

Informatietechnologie : de motor van de industrie

Citation for published version (APA):

Stevens, M. P. J. (1987). *Informatietechnologie : de motor van de industrie*. Samsom.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1987

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Ir. M.P.J. Stevens

**Informatietechnologie:
De motor van de industrie**

**Open universiteit
Technische Universiteit Eindhoven**

In de laatste tien jaar is het Nederlandse technisch-wetenschappelijk onderwijs vaak de plaats geweest waar sterk bezuinigd is. Er zijn veel wetten en notities geweest met steeds een aanpassing in positieve of negatieve zin.

Een andere beweging die sterk zijn stempel drukt op economische ontwikkelingen, is de informatie technologie.

Het toepassen van de informatietechnologie is een multidisciplinaire activiteit waarin bijna elk technisch vakgebied een bijdrage levert of er door beïnvloed wordt. Het gebruik van de produkten van deze revolutionaire ontwikkelingen betekent een omwenteling in veel beroepen en heeft naast de uitstoot van arbeid ook een groot aantal positieve kanten.

Het is nu de tijd om te bezinnen. De ingenieur is een van de hoekstenen waarop het succes van het bedrijfsleven gebaseerd is. Zijn profiel staat nu ter discussie. Hieruit zal afgeleid moeten worden wat de strategie van de technische universiteiten zal moeten zijn met betrekking tot nieuwe geavanceerde technologieën. Er zal naast het fundamenteel onderzoek ook sterk de nadruk gelegd moeten worden op toegepast technisch-wetenschappelijk onderzoek. Dit zal de basis zijn voor nieuwe industriële ontwikkelingen. Naast het publikatiebeleid van de universitaire wereld zal ook de nadruk gelegd moeten worden op het ontwikkelen van ontwerpmethodologieën, produkten en produktiemiddelen. De maatschappelijke relevantie van deze activiteiten moet in ere worden hersteld. Ook de houding van de diverse betrokken ministeries zal bepalend zijn voor de vooruitgang van ons land.

Informatietechnologie: De motor van de industrie

Rede, uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt van hoogleraar in de faculteit der Elektrotechniek, in het bijzonder in de digitale informatietechnieken, aan de Technische Universiteit Eindhoven en in de technische wetenschappen, in het bijzonder in de microprocestechnologie, aan de Open universiteit Heerlen, op 18 december 1987

Ir. M.P.J. Stevens

Open universiteit
Technische Universiteit Eindhoven
Samsom uitgeverij bv

Informatietechnologie

De informatietechnologie is een van de jongste wetenschappen. Het is een vakgebied dat zich bezighoudt met de theorie en de praktijk van de informatieverwerkende systemen, in het bijzonder met het ontwerpen van systemen en bijbehorende methodologieën. Het is een combinatie van veel disciplines. De produkten van dit vakgebied, zoals bijvoorbeeld de geïntegreerde schakelingen (de chips), hebben zeer doordringende effecten op de maatschappij. Door de informatisering van de maatschappij mag met recht gesproken worden van een nieuwe industriële revolutie.

In de periode voor het oprukken van de computers en de chips hadden we te maken met een andere revolutie, namelijk met de mechanisatie van het produktieproces. Hierbij werd de lichamelijke arbeid vervangen door de kracht van machines. Het gevolg was een sterke polarisatie in de maatschappij met in eerste instantie het verdwijnen van veel arbeidsplaatsen. Zoals bekend is, is later de mechanisatie toch de bron geweest voor een economische doorbraak.

De fenomenen die als gevolg van de ontwikkelingen in de informatietechnologie optreden, zijn veel ingrijpender dan die bij de mechanisatie. Zo is er nu niet alleen sprake van de vervanging van de lichamelijke kracht door een machine, maar tevens is er nu sprake van apparaten die te maken hebben met de geestelijke krachten van de mens. Men denke hierbij aan effecten zoals bijvoorbeeld het overnemen van de geheugenfuncties van de mens door machines.

Naast het beperkte vermogen om iets te onthouden heeft de mens nog een aantal zwakke plekken. Zo is het nemen van beslissingen gebaseerd op het combineren van veel informatie, hetgeen het toetsen van een groot aantal criteria vraagt. Dit is moeilijk voor de mens. Ook heeft hij een *beperkt uithoudingsvermogen*. Hij is *onnauw-*

keurig. Een andere negatieve eigenschap van de mens is zijn *relatieve traagheid*. Om processen in de natuur te besturen zijn reacties nodig die vele malen sneller zijn dan het reactievermogen van een menselijk wezen. Daarnaast is hij erg *kwetsbaar*, waardoor hij niet inzetbaar is in gevaarlijke en ongezonde situaties. Het gevolg van deze relatief zwaarwegende minpunten bij de mens heeft dan ook snel geleid tot het op grote schaal toepassen van de nieuwe vruchten van de zogenaamde high tech-industrie.

We kunnen ons nu afvragen of de mens nog wel kwaliteiten bezit die uniek zijn. Tot mijn vreugde is te constateren dat hij een groot aantal eigenschappen bezit, die tot nu toe niet door machines te overtreffen of zelfs maar te evenaren zijn. De mens kan zien, herkennen, vergelijken en associëren, maar dit kan de machine ook. Het belangrijkste is dat de mens creatief is en kan denken. De machine daarentegen kan alleen maar acties herhalen. Dit gebeurt met een zeer hoge snelheid, een grote nauwkeurigheid en, wat misschien het belangrijkste is, met een onbeperkt uithoudingsvermogen. Dit alles tegen een kostprijs die met de dag lager wordt. Deze tendens zal zich in de toekomst voortzetten. De machine is het resultaat van creatief denken van de intelligente mens.

Een van de directe negatieve resultaten op korte termijn is ook nu weer de grote uitstoot van arbeidsplaatsen. Toch lijkt het er op dat dit jonge vakgebied zal zorgen voor de economische stimulans die nodig is voor een groeiend bruto nationaal produkt. Ik vraag me soms echter af of de nieuwe technieken, met al hun gevolgen voor de mens en het milieu, wel een zegen voor het levensgeluk van de mensheid zijn. Na een nadere beschouwing blijkt echter wel dat er bijvoorbeeld in de medische wereld al veel successen te noteren zijn die gebaseerd zijn op de informatietechnologie. Voorbeelden zijn de pacemaker en de insulinepomp. Ook voor de handel en industrie treden soortelijke positieve

effecten op. Internationale bewegingen laten zien dat er steeds meer nadruk ligt op het toepassen van produkten voortkomend uit de informatietechnologie. Het is daarom noodzakelijk dat Nederland niet verder achterblijft bij deze internationale tendens als we het huidige levenspeil willen handhaven.

