

Omslagverhaal Op de plaats rust

Waarom chips voorlopig niet veel sneller worden

Nóg krachtiger chips die nóg sneller rekenen: het zit er de komende jaren niet meer in. Maar daardoor krijgen we juist nieuwe en nuttige apparaten.

Erwin van den Brink



Einde van een tijdperk

Het wordt te duur om elektronica nog kleiner te maken

1

Hebt u ze al: een Google Glass en Apple Watch? Google Glass is commercieel gezien een mislukking en Apple Watch gaat dezelfde kant op. De technologiepush heeft ons leven volgepropt met steeds snellere apparaten, maar steeds meer mensen ontdekken dat de gadgets weinig toevoegen aan hun leven.

De Google Glass en Apple Watch zijn symptoom van een onderliggende malaise: de echte innovatie is doodgebloed door de drang van de ICT-wereld om voor elke snellere chip een nieuwe gadget te bedenken, of er behoefte aan is of niet. De techsector hield de afgelopen decennia met de tong op de schoenen de wet van Moore bij: elke twee jaar verdubbelde de rekenkracht van de chips, doordat

het telkens lukte componenten weer wat kleiner te maken. De wet van Moore is een voorspelling van Gordon Moore, oprichter van chipfabrikant Intel, uit 1965. Dat was het begin van het tijdperk waarin chips werden gemaakt van silicium. Nu lijkt de tijd aangebroken waarin het technisch bijna onmogelijk is, en vooral ook heel duur, om elektronica in silicium nog kleiner te maken. Dus worden chips voorlopig niet veel sneller meer. Is dat een ramp of de techsector? Integendeel, het is een zegen. Voor de consument, en voor het midden- en kleinbedrijf.

Zoektocht naar beter materiaal

In Delft zit een broedplaats voor mogelijke opvolgers van silicium

2

De beste technische uitdagingen zijn aanvankelijk totaal nutloos en vooral ook ongezoekt. Juist daardoor ontkenen ze creativiteit. Toen Theodore Maiman in 1960 de laser uitvond, zat niemand op zijn gebundelde lichtstraal te wachten. Of zoals Maimans assistent Imec D'Hacens opmerkte: 'We hebben een mooie oplossing ontdekt, nu zoeken we nog een probleem.'

Wat moet je ermee? Die vraag werd ooit gesteld voor silicium, het materiaal waarin de elektronische schakelingen van een microchip worden getist. Toen eenmaal duidelijk was dat silicium geschikt is voor micro-elektronica, zorgde het voor een explosieve groei in rekenkracht van computers. Maar de schijnbaar eind-

eloze mogelijkheden van silicium maakte die industrie blind voor betere materialen. Een van de broedplaatsen voor een volgende revolutie in chipmaterialen is het Else Kooij Laboratorium van de TU Delft. Else Kooij bedacht in 1966 een sleuteltechnologie voor het bouwen van siliciumchips. Door de zoektocht die nu op gang is gekomen naar alternatieven, is de chipwereld volgens directeur Casper Juffermans nu een stuk interessanter dan vijf, tien jaar geleden, al lijkt de echt grote sprong voorwaarts ook nog tien tot vijftien jaar weg.

Fysieke grens aan elektronen

Elke verbetering van siliciumchips maakt ze duurder en introduceert nieuwe fouten

3

De elektronische schakelingen op een siliciumchip kunnen nog kleiner worden. De nieuwe lithografietechniek is het onmogelijk om stabiele structuren te maken met een nauwkeurigheid van een enkel atoom', stelt prof. dr. Bert Koopmans, hoofd van de vakgroep fysica van nanostructuren aan de Technische Universiteit Eindhoven. Onder zijn leiding wordt gekeken naar de alternatieven voor elektronica. De kandidaten zijn fotonica (lichtsignalen) en spintronica. Dat laatste is de technologie die data magnetisch maakt.

De klassieke siliciumtransistor kan volgens Koopmans met heel kleine stapjes worden verbeterd. Die techniek kan hooguit nog twintig jaar vooruit, maar dan is de rek er echt uit. En andere fysieke grens is de lengte van de minuscule bedrading die de componenten verbindt. In een chip ter grootte van een vingernagel zit nu zo'n tien kilometer koperdraad. Nog meer bedrading, waar nog meer stroom doorheen gaat, maakt de chip te warm. Als dat koperdraad kan worden vervangen door koolstofnanobuisjes, met een veel lagere elektrische weerstand en daardoor minder

