

Semiconductor technology & processing, System and IC design, Wearables

Jan Rabaey over de smartphone

Het post-smartphone tijdperk: iedereen ingenieur

De meerderheid van de bevolking was in 1998 nog overtuigd van de onzin van mobiele telefonie. Om maar te zeggen hoe slecht we zijn in het voorspellen van onze eigen behoeftes. En toch denken we alweer na over het tijdperk na de smartphone. Jan Rabaey, professor aan de Universiteit van Californië in Berkeley, neemt ons mee naar een wereld met amorfe/gedesintegreerde mobiele apparaten en bespreekt de gevolgen voor systeem- en technologie-ontwerp. Ook beschrijft hij hoe we in toenemende mate onze eigen technologie zullen kunnen bouwen. Is in 2035 iedereen ingenieur?

Een telefoon uit duizend stukken

Wie een toekomstvisie maakt over de rol van IT in de samenleving, moet uitgaan van alomtegenwoordige technologie. Kijk alleen al naar de hoeveelheid sensoren en camera's in nieuwe auto's. Dat geeft een idee van hoe onze hele omgeving geïnjecteerd zal worden met sensoren en actuatoren. Ook als mens zullen we in toenemende mate geconnecteerd zijn. Een trend die onomkeerbaar is ingezet in het tijdperk van de smartphone en die zich verder zal doorzetten.

Echter is een smartphone op zich een verre van optimaal apparaat. De microfoon zit niet bij je mond, maar naast je kaak. Het draadloos signaal van de antenne wordt verstoord door je eigen hoofd en je brengt een stralingsbron naast je hersenen. Om je smartphone te kunnen bedienen, moet je hem weer van je oor weghalen, waardoor je je gesprek niet tegelijk kan verderzetten. Niet verrassend dat veel mensen hun smartphone al niet meer aan hun oor houden, maar voor zich houden en op de speaker zetten.

Het is niet geheel ondenkbaar dat de smartphone in de toekomst zal desintegreren. Waar het nu een allesomvattend apparaat is, zullen de functies in toenemende mate opsplitsen. Een smartwatch voor de bediening, een oortje voor het geluid, de microfoon als een kroon over je tand, een bril of contactlens voor beeld en de antenne verweven in het textiel van je jas of rugzak. In een goed georkestreerde symfonie zullen deze individuele apparaatjes samenwerken om je een optimale gebruikerservaring te geven.



Een smartphone is op zich geen optimaal apparaat. De microfoon zit niet bij je mond, maar naast je kaak. Het draadloos signaal van de antenne wordt verstoord door je eigen hoofd en je brengt een stralingsbron naast je hersenen. Om je smartphone te kunnen bedienen, moet je hem weer van je oor weghalen, waardoor je je gesprek niet tegelijk kan verderzetten enz. Daarom is het niet geheel ondenkbaar dat de smartphone in de toekomst zal desintegreren. Waar het nu een allesomvattend apparaat is, zullen de functies in toenemende mate opsplitsen: een smartwatch voor de bediening, een oortje voor het geluid, de microfoon als een kroon over je tand, een bril of contactlens voor beeld enz.

En niet alleen de apparaatjes rondom je eigen lichaam. Ook die van naburige mensen en objecten kunnen mee ingeschakeld worden in functie van de specifieke toepassing. Te weinig rekenkracht voor een hi-res streaming? Dan schakelt de processor van de persoon naast je in de tram een tandje hoger om ook jou te bedienen. Slecht bereik over lange afstand? De antenne op het dak van het gebouw naast je plukt alles uit de ether en stuurt het via een lokale verbinding naar je door.

De dirigent van dit samenspel is een artificiële intelligentie die je voorkeuren heeft geleerd en de context kan lezen waarin je je bevindt.