Het is de taak van de ingenieur om deze nieuwe technieken naar zijn hand te zetten en ze toe te passen voor het menselijker maken van de maatschappij. De produkten die hieruit voortkomen, moeten ingezet worden om de mens te dienen en te ondersteunen.

Ook nu treedt er weer een polarisatie-effect op. De bevolkingsgroep die zich bezighoudt met het ontwerpen, verkopen en toepassen van de produkten die voortkomen uit deze nieuwe technieken, behoort tot de gevierde en veel gevraagde groep. De overigen lijken uitgestoten te worden, waardoor een klassemaatschappij lijkt te ontstaan. Voor diegenen die zich vroeger bezighielden met taken die nu beter door informatieverwerkende machines uitgevoerd kunnen worden, verdwijnen er steeds meer arbeidsplaatsen.

De dienstverlenende sector, waarin Nederland altijd sterk is geweest, zal door de nieuwe ontwikkelingen gaan groeien. Hier ontstaan dus al een aantal nieuwe arbeidsplaatsen. Naast deze sector heeft Nederland ook een vrij grote industriële component. Het is noodzakelijk om de mogelijkheden geboden door de informatietechnologie, te gebruiken om nieuwe impulsen te geven aan de industrie.

'Informatietechnologie' is een woord dat een nieuw tijdperk inleidt; een woord dat drie begrippen in zich bergt, namelijk informatie, techniek en het beheersen van methodieken om produkten te ontwerpen.

Ontwikkelingen in de informatietechnologie

De ontwikkelingen in de informatietechnologie zijn op te splitsen in twee delen, namelijk het gebied van de makers van systemen en het gebied van de toepassers ervan.

De makers

Zoals reeds is opgemerkt, is de informatietechnologie gebaseerd op een combinatie van vele disciplines. De elektrotechniek is daarvan een van de belangrijkste componenten. Dit vakgebied heeft de technische hulpmiddelen, waarop de informatietechnologie steunt, voortgebracht.

Hardware

De hardware is de eerste pijler waarop de informatietechnologie is gebaseerd. Dit zijn de schakeltechnische elementen waarmee combinatorische en sequentiële functies gerealiseerd kunnen worden. De ontwikkeling van de schakelementen heeft een reeks doorbraken tot gevolg gehad. De relais, buizen en transistoren, die hiervan een voorbeeld zijn, werden steeds kleiner en ook goedkoper. Hiermee werd het mogelijk om rekenkundige en logische functies te realiseren die vroeger mechanisch gemaakt werden. Ze waren toen echter nauwelijks inzetbaar door hun volume en traagheid. Het bekendste apparaat dat uit de doorbraak in de elektronica geboren werd, is de computer.

Na de opkomst van de geïntegreerde circuits (de chips) is een verhoging in de executiesnelheid van de informatieverwerkende systemen opgetreden, die ligt in een orde van grootte van een factor miljoen.

Als we daar de resultaten van de micro-elektronica aan toevoegen, krijgen we een verbetering die nog eens in dezelfde orde van grootte ligt. Met de nieuwste techno-

logische ontwikkelingen, zoals bijvoorbeeld de GaAs-circuits, die in de nabije toekomst beschikbaar zullen zijn, kan dit nog factoren hoger worden. Bovendien hebben deze bouwstenen nu geen van de beperkende factoren van vroeger meer. Ze zijn klein, goedkoop, betrouwbaar en daardoor economisch zeer interessant. Daarnaast zijn ze zeer eenvoudig te produceren. De ontwikkeling en produktie van het prototype van een bepaald circuit kost nu nog een kapitaal, maar alle volgende zijn zeer goedkoop. Door het ontwikkelen van de juiste ontwerpgereddschappen kan deze drempel sterk verlaagd worden. Hieruit volgt een sterke verschuiving van algemeen toepasbare naar specifieke, probleemgerichte bouwstenen. Als we al deze factoren samen nemen, zien we een enorme verschuiving van de horizon. De nieuwe elektronische bouwstenen en daarop gebaseerde produkten zijn algemeen als standaardcomponent beschikbaar.

Voorbeelden hiervan zijn:

- general- en special purpose-microprocessoren
- halfgeleidergeheugens (RAM, PROM, EAROM)
- grafische processoren (hoge resolutie en grote snelheid)
- periferiebouwstenen
- opslagmedia (optische, magnetische, keramische)
- communicatiemedia (draad, glas, satelliet)
- randapparatuur (disks, terminals, scanners, plotters, laserprinters, enz.).

Met de computer, die door de micro-elektronica economisch interessant is geworden, is het mogelijk een grote klasse van problemen op te lossen met een (general purpose) standaard-architectuur. Deze systemen zijn programmeerbaar en daardoor wordt de general purpose-hardware samen met de software de besturingskern voor veel problemen. Dit wil zeggen dat verschillende applicaties met een enkel machinetype opgelost kunnen worden, wat economisch gezien erg interessant is.

Software

De tweede zuil waarop de informatietechnologie steunt, is de software. Dit is een techniek die in eerste instantie gebruikt werd om de programmeerbare elektronische apparatuur te besturen. De eerste programma's werden door de elektrotechnici ontwikkeld. Grote doorbraken in dit traject zijn het beschikbaar komen van assembleertalen, hogere programmeertalen, interpreters en compilers (fortran, basic, algol, pascal, prolog, modula, ada). In dit traject is een verschuiving van de elektrotechniek naar de wiskunde waar te nemen. De ontwerpersnatuur van de elektrotechnicus, die vaak gebaseerd is op vakmanschap en know how, wordt daarbij aangevuld met de formele methodieken van de wiskunde. Hieruit is een nieuw vakgebied, de *informatica*, ontstaan.

Er is nu een sterke verschuiving van enkelvoudige sequentiële processen naar parallelle communicerende processen waar te nemen. Een ontwikkeling die nu in volle gang is, is het koppelen van afzonderlijke processoren tot een systeem. Een produkt van deze ontwikkeling is het operating system met de synchronisatie van en communicatie tussen parallel werkende processen. Door deze technieken toe te passen in informatieverwerkende systemen wordt het mogelijk complexiteit van systemen te beheersen.

We hebben hierbij nog steeds te maken met general purpose-hardware-elementen waaraan specifieke software is toegevoegd.