warmteontwikkeling, kan de rekenaarsnelheid weer toenemen. In de praktijk zal het nog tien tot vijftien jaar duren, schat Casper Juffermans van het Else Kooij Laboratorium in Delft, voordat die productietechnologie onder de knie is. Op de bijna-atomaire schaal waarop schakelingen 'in silicium' uiteindelijk kunnen worden gemaakt, worden de transistors allemaal een beetje verschillend. Daardoor kunnen fouten ontstaan in de rekensappen, en moet de processor zichzelf voortdurend checken op fouten. Dat gaat weer ten koste van de rekenaarsnelheid. Het komt erop neer dat de prijs van een afzonderlijke transistor niet meer daalt, aldus Juffermans. De vraag is of de kosten omlaag gaan met het doorlopen van de leercurve: er lijkt een vicieuze cirkel te ontstaan, waarbij de winst van verdere miniaturisatie teniet wordt gedaan door de negatieve bijverschijnselen.

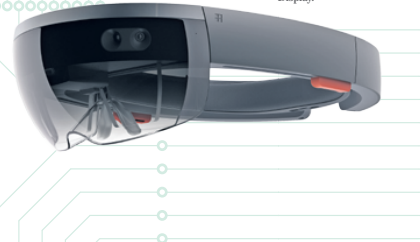
Apple Watch

Apple deed grote investeringen in chiptechnologie, om de S1 processor te ontwikkelen die het hart vormt van zijn slimme horloge.



Microsoft HoloLens

Veel producenten van virtual reality-brillen, waarmee de drager zich waant in een 3d-omgeving, investeren zwaar in chiptechnologie, zoals die van Himax Display.



Google Glass

Google's smartphone-in-die-venn-van-een-bril werkte met een nieuwe chip van Texas Instruments, die video in hoge resolutie en frame-rate kan verwerken. Niemand had belangstelling. Google werkt nu aan een versie die werkt met een nieuwe Intelchip.



Reële vooruitgang

De industrie krijgt de handen vol aan trends die de mensheid echt kunnen helpen

4

Betekent dit dat we tien onvruchtbare jaren tegemoet gaan, zonder innovaties die snellere, krachtiger chips nodig hebben? Integendeel. De industrie zal de handen vol hebben aan twee trends die de mensheid daadwerkelijk vooruit kunnen helpen.

Allereerst de verdere ontwikkeling van zogenoemde embedded systemen. Dat is elektronica die is voorzien van sensoren die iets signaleren en meten. Denk aan brandmelders, de bloeddrukmeter voor thuisgebruik, de botsingsensor in de airbag, touchscreens, de pixels op de beeldsensor in een camera of de sensor die het beeld van je tablet en smartphone laat meekantelen als

je hem op zijn kant zet. Nog een stap verder is het zogenoemde 'lab on a chip': een chemisch laboratorium op de schaalgrootte van enkele duitzendsten van een millimeter, gekoppeld aan een chip. Hoe meer signalen zulke chips gaan doorgeven, hoe groter de datastromen worden die van mensen en van apparaten naar rekencentra gaan. Daarvoor zijn snelle glasvezelbindingen nodig. Conectiviteit van apparaten wordt belangrijker dan hun eigen rekenmacht. Een tweede trend is dat elektronica wordt verdrongen door fotonica. De 'verglazing' van internet (koperdraad wordt glasvezel) is een eerste stap. De snelheid en de bandbreedte van licht is groter dan die van elektrische signalen, en het heet en weer sturen van fotonen

kost veel minder energie dan van elektronen. Voor de chips is er nog wel een stevig praktisch probleem op te lossen, als ze met licht gaan werken. Want licht wil graag rechtdoor, en op een kleine chip moet het juist vaak de bocht om. Elektronen hebben daar minder moeite mee. Al die communicerende sensoren en apparaten willen hun data in de cloud bewaren. Bij

spintronica moet een uitkomst bieden, zegt Koopmans van de TU Eindhoven: 'We werken aan nieuwe geheugenchips die ultrasnel en uiterst energiezuinig data opslaan.' Ook werkt de TU Eindhoven aan een manier om de datastroom die door glasvezel binnenkomt direct magnetisch op te slaan, zonder tussenkomst van elektronica. 'Dat gaat sneller en scheelt energie', zegt Koopmans. Zijn optimisme is gebaseerd op een recente doorbraak in de techniek van het magnetiseren. De fotonica- en spintronica-revolutie zal niet al morgen uitbreken. De elektronische chip van silicium blijft nog wel even. Denk aan de stoomlocomotief. De laatste werd pas in 1958 buiten dienst gesteld, terwijl de eerste elektrische locomotief al reed in 1879.

Erwin van den Brink is oud-hoofdredacteur van De Ingenieur, Natuurwetenschap en Techniek en Technology Review Nederland. Hij schrijft over industriële trends en innovatie.