

Hoofdstuk 3

Computers en randapparatuur

3.1 Computers zijn overal

In bijna ieder elektrisch apparaat zijn een of meer chips ingebouwd. Soms zijn ze onzichtbaar, maar vaak zijn ze voorzien van enkele toetsen voor de bediening (invoer) en een klein scherm of enkele lampjes om de toestand en keuzes te kunnen aflezen (uitvoer). Je vindt in auto's, treinen, vliegtuigen, fototoestellen, cv-ketels en wasmachines. Deze chips besturen de verschillende functies van het apparaat. Ze zorgen voor een optimaal brandstofverbruik, een schone was of een warme huiskamer.

Andere gespecialiseerde computergestuurde apparaten doen alleen gespecialiseerde informatieverwerking. Een MP3 Player is een gespecialiseerde computer om muziek in MP3-bestanden af te spelen. Een navigatiesysteem is een gespecialiseerde computer die sateliet signalen van het Global Positioning Systeem (GPS) verwerkt om de positie van het systeem op de wereldbol te bepalen. Die positie wordt weer gebruikt om een route te vinden met de kaartinformatie die in het systeem is opgeslagen. Een spelcomputer is gespecialiseerd in spelletjes.

Elk van die gespecialiseerde computers kan alleen gebruikt worden voor een specifieke functie.

Een mobiele telefoon is allang niet meer alleen een apparaatje om mee te bellen en je telefoonnummers te onthouden. Je gaat ermee het internet op of je speelt er een spelletje mee. Zo'n mobieltje lijkt al meer op een PC. Een Personal Computer kan met allerlei programma's voor vele verschillende functies gebruikt worden.



Figuur 1 MP3-speler, navigatiesysteem en mobiele telefoon

Iedereen denkt bij computer als eerste aan de Personal Computer (PC). Een computer is een algemeen toepasbaar informatie verwerkend systeem. De gebruiker voert gegevens in via een toetsenbord, een muis, een compact disk of een memorystick. Ook kunnen de gegevens ingevoerd worden via een netwerkkaart. De verwerkte gegevens worden vervolgens uitgevoerd naar een beeldscherm, printer, een harde schijf als extern geheugen of via een netwerkverbinding naar een andere computer of elders opgesteld uitvoerapparaat.



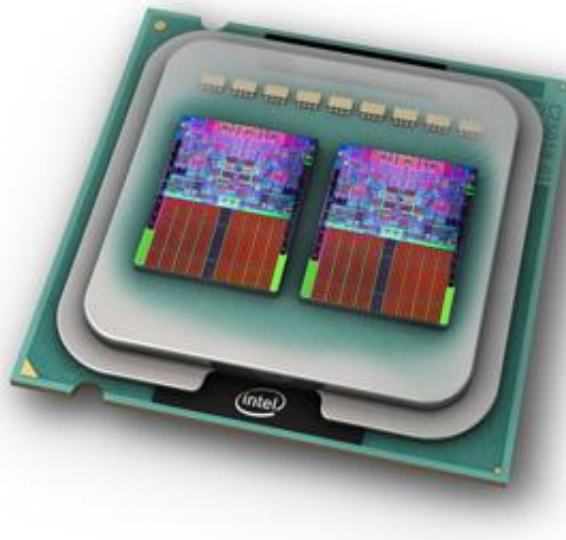
Figuur 2 Enkele PC's

Veel van de componenten van de PC vind je ook in de gespecialiseerde systemen die we eerder noemden. Drie belangrijke onderdelen komen eigenlijk altijd voor. Er is een *processor* die het eigenlijke werk doet, er is *geheugen* om informatie te bewaren en er zijn *verbindingen* naar buiten om informatie in te lezen of om apparaten aan te sturen. We gaan deze onderdelen bekijken aan de hand van de PC.

3.2 De processor

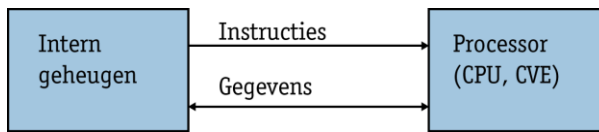
De kern van de computer, het deel dat het werk doet, is de *processor*. en is een belangrijke factor in de prestaties van een computer.

De processor wordt ook wel de *centrale verwerkingseenheid (CVE)* genoemd. De Engelse term is *CPU* en dat betekent *Central Processing Unit*.



Figuur 3 Een processor

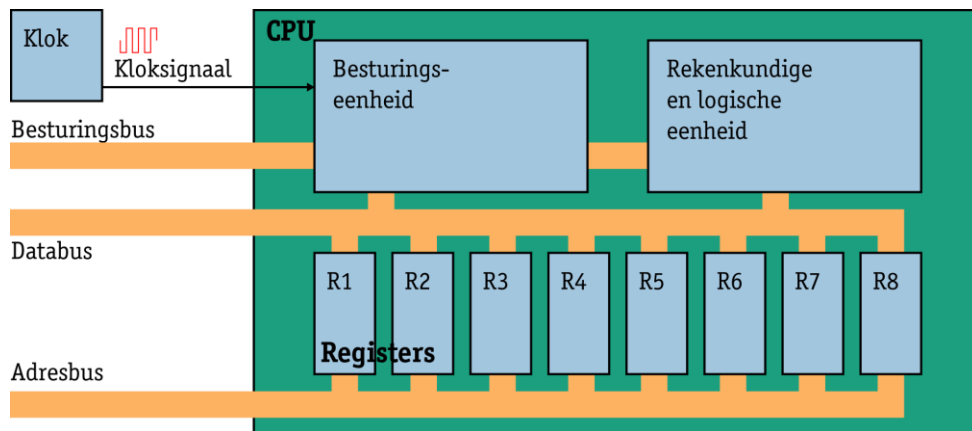
De processor voert de instructies van een programma uit. Met een instructie wordt bijvoorbeeld een optelling bedoeld, een getal uit het geheugen halen of juist er in opslaan. Een moderne processor kan miljarden instructies per seconde uitvoeren. De instructies werken op gegevens. Beide, instructies en gegevens, worden uit het interne geheugen gehaald.