Werktuigbouwkunde en fysica

Vakgebieden die vaak vergeten worden in informatietechnische kringen, zijn de werktuigbouwkunde en de fysica. De eerste discipline heeft grote bijdragen geleverd in het veld van de randapparatuur. Voorbeelden hiervan zijn de diskdrives, printers, plotters en dergelijke. Bij deze apparatuur is er sprake van mechanisch

zeer geavanceerde technieken. Ook nu is, evenals bij de micro-elektronica, weer een prijserosie waar te nemen, terwijl de prestaties (snelheid, nauwkeurigheid en betrouwbaarheid) factoren toenemen.

De fysica heeft naast haar bijdrage in de halfgeleider-technologie ook veel vruchten afgeworpen in de optische en magnetische geheugentechnieken. De diskette, de hard disk en de compact disc zijn hier voorbeelden van. Nieuwe veelbelovende media, zoals magneto-optische opslagsystemen zullen in de nabije toekomst weer tot een grensverlegging in de informatietechnologie bijdragen.

Deze twee disciplines krijgen in ons land nauwelijks enige aandacht in de universitaire wereld. Hier zou veel meer aan fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek gedaan moeten worden.

Communicatie

Een andere tak van de elektrotechniek, die in de nabije toekomst sterk zijn stempel op de informatietechnologie zal drukken, is de communicatietechniek. Door middel van de in deze discipline ontwikkelde technieken is het mogelijk om ruimtelijk gescheiden systemen met elkaar te laten communiceren. Zo kunnen gegevens en synchronisatiesignalen over willekeurig grote afstanden getransporteerd worden. Hierdoor kunnen parallelle taken optimaal samenwerken. Dit leidt nu tot netwerken voor datacommunicatie, gedistribueerde computersystemen, enzovoorts.

Door dit vakgebied ontstaan nieuwe computerstructuren. Naast de oude single user-systemen zijn er nu de multi-user-, multiprocessor- en multitasking-systemen, die alle hun basis vinden in de mogelijkheden die worden geboden door de communicatietechniek.

Het grote probleem is dat we er nog niet klaar voor zijn om de geboden gedistribueerde intelligentie te gebruiken. Het motto van Julius Caesar 'Verdeel en heers' geldt nu nog veel sterker dan vroeger. Het is frappant dat de Nederlandse en Europese industrieën achterblijven in het gebruik van de hulpmiddelen die de datacommunicatie ons biedt. De Amerikaanse industrie speelt veel sterker op deze ontwikkelingen in en is daardoor slagvaardiger dan de Europese bedrijven.

Sensoren en transductoren

Een discipline die voor een definitieve doorbraak van de informatietechnologie in de wereld van de procesindustrie zorg moet dragen, is de ontwikkeling van koppelingen met processen. De sensoren en actuatoren zijn nog steeds het stiefkind in de wereld van de informatieverwerking. Als deze functies in geïntegreerde vorm beschikbaar komen (met alle voordelen van de integratietechnieken), wordt het meten en regelen pas echt mogelijk. Het wachten is nu op transductoren, die fysische grootheden omzetten in elektrische en omgekeerd. Ook hier zal de micro-elektronica de oplossing kunnen brengen. Hiervan zijn al enkele mooie voorbeelden bekend, zoals de vochtopnemer en de magneetveldopnemer. De Nederlandse technisch-wetenschappelijke wereld en de industrie zouden zich hierop meer toe moeten leggen. Dit is een belangrijk onderdeel van de elektrotechniek dat nauwelijks onderkend wordt. Ook nu hebben we weer te maken met meerdere disciplines, namelijk de elektrotechniek, de fysica, de chemische technologie en de werktuigbouwkunde.

VLSI-ontwerptraject

Op dit moment is het zinvol om in te gaan op een van de pijlers van de informatietechnologie, namelijk het ontwerptraject van VLSI-circuits (very large scale integration). Deze circuits zijn voor wat hun structuur betreft te verdelen in de volgende klassen:

- de geheugenschakelingen
- standaardcomponenten (microprocessorsen, periferie-chips)
- ASIC's (applicatiespecifieke ic's)
- analoge circuits.

Hierbij is ASIC een naam voor circuits die voor een specifieke toepassing worden ontwikkeld. Deze groep is te verdelen in semi custom-ic's en full custom-ic's. De eerste groep is gebaseerd op een bouwblokken-gedachte en in de tweede groep wordt voor elke groep elk detail speciaal ontwikkeld.

Op al deze gebieden is een sterke druk vanuit de markt waar te nemen door de toegenomen belangen. De vraag naar efficiëntere en goedkopere ic's neemt daardoor sterk toe. Deze bouwstenen zijn vaak de kern voor commerciële resultaten.

Al deze klassen van ic's hebben het gemeenschappelijke kenmerk dat de complexiteit ervan zeer sterk toeneemt. Er moeten steeds meer functies op een chip ondergebracht worden en de projecten, waarin ic's toegepast worden, worden steeds ingewikkelder. Het gevolg van deze toenemende complexiteit is dat het ontwerptraject steeds meer tijd zal vragen wanneer er geen sterk gestructureerde aanpak toegepast wordt. De ontwerp-kosten zullen alleen bij gebruik van de juiste hulpmiddelen en methodieken in de hand gehouden kunnen worden. Bovendien is de doorlooptijd van idee tot produkt bijna altijd bepalend voor het commerciële succes van een project.

De oplossing is het computer ondersteund ontwerpen van ic's, vaak computer aided engineering (CAE) of computer aided design (CAD) genoemd. Bij het ontwerpen van digitale ic's zijn al enige tijd een reeks systemen en programma's beschikbaar, die deze ontwerpmethodiek ondersteunen. De aard van de digitale schakeling heeft het mogelijk gemaakt

eenvoudige, goede, abstracte modellen van de schakelfuncties op te zetten. Van hieraf is het een kleine stap naar een goede hiërarchische structuur. Voor de digitale systemen is er nu een reeks van beproefde standaard-subsystemen beschikbaar in de bibliotheken van de ontwerpsystemen. Door deze als bouwblokken te gebruiken in een ontwerpsysteem is het mogelijk om snel tot een acceptabele oplossing te komen. Dit ontwerptraject ondersteunt het zogenaamde assemblageproces met de vooraf gebouwde subfuncties. Ook het testen van de zo ontwikkelde ic's wordt steeds moeilijker. Voor digitale systemen is het testproces nu redelijk goed beheersbaar.

