

‘Communicatie wordt drijvende kracht chipproductietechnologie’

Joachim Burghartz
Bits&Chips

17 mei 2002 - Joachim Burghartz, wetenschappelijk directeur Dimes Hij verdiende zijn sporen op het vermaarde IBM Thomas J. Watson Research Center, het R&D-walhalla van Big Blue waar de budgetten ooit ongelimiteerd waren. Joachim Burghartz deed er ruime ervaring op met siliciumgermaniumtechnologie. Drie jaar geleden keerde hij terug naar Europa. Vanaf vorig jaar geeft hij als wetenschappelijk directeur richting aan Dimes. Het Delftse reseachinstituut kan zich volgens Burghartz meten met Berkeley of Stanford. Dimes heeft een reputatie in RF, maar het verwierf het afgelopen jaar ook andere ingrediënten om uit te kunnen groeien tot wereldwijd zwaartepunt in hoogfrequente communicatietechnologie.

Het was de Delftse hoogleraar Jan Slotboom die hem bij IBM Research in New York belde. Of Joachim Burghartz zin had in een baan in Nederland? Slotboom polste de onderzoeker voor de leerstoel ‘Integrated Sensing Devices’. Het telefoontje kwam op een goed moment. Na elf jaren op het IBM Thomas J. Watson Research Center te hebben meegedraaid in de wereldtop van elektronica-research, had Burghartz er steeds minder plezier in. ‘Ik ben van nature een onderzoeker en de mogelijkheden voor reseach werden bij IBM in New York minder. Veel van mijn collega’s hadden de stap al gezet.’ Burghartz zocht een plaats waar hij zich weer kon wentelen in innovatieve onderzoekprojecten. Hij kende Dimes van naam, maar had nog nooit echt kennisgemaakt met het Delft Institute of Microelectronics and Submicron Technology. ‘Ik stelde vast dat het een heel leuke omgeving is die echte onderzoeksmogelijkheden biedt. Dimes is gewoon een kleine IBM-Yorktown-omgeving.’ Hij vergelijkt het Delftse instituut met Berkeley, MIT of Stanford. ‘Zeker niet qua financiën, maar wat kwaliteit betreft bewegen we ons in die richting. MIT, Berkeley en Stanford hebben meer massa en nog veel meer talent. Maar als je daar een subset van neemt, dan kan Dimes de vergelijking goed doorstaan.’

Amper twee jaar na zijn komst naar Nederland werd Burghartz vorig jaar aangesteld als wetenschappelijk directeur van het 300 onderzoekers tellende Delftse micro-elektronica instituut. Daarnaast blijft hij als wetenschapper voor 50 procent leiding geven aan een van de programma’s binnen het Dimes-onderzoeksthema ‘hoogfrequente technologieën voor communicatie’. ‘Als wetenschappelijk directeur moet je in de wetenschap bezig blijven. De ontwikkelingen gaan daarnaast gewoon te snel om vijf jaar te stoppen en daarna weer terug te keren in de wetenschap.’

Zijn carrière begon net over de Nederlandse grens, in Aken. Als elektrotechniekstudent aan de Technische Hochschule deed Burghartz optische metingen aan concentraties van elektronen en gaten in powerdiodes. Hij promoveerde in Stuttgart op magneetsensoren met geïntegreerde signaalverwerking. Daarna vertrok de jonge ingenieur in 1987 naar de Verenigde Staten. Bell Labs en het IBM Thomas J. Watson Research Center in New York trokken. Dat waren eind jaren tachtig the places to be. Daar gebeurde het in de elektronica. Zijn tijdelijke aanstelling als postdoc verliep zo goed dat IBM hem vroeg om vaste onderzoeker in Yorktown te worden. De twee jaar die hij oorspronkelijk wilde blijven, werden er uiteindelijk elf.

Over zijn jaren bij Big Blue: ‘IBM Microelectronics is een technologieleider in high performance-elektronica. Yorktown was een fantastische omgeving. Op ons lab liepen Nobelprijswinnaars rond en in elke discipline van de halfgeleiders waren er experts op hoog niveau. De middelen om onderzoek te doen waren er praktisch ongelimiteerd. Als we apparatuur nodig hadden voor ons onderzoek dan kochten we dat gewoon. Alles heeft natuurlijk zijn limiet, maar ik heb die limiet in mijn omgeving in deze eerste tijd niet gezien.’

Rond 1988 zat Burghartz bij IBM in het allereerste team dat aan de ontwikkeling van siliciumgermaniumproductietechnologie werkte. ‘Eind jaren tachtig richtten wij ons met siliciumgermanium op microprocessors voor mainframes. Dat werd gestopt, omdat met de miniaturisatie van bipolaire schakelingen de vermogensdichtheid kwadratisch omhoog ging. De

verpakkings- en koeltechnologie liep op een eind. IBM is toen radicaal naar CMOS overgestapt voor chips in mainframes. In 1991 ging het heel slecht met IBM en ons onderzoek werd gestopt, maar in 1989 en 1990 hadden we de eerste voordelen van siliciumgermanium in een productieproces al gedemonstreerd.'