Figuur 4 De processor verwerkt instructies en gegevens

Hoewel de instructies eenvoudig zijn is de processor zo snel dat er zeer complexe berekeningen door uitgevoerd kunnen worden. Het opbouwen van de inhoud van het beeldscherm van 768 bij 1024 pixels vraagt om zo'n 800000 gegevens, de kleur van elke afzonderlijke pixel. Toch is dit in veel minder dan een seconde klaar.

De processor bestaat uit een aantal onderdelen. Deze onderdelen zijn de rekenkundige/logische eenheid, een aantal registers en de besturingseenheid. Je ziet ze schematisch weergegeven in figuur 5.



Figuur 5 Schema van de CPU

De **rekenkundige en logische eenheid** voert rekenkundige bewerkingen en uit en vergelijkt waarden.

De Engelse afkorting van deze eenheid is **ALU** en dat betekent **Arithmetic and Logic Unit**. In hoofdstuk 1 heb je gezien dat een schakeling met EN-, OF en XOF-poorten de optelling van binaire getallen uit kan voeren. Deze schakeling maakt deel uit van de ALU.

De **registers** zijn tijdelijke opslagplaatsen voor instructies en gegevens. Er zijn meestal verscheidene registers voor gegevens waarmee gerekend moet worden. Er is één register waarin de huidige instructie staat, het **instructieregister** (IR).

Voor een simpele optelling moet de processor heel wat doen. Een processor kan alleen met **machinetaal** (nullen en enen) werken.

Een programmeur kan in een programmeertaal een opdracht voor een optelling schrijven, bijvoorbeeld $C=A+B$. Er zijn speciale programma's, die compilers genoemd worden, die zo'n opdracht in machinetaal vertalen.

Machinetaal bestaat uit eenvoudige instructies zoals LAAD, SLA OP, OPTELLEN, AFTREKKEN en VERMENIGVULDIGEN. Elke instructie of een bewerking heeft een code in nullen en enen. De processor kan daardoor de instructie decoderen.

Voor de optelling $C=A+B$ is in een serie instructies nodig:

- Instructie 1: Laad de waarde van adres A in het interne geheugen in Rekenregister 1.
 Instructie 2: Laad de waarde van adres B in het interne geheugen in Rekenregister 2.
 Instructie 3: Tel de waarde van Rekenregister 1 bij Rekenregister 2 en plaats deze waarde in Rekenregister 3.
 Instructie 4: Sla de waarde van Rekenregister 3 op in adres C van het interne geheugen.

Een ander belangrijk register is de **Program Counter**. Instructies staan ook in het geheugen en de program counter geeft aan waar de huidige instructie staat. Na het uitvoeren wordt de Program Counter verhoogd, zodat de volgende instructie opgehaald kan worden.

Wanneer de computer het machinetaalprogramma uitvoert, worden de instructies één voor één in het instructieregister geladen, gedecodeerd en uitgevoerd. Bij elke instructie doorloopt de processor de volgende cyclus:

- 1 Haal de instructie op van geheugenplaats en plaats deze in het instructieregister.
- 2 Decodeer de instructie (bepaal wat er moet gebeuren).
- 3 Voer de instructie uit.
- 4 Verhoog de Program Counter

Deze cyclus heet de **instructiecyclus**. De besturingseenheid, in het Engels **Control Unit**, bestuurt de instructiecyclus en zorgt dat de stappen goed doorlopen worden.

Je vraag je misschien af wat je je precies moet voorstellen bij ophalen, decoderen en uitvoeren. Dit is niets meer dan het openzetten van verbindingen door middel van schakelaars. De ALU heeft een schakeling voor het optellen. Bij de optel-instructie worden de registers 1 en 2 verbonden met de invoer van deze schakeling. Register 3 wordt verbonden met de uitvoer. Daardoor komt het resultaat van de optelling in register 3 te staan.

Klok en kloksnelheid

In elke computer zit een **klok**. De processen in de computer lopen synchroon (gelijk op) met het tikken van de klok. Zo ook de stappen van de instructiecyclus. De snelheid van de computer hangt voor een belangrijk deel af van de snelheid waarmee de klok tikt. De **kloksnelheid** wordt uitgedrukt in MHz (*Megahertz*), tegenwoordig zelfs in GHz (*GigaHertz*). 1 MHz is één miljoen tikken per seconde, een GHz is nog 1000 keer sneller.

Al jaren worden er steeds snellere processoren gemaakt. Het is moeilijk om de snelheid van processoren te vergelijken, omdat allerlei omgevingsfactoren een rol spelen. Zo zijn er processoren die in een overdrive (grotere kloksnelheid) gebracht kunnen worden. Soms levert dat echter niks op, omdat andere onderdelen van de computer daaraan niet aangepast worden. Andere processoren werken met een groter register waardoor ze met een enkele instructie een berekening kunnen doen waar andere processoren twee instructies voor nodig hebben. Sommige processoren beginnen al aan een nieuwe instructie als de laatste stap van een eerdere instructie nog gedaan moet worden.

