

Intelligente sensoren hebben grote toekomst

Chips met verstand en gevoel

W.A Eradus

IMAG-DLO
Postbus 43
6700 AA Wageningen
Tel 08370-76488
Fax 08370-25670

Geïntegreerde schakelingen of kortweg chips vormen de basis-bouwstenen van iedere computer, van micro-calculator tot mainframe. Ze zijn buiten de informatica-sector echter ook steeds meer te vinden in allerlei huishoudelijke apparaten en verhogen de functionaliteit van moderne landbouwmachines. Met die ogenschijnlijk onbeduidende plakjes silicium kunnen digitale en analoge functies voor de meest uiteenlopende toepassingen worden gerealiseerd. De gebruikte technologieën bieden echter nog meer mogelijkheden. Behalve de geïntegreerde schakelingen, die

voornamelijk kunnen rekenen, worden er ook steeds meer chips ontwikkeld, die een zekere mate van 'gevoel' hebben. Speciale micro-structuren in het halfgeleidermateriaal silicium maken het mogelijk om allerlei fysische verschijnselen als temperatuur, straling, stroming, kleur en druk om te zetten in een elektrisch signaal. Dit betekent het ontstaan van de geïntegreerde sensoren. Het ligt voor de hand om zo'n chip tevens te voorzien van de bestaande mogelijkheden voor elektronische signaalverwerking. Zo ontstaat dus een nieuwe generatie chips met 'verstand' en 'gevoel'.

Wat is een intelligente sensor?

Het lijkt een wat modieuze trend om allerlei innovatieve ontwikkelingen te voorzien van het predikaat 'intelligent', 'smart' of gewoon 'slim'. Was het in de beginjaren van de microprocessor aantrekkelijk om producten waarin minimaal één chip aanwezig was, 'computergestuurd' te noemen (van computergestuurde wasmachines tot dito flitsers), nu zijn 'intelligent' of 'smart' de favoriete slogans. Zo zijn er behalve intelligente sensoren ook bij voorbeeld intelligente netwerken, smart cards en zelfs intelligente plastics. Het gaat daarbij in de regel om de toevoeging van extra functionaliteit, waardoor het produkt tot op zekere hoogte zelfstandig kan reageren op de omstandigheden, op de omgeving, waarin het functioneert. De meerwaarde van een intelligente sensor is, dat het doorgaans zeer zwakke, storingsgevoelige elektrische signaal, dat bij het omzetten van een fysische grootheid ontstaat, tot een hanteerbaar niveau wordt versterkt (signaal-conditionering). Daarna kan het worden omgezet in een digitale vorm (A/D conversie) om tenslotte door de meegeïntegreerde microcontroller te worden bewerkt en naar buiten gebracht. In dit min of meer intelligente concept komt het meetsignaal dus niet meer als een (kleine) spanning-, stroom- of weerstandsverandering ter beschikking, zoals bijvoorbeeld bij de conventionele PT100 temperatuursensor. Het is nu een digitale code, desgewenst zelfs een ASCII tekststring, die de waarde van de gemeten grootheid representeert. Als de sensor, één of meer van deze functies

bezt, krijgt deze al spoedig het voorvoegsel 'slim, 'smart' of zelfs 'intelligent'.

Afbeelding 1 geeft een overzicht van functies in een meetsysteem welke in een 'intelligente' sensor zoveel mogelijk in één geïntegreerde schakeling zijn samengebracht.

Een voorbeeld

Ter illustratie een recente ontwikkeling in de meteorologie. Zoals bekend heeft een weerstation voor het vastleggen van windsterkte en -richting standaard een cup-anemometer en een windvaan. Met name de anemometer is een fijn-mechanisch systeem, dat echter behept is met allerlei meettechnische onhebbelijkheden. Te noemen zijn: een drempelwaarde en traagheid van reageren, een niet lineair gedrag en effecten van veroudering. Bij gebrek aan beter zijn we er echter mee tevreden. Er zijn zelfs meteorologische standaards hierop gebaseerd.

