoordt de controller met twee status-bytes. Er zijn maar twee bits in het eerste byte die informatie geven over een fout.

Figuur 4c. Net als bij de normale diskettes worden de sectoren op een spoor "versleuteld". Het voordeel hiervan is, dat de processor enkele mikrosekunden tijd heeft om de data te verwerken voordat een nieuwe sektor wordt aangesproken.

Figuur 5. Een listing van de file "SETUP.LIB". Deze file wordt gebruikt door zowel de harddisk-formatter als de VARIOBIOS. Door middel van het zetten van flags (TRUE/FALSE) kan de Big-Board-II op uw speciale behoeften worden afgestemd. Voor het berekenen van de Winchester-parameters bewijzen een rekenapparaat en het handboek van de betreffende drive nuttige diensten.

kommando niet kon worden uitgevoerd. De resterende bits van het eerste status-byte zijn "0". De bits in het tweede status-byte zijn altijd gereset.

### De software

Na de hardware-beschrijving geven we nog een voorbeeld hoe men een willekeurige Winchester-drive op de Big-Board-II kan aansluiten. Bij onze computer hebben we gebruik gemaakt van een BASF-harddisk-drive in combinatie met een floppy-disk-drive (DS/DD). Omdat CP/M maar 8 Mbyte per drive kan aansturen, is de beschikbare ruimte verdeeld over twee drives van elk 6 Mbyte (via software). Daarnaast is er ook nog een RAM-disk aanwezig van 256 KB. Voor het assembleren van VARIOBIOS gebruiken we de assembler/linker M80/L80 van Microsoft. Bij de start heeft de floppy het nummer "A" en is de Winchester aangesloten op J2 van de XEBEC-controller. CP/M zal dit loopwerk dan adresseren als zijnde "B" en "C". Hier zullen we dadelijk nog op terug komen.

Alle parameters voor het computersysteem zijn gedefinieerd in de file SETUP.LIB. In figuur 5 zien we een gedeelte van deze file. Door middel van het zetten van de flags "TRUE = waar" en "FALSE = niet waar" kan de VARIOBIOS eenvoudig gekonfigureerd worden. Wenst men bijvoorbeeld een Centronics-uitgang, dan moet "CENTRON EQU FALSE" worden veranderd in "CENTRON EQU TRUE". Met Wordstar of elke andere tekstverwerker kunnen dergelijke modificaties eenvoudig worden ingebracht.

In het laatste deel van de listing in figuur 5 wordt de software voor de Winchester-drive voor de BBII gekonfigureerd. De BASF-6188 heeft 360 cylinders (maxcyl) en vier koppen (maxhds). Experimenten met de BASF-drive hebben aangetoond dat alle sporen met dezelfde kopstroom kunnen worden beschreven. Om deze reden maken we gebruik van de optie: "gereduceerde kopstroom" voor alle sporen. Door middel van "reduce equ 360" en "precomp equ 360" wordt deze optie ingevoerd. Ook is de optie "fast step" bij de BASF mogelijk. Deze optie wordt ook gebruikt bij Tandon-drives. Uit de gegevens van het XEBEC-handboek volgt voor deze optie de overeenkomstige waarde: "stepopt equ 00000100b". CP/M verwerkt de data op een floppy-disk of harddisk in blokken van elk 4 Kbyte. Daarom moet er bij de opdeling in blokken/sectoren wat gerekend worden. De sektor-opdeling op een harddisk is 256-, 512 of 1024 bytes per sektor. Op één spoor passen dus respectievelijk 32, 17 of 9 sectoren. Wanneer men dit terugreken naar CP/M-blokken, dan krijgen we:

$$(256 * 32) / 4096 = 2.0$$

$$(512 * 17) / 4096 = 2.125$$

$$(1024 * 9) / 4096 = 2.25$$

Hier kiezen we voor "blocks per track": blptrk = 2.125. De resterende parameters voor "wblmax, maxblkl, MAX...REST..." zijn eenvoudig met behulp van de in de listing gegeven formules en met een rekenapparaat te berekenen.