Er zijn diverse pogingen gedaan om een soort eerlijke vergelijking te maken. Enkele definities van snelheid zijn:

FLOPS Floating Point operations (drijvende komma getallen)

MIPS Miljoenen Instructies per seconde

IComp Intel COmparative Microprocessor Performance Index

In tabel 1 zie je een overzicht van enkele processoren die in de afgelopen dertig jaar op de markt kwamen. Ieder jaar lijkt de snelheid van processoren te verdubbelen. Al jaren wordt voorspeld dat deze ontwikkeling tot stilstand gaat komen, maar in de praktijk gebeurt dat nog niet.

Jaar	Type processor	Klokfrequentie	Aantal transistoren
1979	Intel 8088	4,7 MHz	29.000
1982	Intel 80286	6 MHz	134.000
1989	Intel 80486	25 MHz	1.200.000
1993	Intel Pentium	60 MHz	3.100.000
1997	Intel Pentium II	233 MHz	7.500.000
1999	Intel Pentium III	450 MHz	12.000.000
2000	Intel Pentium 4	1,3 GHz	42.000.000
2006	AMD Athlon 64	3.0GHz	227.000.000 (twee processoren)
2006	Intel Core 2 Duo	2.93 GHz	291.000.000 (twee processoren)

Tabel 1 Enkele processoren

3.3 Het geheugen

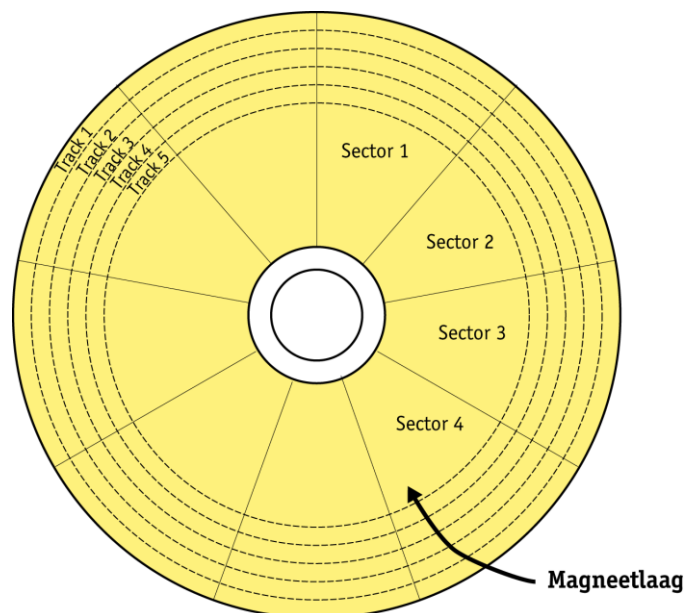
Geheugen in de computerconfiguratie wordt onderscheiden in extern en intern geheugen. **Intern geheugen** zit in de vorm van geheugenchips in de computer. **Extern geheugen** is al het andere geheugen: schijven, DVD's, USB-sticks, tapes, flash-geheugen, enzovoorts. We bekijken eerst het extern geheugen.

Extern geheugen

Er zijn tegenwoordig veel soorten extern geheugen. Klassieke voorbeelden van extern geheugen zijn een diskette (floppy) en een harde schijf. De diskette was de eerste verwisselbare schijf. De diskette is inmiddels bijna verdwenen vanwege de geringe capaciteit, je kunt er bijvoorbeeld maar een paar foto's op kwijt. De schijven die tegenwoordig nog wel veel gebruikt worden zijn harde schijven, cdroms en DVD's. De gegevens op die schijven liggen redelijk permanent vast.

Er zijn twee soorten extern geheugen: **adresseeerbaar** en niet-adresseeerbaar. Het geheugen op schijven is adresseeerbaar. Doordat de schijf opgedeeld is in een aantal gebieden is de plek waar bepaalde gegevens staan zeer goed aan te wijzen.

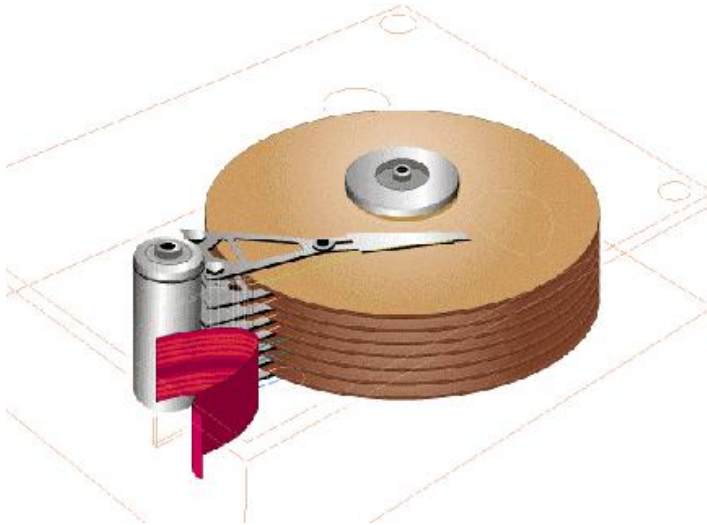
Die onderdelen van de schijf heten **spoor** (**track**) en **sector**. Een spoor is een volledige cirkelbaan op de schijf. Een sector is een taartpunt van de schijf.