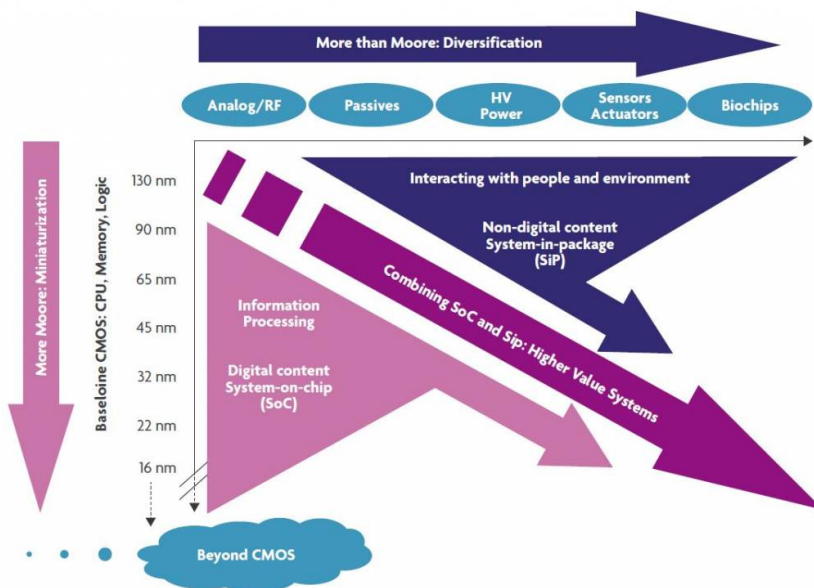
Te overrulen door jezelf als hij er toch een keer naast zit. Je blijft met andere woorden zelf de componist.

Dat dit scenario – als het zich zal voordoen - verstreckende gevolgen zal hebben in ons dagelijks leven, is overduidelijk. Dat het ook zorgt voor ingrijpende veranderingen achter de schermen is een minder belicht onderwerp.

Een nieuw tijdperk voor ingenieurs en ontwerpers

Een voor de smartphonegebruiker vaak onbekende wereld is die van chiptechnologie- en systeemontwerp. En voor we daarin vooruitkijken, gaan we eerst even terug in de tijd. Van oudsher is de technologieontwikkeling in het domein van chips en halfgeleiders gestuurd door de wetten van Moore en Dennard. Een min of meer voorspelbare wereld gedreven door kleiner wordende transistoren en de daarmee gepaard gaande toename in rekenkracht per oppervlakte-eenheid op de chips. Die logica heeft al een aantal jaar plaats gemaakt voor een meer complexe context. Grotendeels gedreven doordat we de limieten bereikten van hoeveel energie je per oppervlakte-eenheid kan gebruiken. Om te vermijden dat je batterij nóg sneller leeg raakt in mobiele apparaten. Of om onaanvaardbare opwarming tegen te gaan in zowel mobiele als niet mobiele elektronica.

Van een eenduidige chiptechnologie-roadmap, diversifieerden we daarom naar afzonderlijke roadmaps. Bijvoorbeeld voor geheugens en processoren. Of voor systemen waarin laag verbruik of hoge prestaties voorop stonden. Wat concreet betekende dat ingenieurs die zich richtten op laag verbruik de technologie en materialen moesten selecteren op bijvoorbeeld lage lekstromen. Terwijl ingenieurs die zich richtten op hoge prestaties de technologie selecteerde op parameters zoals robuustheid voor hoge voltages of extreme temperaturen. Als gevolg daarvan zien we al een hele tijd een doorgedreven specialisatie in de chips, geheugens en andere IT-bouwblokken. Waar je aan het ene kant van het spectrum de 'general purpose processor' hebt (een computerchip waarop je zowat alles kan programmeren wat je wil), zijn we al een hele tijd geëvolueerd naar meer specialistische processoren (bijvoorbeeld geoptimaliseerd voor beeldverwerking). Waarbij deze laatste tot een factor duizend energiezuiniger zijn voor het uitvoeren van eenzelfde taak. Heel erg in lijn dus met de toekomstvisie van de gedesintegreerde smartphone waarbij elk apparaatje een erg specialistische taak toegewezen krijgt.



Van een eenduidige roadmap voor het verkleinen van transistoren, zijn we geëvolueerd naar een veelheid van roadmaps in functie van het soort chip en de toepassing waarin die terechtkomt.

En ook aan de fundamenteën van ‘computing’ is veel gewijzigd. In het oorspronkelijke paradigma, geïnspireerd door wetenschappers als Turing en Von Neumann, stond computing synoniem voor ‘processing’ (rekenen) en gebeurde dit met sequentiële algoritmes. Om het plastisch te stellen: een computer was iets waar je een getal instopte en waarvan je wist dat het heel efficiënt een nieuw getal kon berekenen volgens een vooraf gedefinieerde set formules.