Toen Louis Gerstner de bezem door IBM haalde ging Burghartz begin jaren negentig werken aan 0,18 micron CMOS-technologie. Midden jaren negentig kwam siliciumgermanium weer op en Burghartz stortte zich op het ontwerpen van RF-schakelingen in deze technologie. 'SiGe-kennis is bij IBM in de research aanwezig gebleven. Met de opkomst van de tele- en datacommunicatie kwam siliciumgermanium later weer helemaal terug, alleen nu in hoogfrequenttechnologie. Het is nu weer big business.'

Radio's in CMOS

Talrijke bedrijven, waaronder Broadcom en Atheros positioneren CMOS nu als de grote belofte voor RF, vanwege de grote voordelen van integratie van digitale en hoogfrequentfuncties. Burghartz relativeert dat. 'De focus op CMOS voor RF komt voornamelijk voort uit bedrijven en mensen die ervaring met de technologie hebben opgedaan op Stanford en de universiteiten van Californië in Berkeley en Los Angeles. In RF-toepassingen voor communicatie over korte afstanden zoals bij Bluetooth is CMOS zeker aantrekkelijk. Een zendontvanger heeft altijd een digitale component en er is geen discussie over dat die in CMOS wordt uitgevoerd. Maar voor high performance is BiCMOS nodig.' 'Vaak wordt gezegd dat BiCMOS of siliciumgermanium BiCMOS veel duurder is dan CMOS. Maar je moet niet vergeten dat voor geavanceerde CMOS-processen al veel maskerstappen nodig zijn. Maskerstappen zijn duur, terwijl een bipolaire transistor toevoegen vaak slechts een kleine verhoging is van de kosten. Je hebt alleen een voordeel wanneer je de RF-schakelingen in min of meer gelijke CMOS-productiestappen kan maken als het digitale deel.'

Burghartz verwacht daarom in RF een opdeling in twee hoofdrichtingen. In low end, voor communicatie over korte afstanden, zullen ontwerpers voor radio's CMOS gebruiken. In high end zal SiGe BiCMOS de aangewezen technologie zijn. Exotische III/V-verbindingen als galliumarseen en indiumfosfide zullen in niet-optische toepassingen steeds meer worden teruggedrongen tot nichemarkten. 'IBM heeft onlangs nog laten zien dat bipolaire siliciumgermanium transistoren afsnijffrequenties halen van 200 gigahertz. Daarmee zitten ze echt op het terrein van de III/V-componenten. Dat had twee jaar geleden niemand gedacht. CMOS haalt dat zeker niet. III/V-verbindingen zijn alleen interessant voor zeer hoge frequenties en voor optische toepassing, zoals lasers en LED's.'

Mextram

Het onderzoek bij Dimes is ondergebracht in vier programma's: hoogfrequente technologieën voor communicatie, geïntegreerde slimme microsystemen, nanoschaal-elektronica en als vierde 'large area'-elektronica voor zonnecellen en platte displays.

In hoogfrequenttechnologie scoorde het Delftse instituut het afgelopen jaar op diverse punten. Eind vorig jaar bracht Philips het wiskundige model Mextram voor bipolaire transistoren onder bij de onafhankelijke partij Dimes. Binnen de chipindustrie wedijvert Mextram op dit moment met Hicum als universeel transistorstandaardmodel dat als uitgangspunt moet dienen bij de modellering van bipolaire circuits.

Wereldwijd is er al een eenduidige afspraak overeengekomen voor het modelleren van CMOS-transistoren. Ontwerptools gebruiken daarvoor BSIM van de universiteit van Berkeley. Een keuze voor Mextram als wereldwijde standaard zou Dimes een grote uitstraling geven.

Mextram is een wiskundig model. Het is een fysische beschrijving van bipolaire transistoren die in circuitsimulatoren en ontwerptools zoals Spice zijn in te zetten. De modellen Mextram en BSIM zijn het resultaat van compromissen. Simulaties die gebruik maken van deze beschrijvingen moeten immers niet alleen nauwkeurig zijn, maar ook snel. Burghartz: 'Je kunt een model in principe oneindig nauwkeurig maken, maar dan heb je veel te veel rekenkracht nodig. Dus probeer je de eigenschappen van een transistor in slimme formules te vatten.'