Figuur 6 Indeling van een schijfgeheugen

In werkelijkheid heeft een schijf veel meer sporen en sectoren dan in figuur 6 zijn aangegeven. Een diskette met een capaciteit van 1,44 Mb (1440 Kb) heeft 80 sporen en 18 sectoren. Zo'n diskette heeft dus 80 maal 18, dat is 1440 segmenten van sporen. In zo'n segment past dus precies 1 Kilobyte. De bits worden als een lange reeks in dit segment geschreven.

Bij een harde schijf loopt het aantal sporen in de duizenden. Bovendien bestaat die harddisk uit meerdere schijven boven elkaar, zoals je kunt zien in figuur 7.



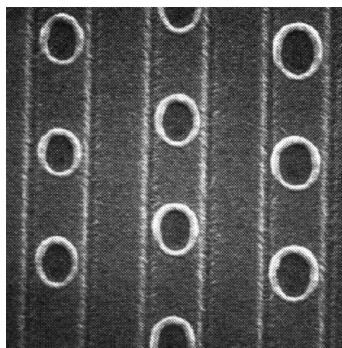
Figuur 7 Een harddisk

Door alle sporen en sectoren te nummeren kan er een adres gegeven worden aan een bepaalde sector, zodat de gegevens op een schijf snel te vinden zijn. Er wordt in een speciaal spoor bijgehouden wat de inhoud van de schijf is. Dit gebeurt in een tabel, de **FAT** (**File Allocation Table**). Daarin wordt bijgehouden waar een bestand staat. Bijvoorbeeld een bestand genaamd 'brief.doc' staat in spoor 2, sector 4.

Zoals al gezegd is elk soort schijf verdeeld in sporen en sectoren. Het materiaal waarvan de schijf gemaakt is, is echter niet altijd hetzelfde.

De meeste schijven hebben een oppervlakte van zeer fijn **magnetisch** materiaal waarbij op een plekje het magneetje in twee standen kan laten staan: Noord of Zuid, ↑ of ↓. Zo wordt de waarde van een bit (0 of 1) vastgelegd. Voor de **optische** schijf, de CDROM, geldt weer iets anders. Een bit op een optische schijf ligt vast in een putje of juist geen putje, zie figuur 8.

De capaciteit van optische schijven is groot. Op een cdrom gaat zo'n 700Mb, dat is ongeveer 300.000 pagina's kale tekst, zonder plaatjes. Op een DVD past een kleine 5 Gb aan gegevens.



Figuur 8 Microscopopname van het oppervlak van een CDROM

Er zijn ook zogenaamde *magneto-optische* schijven waar de data in magnetisch medium worden vastgelegd met behulp van laser technologie (optisch).

Niet adresseerbaar geheugen is bijvoorbeeld een tape. Bij een *tape* is het onmogelijk de precieze plek aan te wijzen waar de gegevens zich bevinden. Een stroom bits wordt van voor naar achter op de band geschreven, om een deel van deze gegevens terug te vinden, moet je de band weer vanaf het begin afspelen. Dit maakt dat een tape niet zo geschikt is voor dagelijks gebruik, maar wel voor het maken van een backup.

Voor apparaten als fototoestellen zijn schijven veel te groot, ze nemen te veel ruimte in. Hier wordt gewerkt met *flash-geheugen*, ofwel geheugenkaartjes. Dit zijn feitelijk geheugenchips die vergelijkbaar zijn met de chips die in je computer zelf zitten. Er is echter een belangrijk verschil. De flash-geheugens behouden de opgeslagen informatie ook als het apparaat waar ze in zitten wordt uitgezet.

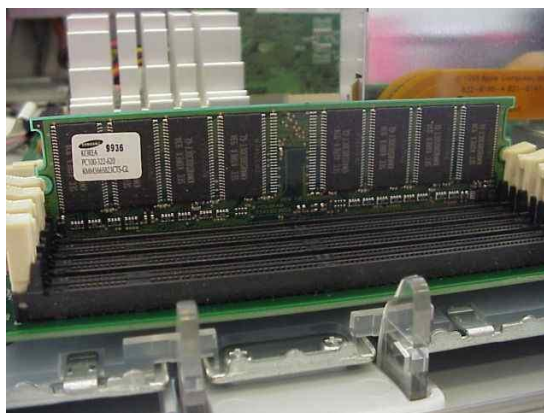
Er zijn verschillende typen geheugenkaartjes voor verschillende soorten apparaten. Voor deze geheugenkaartjes heb je speciale aansluitingen nodig, zoals je kunt zien in figuur 9. Ook in USB-sticks zit flash-geheugen.



Figuur 9 Flash-geheugens

Intern geheugen

Een computer heeft intern geheugen om instructies en gegevens snel beschikbaar te hebben voor de processor. Het interne geheugen bestaat uit chips waarin de data opgeslagen worden op plaatsen die adresseerbaar zijn. Elk adres is een nummer.



Figuur 10 Intern geheugen

Het interne geheugen van een PC bevat onder andere de programma's (of delen daarvan) waarmee op dit moment gewerkt wordt en de gegevens die dat programma zelf gebruikt. Een deel van het interne geheugen wordt gewist wanneer je de computer uitzet, dit heet **RAM**. RAM staat voor **Random Access Memory**, dit betekent letterlijk willekeurig toegankelijk geheugen. Dat geeft aan dat elke geheugenplaats apart te benaderen is. Je hebt vast wel eens gemerkt dat het RAM geheugen gewist wordt op het moment dat de computer vast liep tijdens het tekstverwerken en de je de computer moest uitzetten. Je was of je tekst helemaal kwijt of het gedeelte dat je nog niet opgeslagen had. Een ander deel van het interne geheugen is het **ROM**-geheugen. **ROM** staat voor **Read Only Memory**. Dit wordt niet gewist bij het uitzetten van de computer en het dient om de computer elke keer op de juiste wijze te laten starten.