Voor de analoge functies is er nauwelijks een gestructureerde aanpak beschikbaar. Dit komt vooral doordat er een groter aantal basisfuncties zijn met een heleboel vrijheidsgraden. Deze zijn bovendien tot nu toe nauwelijks in abstracte modellen te beschrijven. Het resultaat is dan ook dat het heel moeilijk is om hiervoor ontwerpstrategieën op te stellen, laat staan om ze via de benodigde computerondersteuning te ontwerpen. Een hiërarchische structuur is vaak niet te vinden. De analoge techniek loopt zeker enkele jaren achter op de digitale technieken. Toch is er vanuit de markt een grote vraag naar analoge schakelingen voor een reeks van specifieke problemen. Ook de testproblematiek voor analoge functies is nog helemaal niet opgelost. Deze tak van de elektrotechniek eist grote aandacht, hetgeen vaak niet onderkend wordt.

Het bouwblokkenconcept wordt door velen gezien als de oplossing van het ontwerpen van systemen. Dit niveau is echter niet de juiste ingang. Voorafgaande aan dit assemblageproces moet een aantal essentiële stappen gezet worden. Deze zijn vele malen complexer dan het samenvoegen van de subfuncties. We moeten eerst op een hoger abstractenniveau de functies van een bouwsteen specificeren. Hiervoor moeten eerst de benodigde beschrijvingsmethodieken ontwikkeld worden. Daarbij

komt dat de ontwerper de applicatie waarvoor de chip gemaakt moet worden, voldoende moet beheersen om de genoemde functionele specificatie op te kunnen zetten. De daarop volgende stap is het verifiëren van het abstracte model. De derde stap is de complexe stap van het vertalen van dit model naar een zogenaamde architectuur. Dit is een hiërarchisch gestructureerde verzameling van bestaande of vaak nog nieuw te ontwikkelen bouwblokken. Het nieuwe is de mogelijkheid om nu bij elk probleem een optimale hardwarestructuur te kiezen.

Het woord 'architectuur' houdt in het samengaan van de kunst van het ontwerpen en beheersen en toepassen van de daarbij behorende technieken. Nu gebeurt dit nog volledig handmatig. De ic-ontwerpingenieur is dan ook een architect. Hij is een kunstenaar die op technologisch gebied bezig is met het ontwerpen en ontwikkelen van produkten en methodieken.

De wetenschappelijke wereld zou zich moeten richten op het ontwikkelen van methodieken voor systeem-specificatie en -verificatie met de daarbij behorende ontwerpstations en software. Hiervoor zijn nieuwe formele beschrijvingstalen met compilers nodig, evenals mathematische verificatietechnieken. Hierbij kunnen de wiskunde en informatica een grote bijdrage leveren.

Een tweede onderzoekgebied dat essentieel voor de voortgang in de VLSI-wereld is, is het automatisch vertalen van de gedragsbeschrijving naar communicerende parallele subsystemen. Zo zal een hiërarchisch correcte oplossing ontstaan. Deze fase heeft de naam *architectuursynthese* en wordt nu nog steeds door de ontwerpers als een soort kunst bedreven. De complexiteit van geïntegreerde circuits wordt beheersbaar wanneer de huidige problemen, zoals het automatisch vertalen naar bouwblokken en het genereren van teststrategieën, opgelost zijn. Het productieproces van

geïntegreerde circuits bevat namelijk per definitie een grote kans op materiaalfouten. De gevolgen zijn niet te onderscheiden van ontwerpfouten. Er zal daarom steeds 100 procent getest moeten worden of een circuit correct is. Het is markant dat in dit traject veel technieken naar voren komen die ook bij het ontwikkelen van software gebruikt worden. Alleen in geval van programma's is het mogelijk om fouten op te sporen en te verbeteren. Bij geïntegreerde circuits is een eventuele fout desastreus omdat reparatie niet mogelijk is.

Als deze onderzoekprojecten tot ontwerpmethodieken en -gereedschappen hebben geleid, die alle elektrotechnische details verbergen voor de systeemontwerper, is het mogelijk om digitale systemen te ontwikkelen vanuit de systeemkennis van het applicatiegebied. Dit is binnen enkele jaren te verwachten. Voor analoge of gecombineerd analoge en digitale systemen is dit punt nog enige tijd van ons verwijderd. Hier zou meer de nadruk op moeten liggen.

De reële wereld bestaat uit analoge signalen. Om deze te kunnen verwerken worden ze via speciale chips omgezet naar een digitale waarde. De bewerkingen die op deze signalen uitgevoerd moeten worden, hebben een nieuw type processor, de digitale-signaalprocessor, het leven doen zien. Hierdoor is het mogelijk mathematische bewerkingen op signalen uit te voeren die tot voor kort niet mogelijk waren. Nu kunnen filters, fast fourier-transformaties en adaptieve systemen eenvoudig worden gerealiseerd. Dit is een veelbelovend gebied dat de aandacht verdient.

Deze nieuwe ontwikkelingen maken het mogelijk om applicatie-specifieke circuits te ontwikkelen waarbij niet van standaardarchitecturen uitgegaan kan worden. Door middel van de bouwblokkenbenadering kunnen geïntegreerde circuits worden gemaakt die volledig op een bepaald probleem toegesneden zijn. Nu kan voor een aantal problemen die een klasse moeilijker zijn dan de tot nu toe elektronisch opgeloste problemen, een

geïntegreerd circuit worden ontwikkeld dat door zijn specifieke architectuur optimaal kan functioneren. In een aantal toepassingsgebieden zal een dimensie verder gegaan kunnen worden dan voorheen. Voorbeelden zijn een verschuiving in de verwerkingsnelheid, een groter frequentiebereik, grotere geheugenomvang, hogere rekencomplexiteit, complexere datastructuren, enzovoorts. Het zal mogelijk worden om binnen een zeer korte tijd systemen te ontwerpen die enkele honderdduizenden transistoren bevatten. Hierbij moet gestreefd worden naar een automatische vertaling van een algoritme naar silicium. Dit traject kan binnen enkele jaren ingevuld zijn.

Wanneer we kijken naar technologische ontwikkelingen zoals bijvoorbeeld in het megaproject van Philips en Siemens dan mag gezegd worden dat het binnen afzienbare tijd mogelijk wordt om vele miljoenen transistoren te plaatsen op een enkele chip. De vraag is echter of er wel voldoende aandacht wordt besteed aan het ontwikkelen van toepassingen die met deze nieuwe technologie te realiseren zijn. De verwachting is dat er globaal honderd ontwerpers op systeemniveau zullen zijn tegenover een enkele op het vlak van de ic-technologie. Deze verhouding wordt zeker nog niet gehaald in de praktijk, maar is zelf veel lager. Hier ligt een grote taak voor de universiteiten. Het bewustwordingsproces van de systeemontwerpers zou veel meer dan nu het geval is de nadruk moeten krijgen.