Mextram is oorspronkelijk bij Philips Research ontwikkeld. Dimes was in het verleden ook bij de

ontwikkeling van Mextram betrokken. Daarnaast is een van de eerste ontwikkelaars, Henk de Graaff, als lab-adviseur aan Dimes verbonden. Vijfentwintig halfgeleiderbedrijven hebben Mextram binnen de Compact Modeling Council (CMC) samen met Hicum uit een veeltal alternatieven aangewezen als meest veelbelovende model voor de simulatie van bipolaire circuits. Hicum is ontwikkeld door de hoogleraar Michael Schröter van de technische universiteit in Dresden. De chipindustrie zal naar verwachting het komende jaar een keuze maken tussen een van de twee modellen. Als Mextram wordt gekozen, dan draagt het CMC bij aan de beheerkosten van het model bij Dimes. Berkeley ontvangt voor BSIM 80 duizend dollar per jaar.

Gebruikersgroep

Dimes heeft inmiddels een gebruikersgroep opgericht rondom Mextram. Naast Philips is IBM Microelectronics daar recentelijk nauw bij betrokken. 'IBM heeft een heel zwaar traject doorlopen. Ze gebruikten oorspronkelijk Vbic. Dit model werd oorspronkelijk door Motorola in samenwerking met andere bedrijven opgezet als poging om standaardisatie te bereiken. Het was echter gecompliceerd en technisch onvoldoende. IBM had daar behoorlijk in geïnvesteerd, maar Motorola is intussen gestopt het model te beheren. Vervolgens koos IBM voor Hicum. Nu ontwikkelen wij Mextrammodellen voor IBM. Technisch gezien zijn Mextram en Hicum gelijkwaardig, maar het lijkt me niet realistisch dat één hoogleraar een standaardmodel voor 25 bedrijven beschikbaar kan maken en onderhouden. Bij Dimes hebben we meer massa en infrastructuur. Bij ons hebben we Slobodan Mijalkovic intussen aangesteld om voor 100 procent aan Mextram te werken.'

Een harde deadline voor de uiteindelijke keuze tussen Mextram en Hicum heeft het CMC niet gesteld. 'Als deze zeer uitgebreide commissie er na twee jaar niet in slaagt om tot een standaardisatie te komen dan stopt het proces. Dan is het mogelijk dat er twee standaarden blijven bestaan. Maar we hebben tegen die tijd de Mextram-gebruikersgroep klaar en zullen met de gecommitteerde bedrijven samenwerken.'

Transistormodellen vormen een sleutelonderdeel in de keten van ontwerp naar productie. 'Eerst wordt het fabricageproces gedefinieerd en een geoptimaliseerde transistor maakt daarvan onderdeel uit. Je moet die transistor dus goed kunnen omschrijven om hem in te bouwen in een circuit. Dat wil je bovendien efficiënt doen. Voor chipfabrikanten en foundry's betekent een compact model dat hun klanten deze transistorbeschrijving effectief kunnen inzetten in een circuitsimulator. Veel klanten van bijvoorbeeld de Taiwanese foundry TSMC hebben geen eigen chipfabriek. TSMC doet de productie voor hen. Deze klanten verwachten dat TSMC zowel een omschrijving van de productietechnologie beschikbaar maakt als een beschrijving van de transistoren die in die technologie worden aangeboden.' Foundry's zullen natuurlijk iedereen willen bedienen. 'Het is een kip-ei-probleem. Foundry's zullen de technologie accepteren waarmee hun klanten willen werken. TSMC, SSMC of UMC zal het voor grote klanten beschikbaar willen maken, maar het is wel heel duur om de modellen verder te ontwikkelen. Dat zijn zaken die aanbieders van productiecapaciteit moeten financieren, dus is er interesse van alle foundry's om één standaard model te definiëren.'

Omdat de technologie zich verder ontwikkelt, moet ook het transistormodel aan nieuwe eisen worden aangepast. IBM demonstreerde afgelopen december op de IEDM een siliciumgermaniumtransistor met een afsnijfrequentie van 200 gigahertz. TSMC investeert nu ook in siliciumgermanium BiCMOS-technologie voor telecommunicatie. 'Het is de vraag of het huidige Mextram-model daarvoor voldoende is. Dus zijn er verdere ontwikkelingen nodig. Het model voldoet wel, maar er kunnen wijzigingen nodig zijn. Je wilt niet met vijf of tien verschillende versies van het model werken, maar je op één model concentreren.'