Elke geheugenplaats in het interne geheugen heeft een adres. De computer bewaart het beginadres van een stukje tekst waar aan je werkt. Van veranderingen die je aanbrengt, wordt heel snel uitgerekend op welke geheugenplaats andere waarden komen te staan. Via de processor komen ze dan op de juiste plaats te staan.

Het interne geheugen van een computer kan er schematisch uitzien als in tabel 2.

Geheugenplaats (adres)	Inhoud
000000000-100000000	Besturingsprogramma's
100000001-300000000	Videobeeld
300000001-800000000	Tekstverwerkingsprogramma
800000001-1000000000	Data (je tekst bijvoorbeeld)

Tabel 2 Gebruik van de geheugenplaatsen in het interne geheugen

Oude computers werkten met adressen van 16 bits. Met 16 bits kun je de getallen 0 tot en met 65535 voorstellen. Deze computers konden daarom maar 64 Kb geheugen adresseren. Tegenwoordig is 32-bits-adressering normaal. Je kunt hiermee 4 Gigabyte, zo'n 4000 Mb adresseren.

Speciaal geheugen

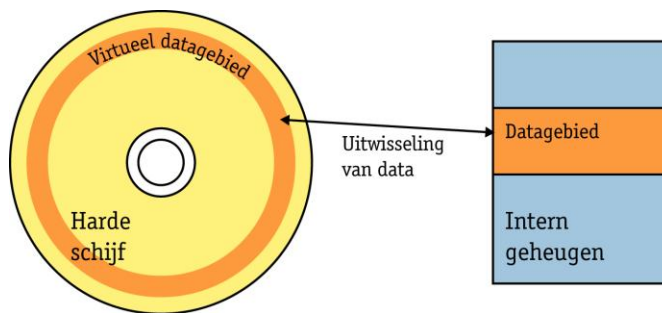
Hoewel de processor het meest belangrijke onderdeel van de computer is wordt de snelheid van een computerconfiguratie in belangrijke mate bepaald door de grootte van het interne geheugen. Hoe groter het geheugen, desto sneller is de computer. Dit komt omdat de processor veel sneller met intern geheugen kan werken dan met extern geheugen. Het interne geheugen is ongeveer 10.000 keer sneller dan het externe geheugen.

De **toegangstijd** van intern geheugen wordt gemeten in honderden nanoseconden (dat is $100 \cdot 10^{-9} = 10^{-7}$ seconde) terwijl dat van een harde schijf in milliseconden (10^{-3}) gemeten wordt.

Wanneer het programma waar je mee werkt, erg groot is, staat alleen een deel in het interne geheugen. Dat deel is bijvoorbeeld de functie die je opdat moment gebruikt. Wanneer je een andere functie gaat gebruiken wordt die van de harde schijf gehaald. Je kunt dat herkennen aan een flink ratelende harde schijf terwijl je werkt. Je snapt wel dat daardoor de verwerking langzamer wordt.

Wanneer je met een bestand werkt dat groter is dan het stuk van het interne geheugen dat voor dat bestand gereserveerd is, dan past de computer een truc toe om toch met dat bestand te kunnen werken.

Die truc heet virtueel (denkbeeldig) geheugen. Het virtuele geheugen staat op de harde schijf van je machine en niet in het interne geheugen. **Virtueel geheugen** is dus feitelijk geen intern geheugen.

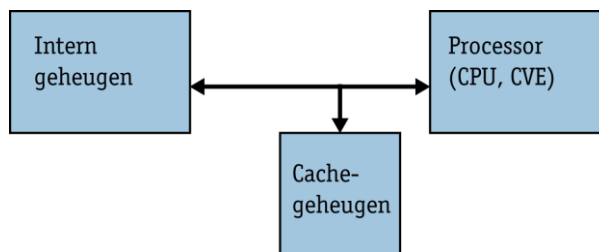


Figuur 11 Virtueel geheugen

Het interne geheugen is een actief geheugen: er worden steeds gegevens in gezet, weer naar de processor gevoerd en verwijderd. Er gebeurt dus van alles in het interne geheugen. Wanneer het mogelijk is om die processen te versnellen dan zal een computer nog sneller worden. De chipbouwers hebben inderdaad een manier gevonden om nog sneller in het interne geheugen te werken.

Dit gebeurt door middel van het **cache-geheugen**. Cache-geheugen is een apart geheugen dat anders is dan het normale interne geheugen. Het verschil is dat het ongeveer een factor 50 sneller is dan gewoon intern geheugen. Cache-geheugen is erg prijzig, daarom is niet al het interne geheugen daarvan gemaakt.

Het cache-geheugen werkt als volgt: De computer werkt veelvuldig met herhalingen. Een instructie die vaak herhaald wordt, wordt in het cache-geheugen gezet en is daardoor sneller voorhanden wanneer de instructie weer nodig is. Hoe groter het cache-geheugen, hoe groter de kans dat de instructie er nog in staat. Zo kan de computer veel aan snelheid winnen. Je kunt het vergelijken met een kantoor. Dingen die vaak nodig zijn staan op het bureau en niet in de boekenkast.