## Het formatteren en het genereren van het systeem

Omdat er nog geen CP/M op de harddisk staat, kennen we de floppy-drive het nummer "A" toe en de Winchester de nummers "B" en "C". In de file SETUP.LIB moet dan op dit moment "WARMB EQU FALSE" zijn, omdat alleen op de diskette een systeem gegenereerd kan worden en niet op de harddisk!

Alvorens er data kunnen worden opgeslagen op de Winchester, zal eerst elke cylinder geïnitieerd moeten worden. Op de systeemdiskette voor de BBII staan hulp- en assembler-source-programma's, waarmee het formatteren van de harddisk en het genereren van het CP/M-systeem geen onoverkomelijk probleem hoeft te zijn. Allereerst wordt de Winchester-formatterder geassembleerd:

M80 =WINFORMT (produceert de file: WINFORMT.REL)

L80 WINFORMTWINFORMT/N/E (produceert de file: WINFORMTCOM)

De Winchester-formatterder maakt ook gebruik van de file SETUP.LIB, waarin de technische gegevens van de harddisk-drive gedefinieerd zijn. Dan kan het programma WINFORMTCOM gestart worden. Na ca. 10 minuten zijn alle cylinders geformatteerd.

### ZEX - WSYSGEN - VARBIOS

Is de schijf eenmaal geformatteerd, dan moet men de file WSYSGEN.MAC assembleren (WSYSGEN = Winchester-system-generation). Ook hier wordt weer gebruik gemaakt van de file SETUP.LIB. In SETUP.LIB is de situatie "WARMB EQU FALSE" nog altijd ongewijzigd. We gaan nu eerst het Winchester-systeem op flop-

6

```

M80 =#1
:   Please type #*C if error(s) exists - ^/
era $1.bak
era $1.com
L80
/P:DC80
$1,$1/X/N/E
N
DDT CPM58.COM
M980,1F7F,4000
F100,3FFF,0
I$1.HEX
R3300
M4000,55FF,2000
I ZCPR58.HEX
R5400
G0
WARSYSG
:
:
:

```

Figuur 6. De file "ZCPRG58B.ZEX" bevat alle benodigde informatie om het operating system automatisch op de harddisk te zetten. Duidelijk is te zien hoe de assembler M80 en de linker L80 worden aangeroepen.

py genereren en het daarna naar de harddisk kopiëren:

WSYSGEN CPM58.COM (voor een normaal CP/M-systeem)

Nu herhalen we de procedure met "WARMB EQU TRUE" in de file SETUP.LIB. De Winchester-drive is nu de eerste twee drives ("A" en "B"), met daarna de floppy-drive ("C") en de RAM-disk ("D", mits aanwezig). Meer bijzonderheden kan men vinden in de assembler-programma's op de diskette die bij de Big-Board-II-print wordt meegeleverd. Supereenvoudig is het installeren met behulp van het programma ZCPR-2, waarvan de gehele assembler-source op de diskette aanwezig is. Men typt dan:

ZEX ZCPRG58 VARBIOS

en dan wordt volautomatisch het CP/M-systeem op de harddisk geschreven. Wanneer er wordt gewerkt met een RAM-floppy, dan moet in plaats van ZCPRG58 de filenaam ZCPRG58B worden ingegeven. De "C" voor "58" betekent systeemgeneratie en de "B" erachter staat voor "banked BIOS". Beide files zijn "ZEX"-files. Wanneer u de documentatie van ZCPR-2 doorneemt, dan zal snel duidelijk worden hoe het hulpprogramma ZEX werkt. Het is een vervanger voor de "good old" SUBMIT van CP/M. Figuur 6 toont ons de inhoud van ZCPRG58B.ZEX en geeft een indruk hoe het operating system op de harddisk wordt geïnstalleerd. Een uitvoerige documentatie van ZEX is op de diskette aanwezig. Typ maar eens "ZEX //" en u krijgt vele beeldschermpagina's informatie!