Een van de grootste problemen in de moderne ontwikkelingen is het opstellen van een goede algoritmische beschrijving van een systeem, dat dan direct omgezet kan worden in ic's zodat al de moeilijkheden die door de hardware worden geboden, daadwerkelijk uitgebuit kunnen worden.

Het ontwerpen van VLSI-circuits wil dus zeggen: het samengaan van expertise uit de elektrotechniek, met name de digitale technieken, de elektronica en de

communicatietechniek, de wiskunde, de informatica, de systeemtheorie, de kunstmatige intelligentie, enzovoorts. Wil een universiteit hierbij een vooraanstaande rol spelen, dan zullen de beschikbare krachten gebundeld moeten worden. Zo kunnen ingenieurs opgeleid worden die inzetbaar zijn voor het ontwerpen van deze geavanceerde systemen. Dit is essentieel voor het op peil houden of het stimuleren van onze industrie.

De toepassers

Het is goed om eerst te noemen wie ik niet als toepassers van de informatietechnologie beschouw. De groep die apparaten bedient, die werkt met softwarepakketten en soortgelijke activiteiten uitvoert, noem ik gebruikers en niet toepassers.

Onder toepassers versta ik de ontwerpers van systemen waarin de informatietechnologie wordt toegepast in technische processen. Ik wil hierbij met name noemen de meet- en regeltechniek, de medische techniek, de flexibele produktie-automatisering, de procesindustrie de motorvoertuigtechniek, de vliegtuigbouwkunde, de ruimtevaart, enzovoorts. Een geheel nieuw vakgebied dat nu ontstaat, is de telematica waarin telecommunicatie, meten en regelen op afstand, alsmede informatietechnologie elkaar vinden.

Informatietechnologie en andere vakgebieden

Uit deze opsomming, die allesbehalve uitputtend is, blijkt dat de informatietechnologie ingezet kan worden in veel vakgebieden, waarin tot voor kort nog gedacht werd dat men 'gespaard' zou worden voor deze revolutionaire ontwikkelingen. Nu blijkt dat het toepassen ervan in andere disciplines vruchtbaar kan zijn. Door het koppelen van expertise uit andere vakken met de informatietechnologie kunnen nieuwe produkten en produktiemiddelen ontstaan, maar ook nieuwe ontwerpmethodieken en -hulpmiddelen. Er is een doorbraak

ontstaan door de verregerende miniaturisatie en kostprijsontwikkelingen van elektronische componenten.

De nieuwe bouwstenen zijn ongevoelig voor bijvoorbeeld temperatuursveranderingen, veroudering en slijtage. Ze zijn eenvoudig af te regelen en zeer snel. Doordat de meeste bouwstenen digitaal zijn hebben ze altijd dezelfde nauwkeurigheid en zijn de resultaten reproduceerbaar. De snelheid, gecombineerd met het kleine volume en de ongevoeligheid voor de omgevingscondities, maken het mogelijk om moderne geïntegreerde schakelingen in te zetten in vele processen. Met deze nieuwe componenten is het meten aan en regelen van zeer complexe processen aan een revolutie onderhevig. Bovendien is het noodzakelijk dat wordt overgegaan op het toepassen van de informatietechnologie om een gunstige concurrentiepositie in te kunnen nemen. De vraag is wel wie uit deze toepassingsgebieden deze mooie apparatuur kan programmeren, bedienen of – wat veel moeilijker is – kan specificeren. Er hoort kennis te zijn van de mogelijkheden die de elektrotechniek en de informatica bieden. Die ontbreekt vaak nog.

Het is een van de taken van de informatietechnologie om al de mogelijkheden van de hardware en de software transparant te maken voor de toepasser, zodat de inzetbaarheid en toegankelijkheid tot informatieverwerkende systemen toeneemt. Het is noodzakelijk om zogenaamde *information hiding* toe te passen zodat niet tal van barrières opgeworpen worden, waardoor het invoeren van de nieuwe technologie tegengehouden wordt.

Modeltechnieken

Nu we alle gereedschappen beschikbaar hebben om meetgegevens binnen te halen en stuursignalen naar buiten te sturen, is de kringloop bijna rond. Het probleem waarvoor we nu geplaatst worden, is het modeleren van de te besturen processen. We zullen de

mathematische vergelijkingen op moeten stellen waarmee het gedrag van een proces te beschrijven is. Meestal zal dit benaderen betekenen. De procesmodellen zullen in real time doorgerekend moeten worden. De kennis van materialen en methodieken is nog moeilijk in mathematische modellen onder te brengen. Modelvorming betekent vereenvoudiging en dus onnauwkeurigheid. Hierbij moet steeds een optimum gezocht worden tussen voldoende eenvoud en nauwkeurigheid. Dit is een techniek waaraan veel vakgebieden nog onvoldoende zijn toegekomen. We hebben hierbij namelijk te maken met veel fysische, ondoorgronde processen. Tot nu toe waren daarvoor een aantal methodieken beschikbaar, die redelijk voldeden. Nu is er een grote overgang van analoge naar digitale besturingssystemen waar te nemen. De nieuwe benaderingen zullen in veel disciplines een kern vormen bij het oplossen van problemen.

Naast deze ontwikkelingen is steeds vaker te zien dat systemen niet meer door eenvoudige modellen te benaderen zijn. Computersimulatie en computer ondersteund ontwerp zal samen met een mathematisch model steeds vooraf gaan aan de ontwikkeling van nieuwe apparatuur en systemen.

Informatietechnologie en de industrie

In Nederland kennen we behalve de handel en de dienstverlening veel bedrijven die zich in het verleden bezig hebben gehouden met het ontwikkelen van produkten en produktieprocessen gebaseerd op nu verouderde technieken. De tendens is dat heden een steeds grotere verschuiving plaatsvindt van deze ontwikkeling en produktie naar dienstverlening en handel.

Uit observaties van de industrie blijkt dat er in Nederland een groot potentieel aanwezig is aan ontwerpers. Hun kennisniveau is hoog en ze zijn in het verleden in staat gebleken om een groot aantal nieuwe produkten

en processen te bedenken, te ontwikkelen en op de markt te brengen. Dit waren bedrijven uit de metaal- en elektrobranche. Nederland bezit veel bedrijven op deze vakgebieden. Op het ogenblik zijn een aantal nieuwe technieken doorgebroken (veelal vanuit Amerika of Japan), die met succes toegepast kunnen worden in de Nederlandse industrie.