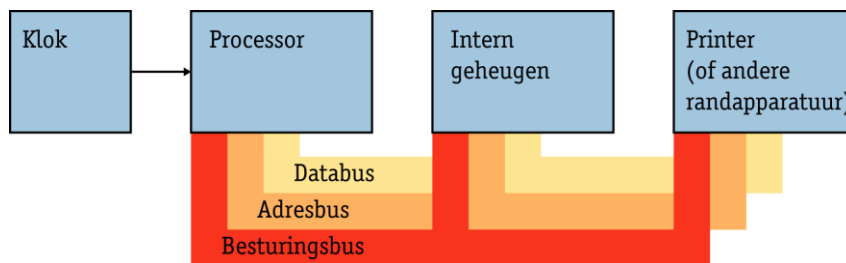


Figuur 12 Het cache-geheugen

3.4 Busstructuur in de computer

Als je wilt weten hoe processen in de computer verlopen moet je wat weten over de interne structuur van de computer. De processor communiceert met de andere onderdelen van een computer via een zogenaamde **bus**.

De bus is niets anders dan een transportsysteem voor elektrische signalen. Het is de bedrading van de computer, maar het zijn geen gewone kabels. Het zijn geleidende strips op een printplaat. Ze zijn gemaakt van koper en daar waar de processor op de bus wordt aangesloten zijn de verbindingen meestal van zilver. Zilver wordt gebruikt op plaatsen waar er meer elektronisch verkeer is door de bus, omdat het beter geleidt dan koper.



Figuur 13 Bussen schematisch (als medium voor signalen)

We onderscheiden drie bussen:

- Adresbus
- Besturingsbus
- Databus

De **adresbus** wordt gebruikt om aan te geven waar de gegevens, bijvoorbeeld getallen, vandaan moeten worden gehaald of waar ze na berekening moeten worden geplaatst.

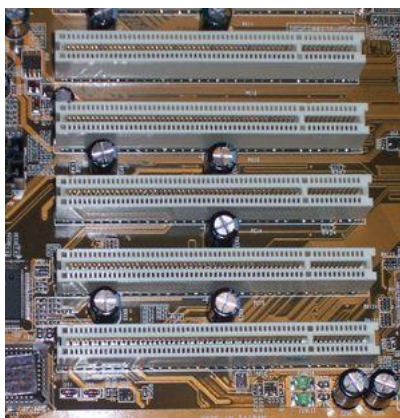
De **databus** dient om gegevens te transporteren. Via de databus kan een waarde vanuit het geheugen naar de processor gehaald worden om mee te rekenen.

Via de **besturingsbus** worden signalen verzonden die vertellen hoe iets uitgevoerd moet worden. Bijvoorbeeld dat er eerst een waarde uit het interne geheugen gehaald moet worden en naar de processor moet worden gestuurd. Daarna moet de nieuw berekende waarde afgedrukt worden en gaan er besturingssignalen naar de printer.

Al deze processen lopen op de maat van de klok.

Binnenin de computer kunnen apparaten als de harde schijf of grafische kaart direct op de computer worden aangesloten. Daarvoor zijn gespecialiseerde aansluitingen.

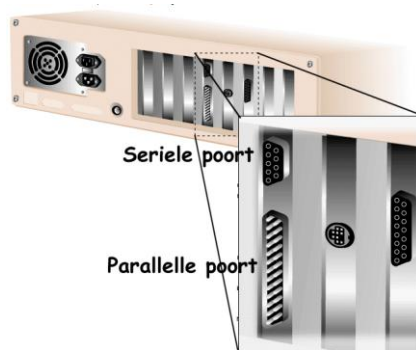
IDE (*Integrated Drive Electronics*) is de standaardaansluiting voor harde schijven en andere schijfeenheden, zoals de cd-rom-speler. **PCI** (*Peripheral Component Interconnect*) is een speciale bus voor het aansluiten van videokaarten, geluidskaarten of netwerkkaarten. De aansluitingen voor deze bus zie je als sleuven op het moederbord.



Figuur 14 PCI-aansluitingen

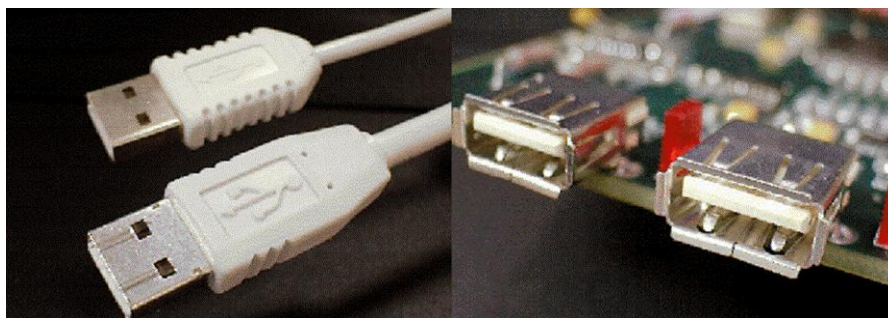
Uiteindelijk moeten op de computer allerlei andere apparaten aangesloten worden: muis, printer, scanner, modem, externe schijven, enzovoorts. Interne signalen op de databus worden via de Input Output Controller doorgestuurd naar de poorten van een computer, of andersom.

Oorspronkelijk waren er twee soorten communicatiepoorten de seriële en de parallelle poort. Via de seriële poort worden de bitjes na elkaar verstuurd en via de parallelle poort gaat een byte tegelijk, door acht aparte aansluitpunten. Vandaar de termen serieel en parallel. De hoeveelheid data per seconde die je via deze poorten kunt verzenden is beperkt, daarom zijn ze bijna uitgestorven. Een enkele keer zie je nog een printer op een parallelle poort.