Ondertussen gaat computing niet meer over rekenen, maar over interactie en zijn niet de algoritmes, maar de data leidend.

Een computer is met andere woorden niet langer iets waar je ‘een getal instopt’, maar een complex systeem met meerdere mogelijkheden voor input en output. Ook bouwt de intelligentie niet meer op een lineaire reeks formules, maar op een zelflerend systeem wat - gevoed door interactie met de omgeving - output genereert in functie van de gewenste ervaring.

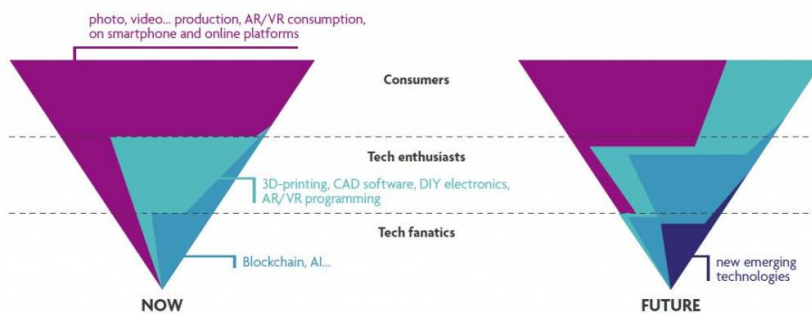
Dit alles maakt het alleen maar lastiger om roadmaps op te stellen en in te schatten welke een nuttige en kostenefficiënte volgende stap moet zijn in de verdere technologische ontwikkeling. En daarom zien we een doorgedreven samenwerking tussen systeem- en technologieontwerp. Met andere woorden: van in een steeds vroeger stadium moet duidelijk zijn voor welke toepassing een bepaalde technologie zal ingezet worden: IoT, cloud, zelflerend...

“Meet in the middle” noemde imec-fellow Hugo De Man het enkele tientallen jaren geleden al. Het concept is dus zeker niet nieuw, maar wordt in toenemende mate noodzakelijk. Voor organisaties als imec en de hele halfgeleiderindustrie is dit een blijvende uitdaging die impact heeft op de hele interne organisatie. Teams die vroeger gescheiden van elkaar opereerden, moeten plots nauw met elkaar aan tafel. En een team wat zich op een heel technologiedomein kon richten, moet zich nu opsplitsen om verregaand te kunnen specialiseren.

Worden we allemaal ingenieur?

Deze hele ontwikkeling kan voor ons allen nieuwe mogelijkheden bieden. Je kan er namelijk van uitgaan dat relatief geavanceerde technologische kennis verder zal democratiseren

Vergelijk het met foto en video. Waar we vroeger veel moeite moesten doen om thuis filmpjes en foto's te maken, zijn nu geavanceerde camera's, beeldbewerkingssoftware en online verspreidingskanalen voor iedereen beschikbaar in onze smartphones. Een wat kleinere groep technologie adepten zijn inmiddels aan het experimenteren met sensoren, 3D-printers en allerlei technologie die tot voor kort duur en schaars was, maar inmiddels relatief goedkoop verkrijgbaar via elke online elektronica platform. En een nog kleinere groep verkent dan weer de mogelijkheden van de blockchain en allerlei andere opkomende trends.



Schematische weergave van de democratisering van technologie. Met de tijd maakt een grotere groep mensen dagelijks gebruik van meer geavanceerde technologie. Terwijl een kleinere groep technologie-fanaten steeds de nieuwere opkomende technologie toevoegt aan hun repertoire.

Het is zoals een omgekeerde pyramide: bovenin heb je een groot aantal gebruikers. Hoe meer naar onder, hoe kleiner de groep mensen en hoe complexer de technologie. Maar naarmate technologie democratiseert, verandert het instrumentarium wat in elke laag van de pyramide beschikbaar is. Het valt dus te voorspellen dat wie nu digitale filmpjes en foto's maakt, straks ook aan de Arduino en 3D-printer raakt. En de hobbyisten die nu 3D-printers en Arduino verkennen, zijn tegen die tijd alweer aan de slag met meer geavanceerde en geïntegreerde toepassingen en systemen. Met andere woorden: in 2035 zijn we allemaal een beetje ingenieur...