Tot nu toe is te vaak de nadruk gelegd op het gebruiken van produkten uit het buitenland, waarin deze nieuwe technieken toegepast worden. Dit om daarmee de dienstverlening te verbeteren. Er is echter een andere mogelijkheid die nog te weinig uitgebuit wordt. De Nederlandse industrie kan en moet zelf ook nieuwe produkten ontwikkelen om zo de 'grote winst' binnen te halen. De industrie zou veel vaker dan nu het geval is innoverend moeten werken. Ze moet naast de handelaar in, of gebruiker van nieuwe produkten en produktiemiddelen ook ontwikkelaar en producent zijn. Een kenmerk voor onze industrie is dat er veel bedrijven zijn waarin combinaties van disciplines voorkomen. Ik wil hier beweren dat de infrastructuur voor deze nieuwe ontwikkelingen in Nederland zeker aanwezig is, maar helaas te latent.

Nieuwe impulsen in bovengenoemde richtingen zijn van het grootste belang voor de toekomst. Het is noodzakelijk dat in de diverse vakgebieden een interactie ontstaat waarbij de nu te eng denkende of opgeleide sleutelfiguren kennis nemen van bijvoorbeeld de mogelijkheden, de werkmethodiek en de kostenpatronen, die met het toepassen van de informatietechnologie samenhangen. Het is niet een zaak van investeren alleen, maar er moet inventief ingespeeld worden op de nieuwe technologische ontwikkelingen. De industrie wacht te veel af en heeft daardoor steeds vaker te maken met inhaalslagen. Dit wachten heeft tot gevolg dat er een verschuiving van het ontwikkelen van produkten naar het produceren plaats zou kunnen vinden. Echter door de hoge loonkosten in ons land gebeurt dit niet.

Nederland zal uit het isolement moeten komen. Nu wordt te veel de nadruk gelegd op het gebruiken van software en hardware voor allerlei toepassingen. Hierbij dwingt ons land zich te veel in de hoek van dienstverlenende natie. Het is echter van het grootste belang dat er ook nieuwe produkten en produktieprocessen worden ontwikkeld. Zo zal een nieuwe rijke bron van inkomsten ontstaan. De resultaten van het technisch wetenschappelijk onderzoek van de universiteiten zal omgezet moeten worden naar toepassingen. Een sterke band tussen de universiteiten en de industrie is daarvoor een noodzaak.

De ministeries

In de afgelopen jaren is door het ministerie van economische zaken en het ministerie van onderwijs en wetenschappen veel aandacht geschonken aan technologische ontwikkelingen. Hierbij was steeds het doel om een impuls te geven aan de economie, bijvoorbeeld om de werkeloosheid te verminderen of om het bruto nationale produkt te verhogen.

Dit vond plaats door individuele bedrijfstukken direct te stimuleren. Ook gebeurde dit indirect door het onderwijs te steunen, waardoor later beter opgeleide krachten ter beschikking konden komen voor de maatschappij. Er werd onder andere aandacht besteed aan informatica en micro-elektronica zowel op nationaal als Europees niveau. Al deze ontwikkelingen waren positief.

De ondersteuning was echter te vaak gericht op het gebruik van nieuwe produkten en technieken in bijvoorbeeld de dienstverlening en het onderwijs. Veel van deze projecten hadden te lijden onder beperkende factoren. Meestal kwam slechts een enkel vakgebied of een te nauw afgebakende techniek in een project aan de orde. Van een multidisciplinaire aanpak was nauwelijks sprake. Veel projecten kwamen te vroeg omdat ze nog nauwelijks een voldoende voedingsbodem vonden om

tot bloei te komen. De meeste worden nu pas echt relevant voor grote groepen belanghebbenden. De looptijd voor bepaalde projecten is nu voorbij en ze worden niet herhaald. Ook lijkt het dat de diverse ministeries verschillende doelen nastreven. Er zijn snel instituten opgericht, die elkaar schijnbaar eerder bestrijden dan stimuleren en nog sneller worden ze weer opgeheven. Het lijkt erop dat alleen de grote adviesbureaus er beter van zijn geworden, terwijl het veld nog steeds in de kou staat.

Het is nog steeds van belang om nieuwe technologieën te bevorderen omdat deze essentieel zijn voor economische vooruitgang. Hierbij moet het hoofddoel zijn om deze geavanceerde technologieën toegankelijk te maken voor het onderwijs en de industrie, zodat ze ingezet kunnen worden voor de industrie. Naast de bedrijven die nu een speerpunt vormen, zouden er dan vele kunnen zijn die de geavanceerde technieken dan met succes kunnen implementeren. Het vormen van belangengroepen voor speerpunttechnieken zou een belangrijke doorbraak kunnen forceren. We moeten af van onze kruideniersmentaliteit, die te veel de nadruk legt op bescherming en kleinschaligheid. Er zal een optimum gevonden moeten worden tussen protectie en gemeenschappelijke vooruitgang. Dit niet alleen in nationaal maar ook in Europees verband.

Het zou zeer grote effecten kunnen hebben wanneer de diverse ministeries samen industriële platforms op zouden richten. Daarnaast zouden ze demonstratieprogramma's en projecten op moeten starten in deze gecombineerde gebieden om de oude cultuur van ondernemen (dat wil zeggen: ontwikkelen, produceren en verkopen) terug te kunnen brengen. Bovendien zou het nuttig zijn als er aan jonge starters speciale voordelen geboden zouden worden. Het ondernemerschap zou dan veel aantrekkelijker zijn voor jong afgestudeerden. Ook zou veel meer dan nu al gebeurt het technisch-wetenschappelijke onderwijs hierbij betrokken moeten

worden. De keerzijde is dat ook het onderwijs, naast haar fundamentele taken, open zal moeten staan voor applicatiegericht onderzoek. Behalve de overheid zal de industrie voor deze nieuwe aanpak de nodige budgetten beschikbaar moeten stellen.

Het ministerie van onderwijs en wetenschappen zou veel meer dan tot nu toe de nadruk moeten leggen op zaken zoals

- het continu bezinnen op onderwijs- en onderzoektaken
- de beschikbaarheid van laboratoria en budgetten
- het aantrekken van gekwalificeerd personeel
- de kwaliteit van de docenten
- de uitstraling van wetenschappelijk onderwijs naar het overige technische onderwijs
- de opleiding van leraren
- de her- en bijscholing
- het tweedekansonderwijs.

Dit moet dan niet per opleidingsniveau of schoolsoort worden bekeken maar integraal.

Technische universiteiten

Bij de technische universiteiten is het nodig om zich te bezinnen op enkele zaken zoals bijvoorbeeld het profiel van de moderne ingenieur, nieuwe onderwijsvormen welke steunen op de voortbrengselen van de informatietechnologie en het onderzoekbeleid.

