

Schakelaar voor modern bestaan: De transistor

In: De Volkskrant, 27 januari 2007, KENNIS blz. 3

Copyright © Govert Valkenburg / De Volkskrant

Samenvatting

Alles van telefoons tot computers berust op een klein elektronisch schakelaartje dat met minieme stroompjes te bedienen is.

Volledige tekst

De transistor is in wezen niets meer dan een elektronisch schakelaartje. Toch is het zonder twijfel het belangrijkste element in de huidige elektronica. In onze directe omgeving zijn er meer aanwezig dan de meeste mensen vermoeden.

Een elektrisch polshorloge met wijzers bevat er enkele tientallen. Een digitaal horloge enkele honderden tot duizenden, afhankelijk van het aantal foefjes dat erop zit. En in de Dual-Core Itanium, de nieuwste chip van Intel, zitten er zo'n anderhalf miljard. Overigens is met één transistor al een heuse AM-radio te bouwen.

Om de werking van elektrische elementen duidelijk te maken, gebruiken elektrotechnici graag de vergelijking met een waterleidingsysteem. Stel je voor dat een stad als Nijmegen of Groningen van water wordt voorzien door één grote leiding. In die leiding zit een kraan om de watertoevoer af te sluiten. Zo'n kraan is zo groot, dat hij niet met blote handen open of dicht te draaien is.

Daarom bouw je de kraan zo dat je hem kunt bedienen met waterkracht. Vanuit een klein leidinkje dat je met een huis-tuin-en-keukenkraantje van water voorziet. Een transistor werkt net zo voor elektrische stroom: je stuurt er een klein stroompje doorheen waarmee in een andere leiding een grote stroom geregeld kan worden.

Het woord 'transistor' is een samentrekking van 'transconductance' (het overdragen van lading) en 'varistor', wat weer een samentrekking is van 'variable resistor' (variabele weerstand). De naam zegt dus precies wat het is: een variabele weerstand, waarvan de geleiding wordt overgedragen vanuit een ander signaal. John R. Pierce bedacht de naam in 1948. Pierce was een medewerker van de Amerikaanse Bell Laboratories, die een belangrijke rol speelden in de ontwikkeling van de transistor.

Dat de transistor zo'n veelgebruikt element is, heeft een paar redenen. Belangrijk is dat silicium, de grondstof waarvan transistors gemaakt worden, in grote hoeveelheden uit gewoon zand gewonnen wordt. Bovendien wordt het element uit één stuk vervaardigd, kan het tegen een stootje en gaat het relatief lang mee. De transistor is daarbij tegenwoordig zeer klein en in grote aantallen te maken. Hij wordt daarom ook steeds goedkoper.

Maar het belangrijkste is dat er zo enorm veel met een transistor mogelijk is. Hij kan versterken en schakelen, en met die functies kun je heel veel soorten apparaten bouwen.

Het overgrote deel van de transistors in deze wereld zit in digitale schakelingen, zoals in computers

en mobiele telefoons. Digitaal wil zeggen dat deze apparaten informatie verwerken en opslaan, gecodeerd in nullen en enen. Daarbij is afgesproken dat een 1 overeenkomt met een elektrische stroom en dus met een openstaande transistor, en een 0 met een onderbroken stroom ofwel een gesloten transistor.

Als een digitaal apparaat deze informatie op een zinvolle manier moet verwerken, moet het beschikken over opslag. Daarvoor dient de condensator. Die is te vergelijken met de watertoren in het waterleidingsysteem. Net als bij een watertoren, moet je een kraan of transistor open zetten om hem te vullen. Maar als er eenmaal elektrische lading in zit, kan die er vanzelf weer uitkomen. Met de lading die erin zit, kunnen vervolgens andere transistors worden aangestuurd.

Met zogenaamde fotolithografie, waarbij siliciumplaatjes met licht en chemie worden bewerkt, is het mogelijk een flink aantal transistors op een siliciumplaat naast elkaar te leggen en ze door leidingen te verbinden. Deze siliciumplaatjes zijn verwerkt in de chips die je ziet zitten als je een mobiele telefoon uit elkaar schroeft of kapot laat vallen.

In de loop der tijd zijn transistors steeds kleiner geworden. Op dit moment zijn er transistors met een grootte van 50 nanometer; daarvan gaan er dus twintigduizend in een millimeter. De zogeheten Wet van Moore stelt dat elke achttien maanden het aantal transistors op een chip verdubbelt. Dankzij deze ontwikkeling hebben we nu bijna allemaal een eigen computer en mobieltje, en zijn televisies en radio's voor iedereen betaalbaar.

Het technisch-wetenschappelijke en economische belang van de transistor is voor Nederland zeer groot. Zo heeft de (inmiddels verkochte) halfgeleiderdivisie van Philips meer dan 25 duizend patenten op haar naam staan. De divisie had in 2005 een omzet van 4,8 miljard euro. ASML, een groot bedrijf uit Veldhoven, fabriceert de lithografische machines die per uur honderden siliciumplaten bewerken. Het bedrijf maakte in 2005 58 procent van alle productiemachines in de wereld.

Er zit wel een ondergrens aan de grootte van de transistor. Kleiner dan klein is op den duur niet mogelijk. Atomen hebben bepaalde afmetingen en het is niet mogelijk dingen te maken die kleiner zijn dan die atomen. Maar zelfs voordat die afmetingen bereikt worden, dienen zich al andere problemen aan. Als materialen zo kleinschalig zijn, gedragen ze zich anders dan wanneer ze een tastbare grootte hebben.

Om deze problemen te overwinnen, zullen wetenschappers op zoek moeten naar nieuwe materialen en nieuwe productiemethoden. Zo zijn onderzoekers aan de TU Delft er in 2001 in geslaagd een transistor te bouwen waarbij één enkele elektron (de kleinste hoeveelheid elektrische lading die voorkomt) het verschil maakt tussen een transistor die aan staat en eentje die uit staat.

Deze Delftse transistor is opgebouwd uit nanobuisjes van koolstof. Het voorvoegsel 'nano' wordt gebruikt voor technologieën die afmetingen hebben van enkele tientallen tot honderden nanometers groot. Nanotechnologie is op dit moment wereldwijd big business, en ook op het gebied van elektronica zijn de verwachtingen hooggespannen.

Auteur **Govert Valkenburg** (1977) is elektrotechnicus en techniekfilosoof, hij studeerde aan de Universiteit Twente. Daarnaast deed hij klassieke zang aan het conservatorium. Momenteel werkt hij aan een proefschrift waarin de ontwikkelingen in de genetica vanuit de techniekfilosofie en de politieke filosofie worden beschouwd.; Op vk.nl/betacanon kunnen geregistreerde lezers via een wiki-systeem verder schrijven aan deze aflevering van de canon. De vorige aflevering, over de wc en hygiëne, is al voorbij versie vijftien.