Dat dit ook geheel anders kan, bleek bij een bezoek aan het Delftse laboratorium voor Elektronische Instrumentatie. Prof. dr.ir. J.H. Huysing is daar ruim een jaar geleden aangesteld om het specifieke vakgebied van geïntegreerde, dus 'slimme' sensoren tot verdere ontplooiing te brengen. Sinds 1975 is daar al heel wat werk verricht om een als chip uitgevoerde sensor te ontwikkelen, die zowel de grootte als de richting van een gasstroming meet.

Het principe berust op het volgende basisidee. Uitgegaan wordt van een egaal verwarmd oppervlak. Als daar relatief koude lucht overheen stroomt, wordt dit afgekoeld. Dit is het sterkst aan de zijde, waar de stroming vandaan komt. De grootte van het temperatuurverloop is daarbij ook afhankelijk van de stroomsnelheid. In feite kan de probleemstelling, namelijk het registreren van grootte en richting van een stroming in dit concept worden teruggebracht tot het op de juiste plaatsen nauwkeurig meten van de temperatuurverschillen.

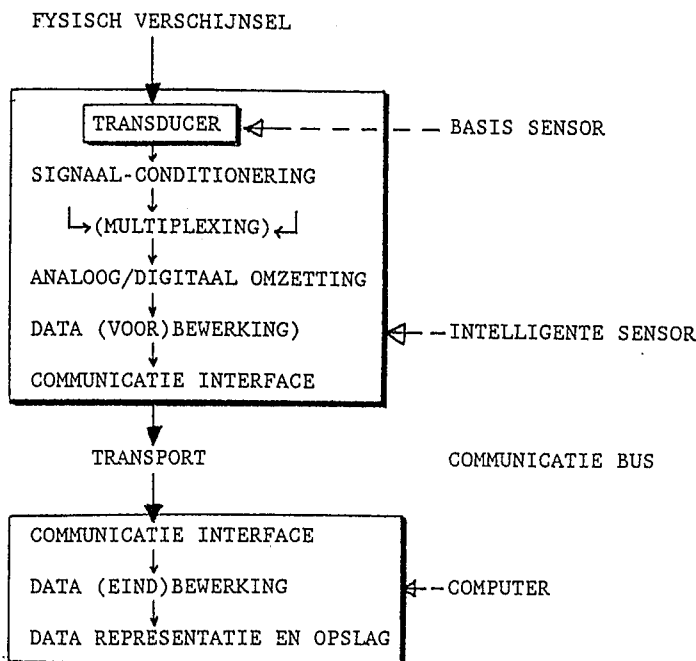
Dr. ir. B.W. van Oudheusden baseerde hierop zijn chip-ontwerp, waarop hij eind 1989 promoveerde. Het ontwerp bevat een speciale microstructuur met geïntegreerde weerstanden, die het chip-oppervlak verwarmen en een reeks 'thermozoulen', die kleine temperatuurverschillen bij stroming registreren.

Bij praktijkproeven bleek deze sensor net zo goed windsnelheden van een orkaan (tot ca. 35 m/s) als de geringe luchtverplaatsingen in geklimatiseerde ruimten te registreren. Door de platte vorm, die een chip van nature heeft, laat deze nieuwe stromingssensor zich gemakkelijk in de wand van bij voorbeeld een pijp opnemen. Dit maakt het ontwerp aantrekkelijk voor industriële toepassingen. Maar ook voor de meteorologie is het interessant als opvolger van de bekende cup en vaan.