Computer ondersteund onderwijs

Voordat ik in wil gaan op mijn mening over het profiel van de ingenieur wil ik eerst de mogelijke onderwijsvormen die voortkomen uit de informatietechnologie, nader bespreken.

Het wordt steeds eenvoudiger en goedkoper om onderwijs door middel van machines te ondersteunen. Vandaag de dag wil dit zeggen dat docent en student

ondersteund worden door een computer met daarbij een aantal nieuwe media. Het oorspronkelijke schoolbord, waarbij de docent met behulp van een krijtje zijn verhaal presenteert aan zijn toehoorders, is nu te vervangen door een beeldscherm en een toetsenbord dat aan een computer gekoppeld is. Daarnaast zijn er veel producten uit de informatietechnologie zoals geheugens, videodisplays, spraakgeneratie en -herkenning. De leerling kan nu veel meer gegevens voorgeschoteld krijgen dan vroeger. Echter de didactische aanpak, die nodig is voor deze aanpak, ontbreekt nog vaak. Toch zijn er een heleboel voordelen die niet vergeten mogen worden. We moeten ons afvragen hoe de kwaliteiten van de computer beter uitgebuit zouden kunnen worden. De eerste vraag die we ons kunnen stellen, is welke deze kwaliteiten dan wel zijn. De eerste waarneming toont dat we bij computer ondersteund onderwijs te maken hebben met een nieuw soort docent en de oude leerling. In tegenstelling tot een docent in levende lijve is de automatische docent, in dit geval de computer, altijd ter beschikking wanneer de leerling dit vraagt. Deze docent heeft daarbij een bijna oneindig geduld. Hij zal steeds weer herhalen als dit van hem wordt gevraagd. Een tweede waarneming laat ons zien dat deze onvermoeibare docent gevraagd kan worden oneindig vaak voorbeelden te maken voor de leerling. In een simulatieprogramma kan de leerling zo vaak hij wil een model van een praktisch proces doorrekenen in allerlei varianten. Dit heeft tot gevolg dat de leerling inzicht kan krijgen in de invloed van diverse parameters op een proces, zowel bij bijvoorbeeld technische, economische als sociale processen. We zien hier dat de computer uit kan nodigen tot het opbouwen van inzicht in een tempo dat normaal in klassikaal onderwijs niet mogelijk is.

Een andere faciliteit die door de moderne techniek wordt geboden, is de mogelijkheid om via telecommunicatiekanalen een verbinding op te zetten met een systeem of een persoon op afstand. We krijgen nu de mogelijkheid om informatie met anderen uit te

wisselen, elders gegevens op te vragen of op te slaan. Door deze technieken in het onderwijs op te nemen kunnen grote gegevensbanken ter beschikking komen van de student.

Naast de communicatie zien we ook veel nieuwe media beschikbaar komen voor dataopslag. Een belangrijk voorbeeld hiervan is het zogenaamde CD-ROM. Door de opslag van data te combineren met het opslaan van echte (video)beelden wordt het plotseling mogelijk om tegen zeer lage kosten teksten, geluid en (bewegende) beelden en reken capaciteit te integreren in het onderwijs.

Het zal duidelijk zijn dat al deze technieken een nieuwe aanpak van het doceren betekenen. De docent zal zijn expertise moeten bundelen in de computer. We zullen de docenten zich dan ook zo snel mogelijk thuis moeten laten voelen in deze systemen.

De ingenieur en de universiteiten

Een ingenieur heeft als primaire taak methodieken, producten en produktiemiddelen te ontwikkelen. Creativiteit is een eigenschap die continu gestimuleerd moet worden. We moeten het denken en brainstormen bevorderen. In de ontwerptaak komen zaken zoals betrouwbaarheid, kostprijs, bruikbaarheid, bedieningsgemak, onderhoudsvriendelijkheid, milieuvriendelijkheid en de ontwikkelsnelheid aan de orde. Ook ethiek en esthetica spelen in het werk van de ingenieur een belangrijke rol. De ingenieur heeft tot taak nieuwe technologieën toe te passen en in te zetten in nieuwe producten en methodieken. Door het vermogen, dat hem tijdens zijn opleiding aangeleerd moet zijn, om nog niet opgeloste problemen aan te pakken en daarvoor een acceptabele oplossing te kiezen, moet hij blijk kunnen geven innovatief bezig te zijn. Hij zal daarbij terug moeten vallen op zijn vakkennis, mathematische hulpmiddelen, kennis van de materie, abstractieniveau

van zijn denken, visie op maatschappelijke gevolgen en op de kosten-baten-verhoudingen. Hierbij zal hij nooit bezig moeten zijn met reproduceren, maar voortdurend nieuwe problemen aan moeten pakken. Daardoor kan hij steeds de horizon van de mogelijkheden verleggen.

Het ontwikkelen van nieuwe produkten zal betekenen dat er onderzoek uitgevoerd moet worden. De ingenieur moet het probleem kunnen analyseren en eenduidig kunnen omschrijven. Hierbij moet hij ook voldoende kennis van andere vakken hebben om met collegae uit andere disciplines te kunnen samenwerken en communiceren. Hij moet het gedrag van een produkt kunnen specificeren. Het fundamentele onderzoek moet door hem gedefinieerd kunnen worden. Hierbij moet hij de benodigde experimenten op kunnen zetten en uitvoeren. Er zullen daarna een aantal oplossingsmethodieken bestudeerd of ontwikkeld moeten worden. De meest geschikte methode moet gekozen worden waarbij factoren als kosten, betrouwbaarheid, levensduur en inzetbaarheid gewogen moeten worden. Daarbij zal de ontwikkeltijd vaak strijdig zijn met de andere eisen. Dit lijkt een uitdaging maar het vraagt een 'wijsheid', die nauwelijks verwacht kan worden van een individu.

Naast de ontwikkelfunctie zal de ingenieur leiding moeten geven aan een team van ontwerpers en projecten moeten kunnen trekken. In veel gevallen zal hij de nieuwe technieken commercieel moeten begeleiden. De ingenieur is zo dus een ontwikkelaar en een manager.

Een van de belangrijkste taken van de ingenieur is het om naast zijn onderzoektaak kennis uit te dragen en toegankelijk te maken voor anderen. Ook het maken van technische documentatie is een van zijn taken. Een modern ingenieur zal daarom ook communicatief geoefend moeten zijn. Hij zal een soort apostel worden op technisch gebied.

Naast de technische en economische belangen zal hij ook steeds de menselijkheid voor ogen moeten houden. Zelfkritiek is een van de belangrijkste eigenschappen van een ingenieur. Er zou voor de ingenieur een erecode moeten zijn net als bijvoorbeeld bij een medicus.