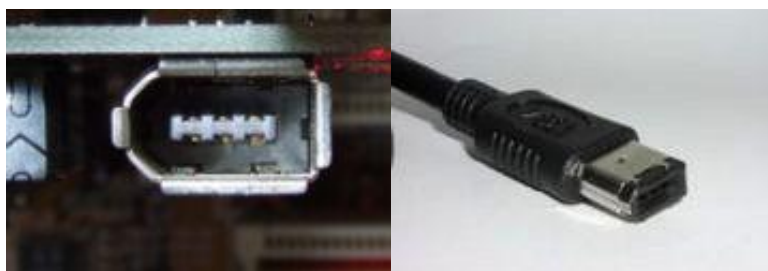
Figuur 15 Seriële en parallelle communicatiepoort

Moderne communicatiepoorten zijn **USB** en FireWire. **USB** is een van de laatste ontwikkelingen op het gebied van communicatie. USB staat voor Universal Serial Bus en is beschikbaar sinds 1995. Deze technologie maakt het mogelijk om allerlei apparaten aan een computer te koppelen, terwijl die aan staat. Dat is iets wat bij de seriële en parallelle poorten niet kan. Bovendien is de snelheid van datatransport erg hoog. USB 1.0 levert een snelheid van 10 tot 15 Mbit/s (Megabits per seconde). Voor de oudere communicatiepoorten van een PC zijn deze snelheden onmogelijk. Inmiddels is er ook USB 2.0, dit maakt zelfs een communicatiesnelheid van 480 Mbit/s mogelijk. Er is nog twee grote verschillen tussen de USB-poort en de oude COM- of LPT-poorten. Aan een USB-poort kun je meer dan één randapparaat aansluiten. Een USB-poort kan het aangesloten apparaat ook van stroom voorzien.



Figuur 16 USB poort met stekkers

Firewire is de volgende generatie in aansluitingen van randapparatuur. De transportsnelheden zijn nog veel groter dan bij USB, vandaar dat je firewire aansluitingen vooral ziet bij apparaten die veel data transporteren, zoals digitale camera's en externe harde schijven.



Figuur 17 Firewire poort met stekker

Wanneer je een computer openmaakt kun je de onderdelen tot we tot nu toe besproken hebben vinden.



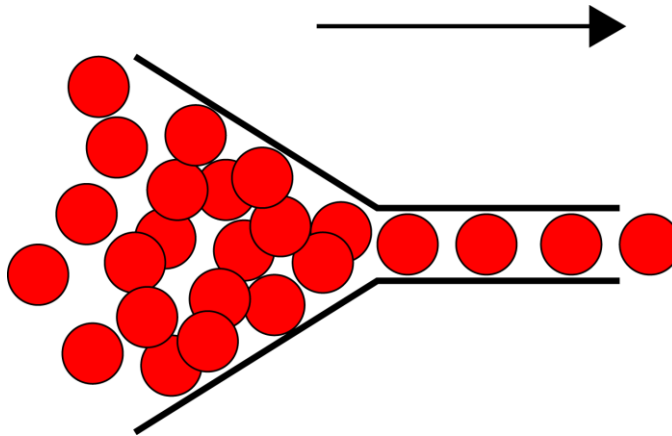
Figuur 18 Onderdelen in de computer

3.5 Het Von Neumann-principe

Het is al eerder gezegd, de processor verwerkt instructies. De processor kan echter maar één instructies tegelijk afhandelen. Als een instructie uit meerdere handelingen bestaat zoals gegevens binnenhalen, een berekening uitvoeren en het resultaat wegschrijven op een bepaald adres in het interne geheugen dan werkt de processor dat allemaal achter elkaar af. Deze afhandeling heet daarom sequentieel, op volgorde. Dit heet het *Von Neumann-principe*. Alle computers werken volgens dit principe.

Von Neumann was een wiskundige die dit processormodel beschreven heeft en daarom is dit principe naar hem vernoemd.

Tegenwoordig is de snelheid van computers uiterst belangrijk en wordt het ook wel de Von Neumann-bottleneck genoemd, vanwege de vertraging die zo ontstaat.



Figuur 19 Het Von Neumann-principe

Oplossingen voor de bottleneck

Door de toenemende snelheid van de computers wordt ook de bottleneck van Von Neumann steeds duidelijker merkbaar. Er is een aantal middelen bedacht om het probleem te verminderen. Een echte oplossing is er nog niet.

Alle oplossingen tot nu toe werken met meer dan één processor. Men spreekt daarom van *multiprocessing*. Hier gaat het gezegde op: vele handen maken licht werk. Drie manieren van aanpak zijn:

- Een ondersteunende processor
Naast de CPU wordt een extra processor ingebouwd die speciale taken uitvoert. Dit is bijvoorbeeld de coprocessor die aan de 80486 chip werd toegevoegd om berekeningen uit te voeren en zo de CPU te ontlasten.
- Een gekoppelde processor
In één processor worden meerdere rekeneenheden en besturingseenheden gebouwd. Hierdoor is multiprocessing mogelijk.
- Dit gebeurt bijvoorbeeld in de Pentium-processor. Er is echter maar één cache-geheugen.
- Parallele processoren
De computer bevat twee of meer processoren. Deze verdelen het werk, elke processor voert een deel van de instructies uit. Omdat de processoren tegelijk kunnen werken, hoeven de instructies niet meer na elkaar te worden uitgevoerd, ze worden parallel verwerkt. Hierbij moet je wel realiseren dat er afspraken gemaakt moeten worden wat er parallel kan en wat zeker niet. Voor computers met parallelle processoren moet men dus aparte programmatuur maken. Voorbeelden zijn de Duo Core en de Quad Core van Intel.