En de ingenieurs zelf dan? Die blijven blijven hun kennis en expertise actief inzetten doorheen de hele pyramide. Bovenin de eindgebruikers helpen met de implementatie van mature technologie en onderin de pyramide voeden met de bouwblokken en systemen van morgen. Bouwblokken die in toenemende mate een hybride worden van de biologische en elektronische wereld. Want dat is misschien nog de meest spannende ontwikkeling. Als het op logica en rekenkracht aankomt, heeft de natuur een aantal dingen voor mekaar waar we als ingenieurs en technici enkel met ontzag naar kunnen kijken. Denk aan de kracht van het menselijk en dierlijk brein, de samenwerking tussen zwermen vogels of een leger mieren, de communicatie tussen walvissen of dolfijnen... Niets van dit alles is te realiseren met elektronica en fysica alleen. Pas zodra we ook chemische signalen en signaaluitwisseling kunnen inbouwen in onze technologische bouwblokken en systemen zal ook deze wereld voor ons opengaan en nog een heel nieuw arsenaal aan mogelijkheden openen. Genoeg om nog minstens 35 jaar naar uit te kijken dus.

Hoe werkt imec aan deze toekomst?

Imec is van bij haar oprichting een van de voorlopers geweest in [technologie- en systeemontwikkeling voor halfgeleiders en chips](#). Getuige het groot aantal [persberichten](#) over nieuwe ontwikkelingen op dit domein. Ook in de domeinen van [bio-elektronica en life-sciences](#) heeft imec inmiddels een toonaangevend technologieportfolio. In 2018 presenteerden imec en haar partners onder meer een [orgaan-op-chip](#) voor het screenen van medicijnen, [een neurale probe](#) om hersenactiviteit te meten en een doorbraak in het [inbouwen van elektronica in contactlenzen](#). Ook zet imec in toenemende mate in op de ontwikkeling van [artificiële intelligentie](#), [sensornetwerken](#) en [communicatietechnologie](#) voor Internet of Things.

Meer weten?

- Lees verder in dit magazine ook 'In 2035 zullen kwantumprocessors met enkele duizenden qubits de eerste toepassingen mogelijk maken.'
- ['Technologie kan ons bewuster en creatiever maken'](#): een artikel uit het imec magazine van juli 2018.
- ['Francky Catthoor over computerarchitecturen'](#): een artikel uit het imec magazine van januari 2018.



Dit artikel is onderdeel van een speciale editie van imec magazine. Naar aanleiding van imecs 35-jarig bestaan vormen we ons een visie van hoe technologie onze maatschappij zal beïnvloeden in 2035.

Over Jan Rabaey

Jan Rabaey is houder van het Donald O. Pederson Distinguished Professorship aan de University van California in Berkeley. Voor hij toetrad tot de faculteit van UC Berkeley was hij onderzoeksleider bij imec van 1985 tot 1987. Hij was medeoprichter van het Berkeley Wireless Research Center (BWRC) en het Berkeley Ubiquitous SwarmLab. Hij was er ook tweemaal voorzitter van de Divisie Elektrotechniek. Jan Rabaey maakte meerdere toonaangevende doorbraken in verscheidene domeinen, waaronder geavanceerde draadloze systemen, laagvermogen geïntegreerde schakelingen, mobiele apparaten, sensornetwerken en ubiquitous computing. Zijn actuele interesses gaan onder meer uit naar de volgende generatie gedistribueerde systemen en het verkennen van de interactie tussen de biologische en virtuele wereld. Hij ontving meerdere onderscheidingen, waaronder de IEEE Mac Van Valkenburg Award, de European Design Automation Association (EDAA) Lifetime Achievement Award en de SRC Aristotle Award. Hij is IEEE Fellow, lid van de Koninklijke Vlaamse Academie voor Kunst en Wetenschap en houder van eredoctoraten aan de Universiteiten van Lund (Zweden), Antwerpen en Tampere (Finland). Hij is betrokken geweest bij meerdere startups, waaronder Cortera Neurotechnologies waarvan hij een van de medeoprichters is.