Dit alles betekent dat hij zowel technisch, communicatief als bedrijfskundig geschoold moet zijn. Hij kan daardoor de trekker zijn van de vooruitgang.

De algemene tendens in het universitaire circuit is dat een technisch-wetenschappelijk onderzoeker per se niet zakelijk moet denken. Dit is echter onjuist. Hij zal door zijn ondernemerschap en wetenschappelijke inzet bezielend moeten werken voor zijn omgeving. Door deze zeer zware taak naar eer en geweten uit te voeren zal hij de nodige impulsen geven aan het technisch-wetenschappelijk onderwijs.

De vraag is hoe hij dit kan leren. Leggen de technische universiteiten hierop nog wel voldoende de nadruk, of verliezen ze zich in het produceren van papier? Naast het vastleggen van onderzoeksresultaten in documenten voor vakgenoten, waarbij bewezen wordt dat de uitvindingen mathematisch correct zijn, zou ook een toegankelijk document moeten ontstaan waarbij deskundigen op andere vakgebieden kennis kunnen nemen van nieuwe vondsten en kunnen wegen wat de toepassingsmogelijkheden zijn. Zo ontstaat er een veel grotere resonantie bij het publiceren voor soortgenoten in een eng vakgebied.

Het technisch wetenschappelijk onderzoek zal zich moeten onderscheiden door naast het theoretisch onderzoek ook toepassingsgericht bezig te zijn, maar dan zo dat de resultaten van het fundamentele onderzoek in praktisch bruikbare producten omgezet kunnen worden. Alleen dan zal de benodigde impuls voor een moderne natie aanwezig zijn. Het onderzoeken zonder zich over de toepasbaarheid te bekommeren, is een erg

dure hobby en moet betaald worden door de gemeenschap. Wetenschappelijk wil niet zeggen zich als een wereldvreemde kluizenaar te gedragen. Bij het opzetten en continueren van een onderzoek zal door de besturen van de universiteiten steeds (zoals bij economische projecten) een kosten-baten-analyse gemaakt moeten worden, zodat het beperkt beschikbare kapitaal optimaal ingezet wordt. We hebben hier namelijk te maken met diepte-investeringen. Volgens mijn visie moet een onderzoeker ook een docent en een manager zijn. Hij zal vaak de advocaat van de duivel moeten spelen om zo tot een gewogen keuze te komen.

In de universitaire wereld hoort er naast het tellen van het aantal publikaties nog een andere maat voor kwaliteit te komen. Namelijk het maatschappelijke en industriële succes, dat minstens zo zwaar mag worden meegeteld.

Na het definiëren van het profiel van de ingenieur, het produkt van de technische universiteit, is het aan de besturen om haar beleidsplannen hierop af te stemmen. Er zal bepaald moeten worden welke strategie er gevolgd moet worden om optima te bereiken op zowel fundamenteel als toepassingsgericht onderzoek. Hierbij is polarisatie uit den boze. De universiteiten zullen zich moeten profileren en er zullen naast het noodzakelijke basispakket een aantal speerpuntactiviteiten gekozen moeten worden. Deze laatste zouden zo mogelijk samen met de industrie uitgevoerd moeten worden. De EEG-activiteiten zouden hiervoor een voorbeeld kunnen zijn. Zo kan een kwaliteitsprodukt, de ingenieur, afgeleverd worden. De informatietechnologie zal een wezenlijk bestanddeel van zijn kwaliteit uitmaken.

Literatuur

HOOP-nota
Commissie-Dekker
Vervolgopleidingen
Nota Tweede fase onderwijs
Herenakkoord tweede fase

Inhoud

Informatietechnologie 3

Ontwikkelingen in de informatietechnologie 6

De makers

. Hardware 6

. Software 8

. Werktuigbouwkunde en fysica 8

. Communicatie 9

. Sensoren en transductoren 10

. VLSI-ontwerptraject 10

De toepassers 16

. Informatietechnologie en andere vakgebieden 16

. Modeltechnieken 17

Informatietechnologie en de industrie 18

De ministeries 20

Technische universiteiten 22

Computer ondersteund onderwijs 22

De ingenieur en de universiteiten 24

Literatuur 28

Open universiteit
Valkenburgerweg 167
6419 AT Heerlen
Telefoon 045-762222

Technische Universiteit Eindhoven
Den Dolech 2
5612 AZ Eindhoven
Telefoon 040-479111

ISBN 90 14 03974 3

CIP

Copyright © 1987, Open universiteit, Heerlen

Basisvormgeving
Afdeling Productie en uitgeverij,
Open universiteit
Lay out
Rob van den Beuken

Mario Stevens (1944) is sedert 1986 hoogleraar in de technische wetenschappen, in het bijzonder in de microprocessortechnologie, aan de Open universiteit Heerlen en in de elektrotechniek, in het bijzonder in de digitale informatietechniek, aan de Technische Universiteit Eindhoven. Sinds 1987 is hij hoofd van de vakgroep Digitale Systemen. Hij was vanaf 1971 werkzaam als wetenschappelijk medewerker aan de Technische Hogeschool (nu Technische Universiteit) Eindhoven, waar hij in 1971 afstudeerde in de elektrotechniek (telecommunicatie) met het predicaat cum laude.

Hij heeft aan de Technische Universiteit Eindhoven gewerkt aan een dertigtal onderzoekprojecten op het gebied van de architectuur van microcomputersystemen, interfaces en datacommunicatieprotocollen. Daarnaast had hij de leiding in de ontwikkeling van de eerste microprocessor gestuurde verkeersregelaar van Nederland. Nu richt zijn onderzoek zich op het ontwikkelen van methodologieën voor het implementeren van digitale systemen in VLSI-bouwstenen. Met name het realiseren van zeer complexe ic's, zoals processoren, protocolimplementaties en interfacebouwstenen. Hierbij worden de benodigde theoretische studies uitgevoerd om betrouwbare, inzetbare ontwerpgeredenschappen te ontwikkelen.

Daarnaast is hij betrokken geweest bij het invoeren van de micro-elektronica in zowel de Nederlandse industrie als het onderwijs. Hij was lid van een aantal ministeriële adviescommissies op nationaal en Europees gebied. Samen met de industrie heeft hij een aantal professionele producten ontwikkeld.

Als auteur of co-auteur van een twaalfstal boeken heeft hij de microprocessortechniek voor een zeer breed publiek toegankelijk gemaakt.

Hij is getrouwd met Ton van Stratum en heeft vier kinderen: Bart, Hans, Marion en Annemieke.

Sansom uitgeverij

ISBN 90 14 03974 3