3.6 De werking van de personal computer

De componenten zijn nu bekend, maar hoe werkt de computer nu als geheel? We bekijken wat er allemaal gebeurt tussen het aanzetten en uitzetten van de PC.

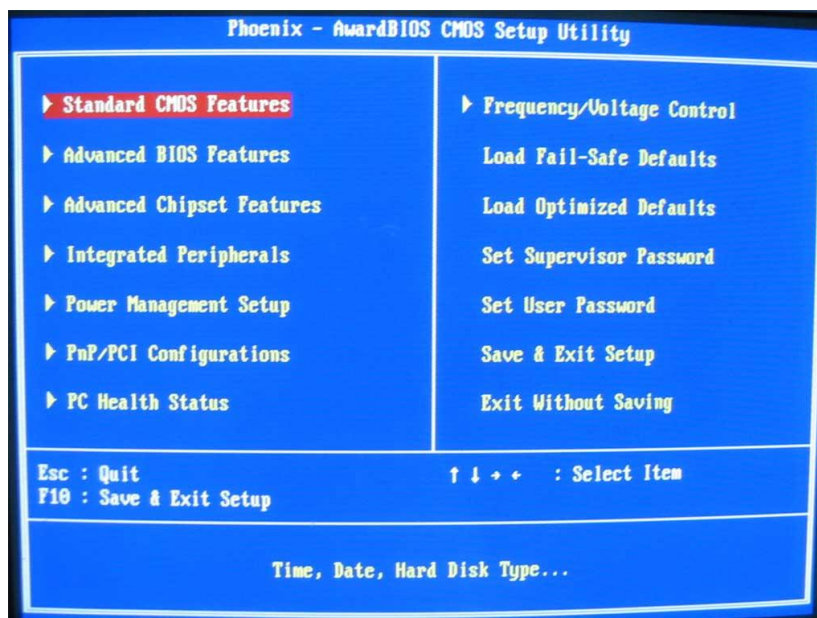
Wanneer je de computer aanzet wordt als eerste een vast programma gestart dat BIOS heet (Basic Input Output System). Op de monitor verschijnen de meldingen van dat opstartprogramma. Je ziet dus wat het BIOS-programma doet.

Het voert eerst een testprogramma uit waarin het interne geheugen, de harde schijf en andere componenten worden getest. Welke typen zijn aangesloten? Wat zijn hun kenmerken? Reageren ze correct op invoer/uitvoer-instructies?

Vaak laat het BIOS diverse meldingen zien over de hoeveelheid geheugen, de processorsnelheid en het type en de capaciteit van de harde schijf. Het BIOS verricht vele tientallen kleine taken (processen) die nodig zijn om de PC gereed te maken om een toepassingsprogramma te kunnen starten.

Het BIOS test of de geluidskaart en de videokaart correct werken. Deze componenten zijn vaak zelf voorzien van een processor en een specifiek eigen opstartprogramma.

Het BIOS controleert bij de start ook of het interne geheugen correct functioneert door op alle geheugenplaatsen een keer te schrijven en de geschreven waarde terug te lezen. Op de monitor kan dan worden gemeld hoe groot het interne geheugen is. Ook de aansluitpoorten voor netwerkverbindingen of externe componenten in de PCI-connectoren of de USB-poorten worden gecontroleerd. Elke fout wordt op de monitor gemeld. Op de aansluitpoorten moeten altijd minimaal een muis en/of toetsenbord zijn aangesloten. Het BIOS test of ze aanwezig zijn en correct reageren op testsignalen. Een foutmelding van het BIOS betekent meestal dat een onderdeel van de computer of een randapparaat niet goed functioneert en vervangen of gerepareerd moet worden.



Figuur 20 Instellingen van het BIOS

Na de test van alle onderdelen leest het BIOS de programmaonderdelen die nodig zijn voor elke 'gevonden' component uit de ROM-geheugens van die componenten en plaatst ze in het interne geheugen. Die componentgebonden programma's zijn in feite specifieke stuurprogramma's (Engels: drivers). Pas na de plaatsing van het driver-programma in het interne geheugen is die component geactiveerd en kan die component voor invoer/uitvoer ook echt gebruikt worden. Als een van de eerste componenten wordt de harde schijf geactiveerd (SCSI-driver) omdat diverse drivers van andere componenten van die harde schijf worden gelezen.

Het BIOS bepaalt de standaardvolgorde van de activering van de diverse componenten. Er is een klein stukje geheugen waarin de instellingen semipermanent worden opgeslagen. Voorbeelden van die instellingen zijn de schermresolutie of het volume van de luidsprekers. Een kleine batterij zorgt ervoor dat de informatie in dat geheugen niet verloren gaat als de computer wordt uitgeschakeld. Bij uitschakelen van de computer gaat alle informatie in het interne geheugen verloren.



Wanneer de componenten allemaal door het BIOS zijn geactiveerd moet de kern van het besturingssysteem in het interne geheugen worden geplaatst. Dit gaat als volgt. Volgens een standaardafpraak staat het laadprogramma voor het besturingssysteem op een specifieke vaste plaats op de harde schijf (bijvoorbeeld op de eerste twee sporen). Dat laadprogramma wordt door het BIOS in het interne geheugen geplaatst en vervolgens wordt de eerste instructie van dat laadprogramma gestart. Daarmee wordt de besturing van de PC door het BIOS overgedragen aan het laadprogramma dat als eerste alle benodigde andere deelprogramma's van het besturingssysteem in het interne geheugen plaatst. In het hoofdstuk over besturingssystemen gaan we daar dieper op in.