Drijvende kracht verschuift

Lange tijd waren geheugenchips de technology drivers van de chipindustrie, momenteel zijn dat microprocessors en in toenemende mate systeemchips en Asics. Burghartz verwacht dat communicatietechnologie over enkele jaren de drijvende kracht achter de productietechnologie is. Wat volume betreft zijn halfgeleiders voor communicatie al vergelijkbaar groot met logicatoepassingen, zegt hij. 'Het Leuvense onderzoekscentrum Imec richt zich op de core micro-elektronicabusiness, op

logicatechnologie en met name CMOS. Naast zijn nano-elektronica programma richt Dimes zich meer op onderwerpen die aan de periferie daarvan zitten. Op specialiteiten als microsysteemtechnologie, communicatietechnologie en met name micromachining voor hoogfrequente toepassingen en large area electronics. Deze gebieden ontwikkelen zich weliswaar aan de zijkant van de massaproductie, maar ze dringen wel steeds meer door tot de kern.'

Dimes haalde begin dit jaar ook het grootste extern gefinancierde project uit zijn geschiedenis binnen. Samen met Philips zetten de Delftse onderzoekers een zesjarig onderzoeksprogramma op voor hoogfrequente siliciumtechnologie voor draadloze communicatie. Ruim dertig onderzoekers werken nu binnen het 'Philips Associated Center at Dimes' (PACD) aan verregaande integratie van draadloze communicatiesystemen. Dat is een derde deel van de negentig mensen die op dit moment bij Dimes in het programma High-Frequency Technology for Communications werken.

Doel van PACD is drastische miniaturisatie, verlaging van de kosten bij massaproductie en een laag energieverbruik van elektronica. Op het verlanglijstje staan onder meer radarsensors in millimetergolfttechnologie (77 GHz) die een centrale rol kunnen gaan spelen in afstandssensoren voor cruise-control en verkeersregelsystemen. Een van de aandachtspunten is de op het Philips Natuurkundig Laboratorium in Eindhoven ontwikkelde technologie silicon on anything (SOA) waarmee RF-circuits van zeer hoge kwaliteit mogelijk zijn door ze op een ondergrond van glas aan te leggen (zie ook Bits&Chips 1 en 6).

Licentie

Burghartz: 'Als onderdeel van PACD hebben we nu een licentie voor SOA-technologie. We kunnen SOA dus gebruiken bij onderzoek voor andere bedrijven. Dimes speelt zo een rol om deze technologie te vermarkten. Zeg maar, als kennisbemiddelaar. Het is in feite hetzelfde als met Mextram.' Hoewel al commercieel succes is geboekt en

Emtec-dochter Em Technologies uit Nijmegen een substraatwisselmachine voor SOA-devices heeft geïntroduceerd, denkt Burghartz niet dat de technologie snel op grote schaal zal aanslaan. 'Philips Semiconductors maakt op dit moment nog steeds zware tijden door. Researchers van Philips promoten het sterk, maar de chipdivisie van het elektronicaconcern maakt verreweg het grootste deel van zijn winst met heel conventionele technologie. Het duurt een behoorlijke tijd voor je een techniek als SOA echt kan introduceren in de fabricage. Innovatie kies je alleen als je het nodig hebt. Maar er zijn in de buitenwereld wel heel goeie bedrijven, zoals IBM, die zeker sterk interesse in dit soort technologie hebben. Daarom is het verstandig van Philips dat ze het ons mogelijk maken om de technologie te vermarkten. Hun patentportfolio op dat gebied zit goed in elkaar. Het loopt geen storm, maar we hebben wel bezoekers van geïnteresseerde bedrijven over de vloer gehad.'

Zou Dimes meer met projecten als PACD moeten doen? 'We doen hier research van echt fundamenteel onderzoek tot ontwikkeltrajecten met de industrie. We kunnen die samenhangende structuur aanbieden door de manier waarop we gefinancierd worden, van een royale eerste geldstroom met daarop een significante tweede en derde geldstroom. Dat maakt het mogelijk om projecten als PACD op te zetten. Wij kunnen dat in samenhang brengen met lang-trajectonderzoek waar de industrie nu niet meer aan toe komt. Ook de onderzoekers op het Natlab moeten nu aan meer kortetermijndingen werken, niet aan onderwerpen die tien jaar weg liggen of dingen die ze leuk of interessant vinden.'

De prominente aanwezigheid van Philips in ons kleine land noemt hij zowel een handicap als een zegen. 'De wetenschapscultuur straalt uit dat we alleen met Philips samenwerken. Dat wordt van de ene kant verwacht, maar andere bedrijven associëren ons te veel met Philips. Daardoor zijn ze bang om met ons samen te werken. Soms denken ze dat er in elke hoek iemand van Philips zit die alles bekijkt. Daarom hebben we ook bij PACD onze functie duidelijk gemaakt. Op de webpagina's van het Philips Associate Center Dimes staat duidelijk wat we met Philips doen en wat niet. Je ziet het ook met Mextram. Philips kan het als belanghebbende partij niet zelf voor elkaar krijgen om het model tot een wereldwijde standaard te brengen. Door het neer te zetten in een quasi-neutrale omgeving is de ster van Mextram behoorlijk gestegen.'