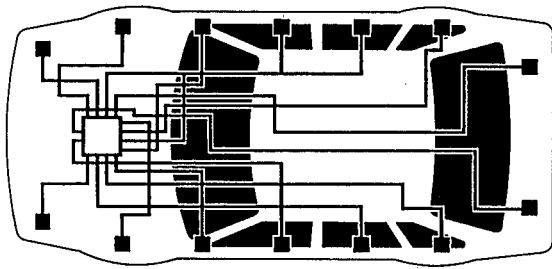
Voordelen

Het valt niet moeilijk om meerdere pluspunten van de nieuwe generatie chip-sensoren aan te wijzen. Als eerste kunnen ze zeer klein worden gemaakt waardoor inbouw op allerlei lastige plaatsen mogelijk wordt. De 'slimme' opvolger van de alledaagse koortsthermometer is een goed voorbeeld. Nauwelijks groter dan de kwikgevulde uitvoering bevat het een chip-sensor compleet met signaalverwerking om een ingebouwd LCD-scherm aan te sturen. Het kan op commando een meting vasthouden of vergelijken met een vorige registratie van de lichaamstemperatuur. Een tweede voordeel is, dat de chip-sensor geen mechanisch bewegende delen bevat. Er is geen slijtage en de betrouwbaarheid neemt toe.

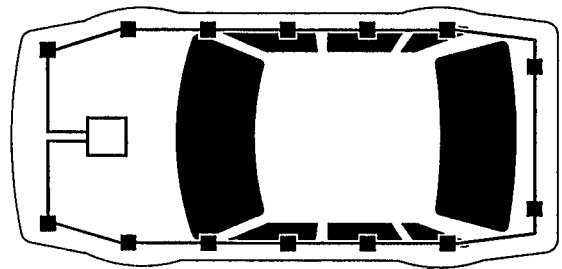
Een derde pluspunt is de lage prijs. Ondanks de hoge ontwikkelingskosten (veelal aanzienlijk meer dan f 100.000,-) kan massaproductie leiden tot een goedkope sensor. Dit geldt bij voorbeeld in de automobiel-industrie waar slimme sensoren voor het regelen van allerhande functies sterk in opkomst zijn. Prof. Huysing beweerde dat een moderne auto bijvoorbeeld al zo'n tien sensoren heeft om de motor schoon en zuinig te laten lopen. Deze zijn voor temperatuur, gasstroming en -druk en chemische samenstelling. Daarnaast zijn er nog eens tien sensoren voor allerlei andere functies zoals het anti-blokkeer



Afbeelding 1
De schakels in een meetsysteem.



Afbeelding 2
Conventionele sensoren met stervormige bedrading in een voertuig.



Afbeelding 3
Intelligente sensoren worden met de centrale controller verbonden door middel van een standaard digitale busverbinding.

remsysteem. Zijn inschatting is dat dit over vijf jaar op zal lopen tot ca. honderd sensoren per voertuig. De neerwaartse spiraal van productie-toename versus prijsdaling heeft geleid tot een enorme verbreiding van de computertechnologie en dat zal, naar verwachting, ook gaan gebeuren voor de eveneens op chips gebaseerde sensortechnologie.

Communicatie

De trend bij technische systemen, waaronder ook landbouwwerktuigen, is dat ze steeds meer en steeds goedkopere sensoren gaan herbergen. Dit zou, zonder speciale maatregelen, moeten leiden tot ingewikkelde bedradingsplannen, met dikke kabelbomen, die van de centrale besturingseenheid (microcontroller) uitwaaielen naar de sensoren (en actuatoren). De intelligente sensor is hier ook in het voordeel. Dankzij de interne reken- en besturingsmogelijkheden kan deze communiceren met een zogenaamde busverbinding. Deze bus is voor te stellen als een soort ringleiding (b.v. 2-aderig), waar intelligente sensoren en actuatoren aan worden geklikt. De datastromen gaan zonder verwarring over deze bus. Ze worden met een protocol van en naar de centrale controller gevoerd, waarbij iedere busdeelnemer een eigen uniek adres heeft. Voor de vervoersbranche is hiervoor het Controller Area Network, CAN-protocol geadopteerd, terwijl voor een procesomgeving diverse

'veldbussen', zoals de Bitbus en de Duitse Din-Messbus beschikbaar zijn.

Een zesde voordeel is de mogelijkheid om via de bus de intelligente sensoren commando's te geven. Bijvoorbeeld: starten van een waarneming, verzenden van gegevens, uitvoeren van een zelftest of een ijkprocedure. Deze activiteiten kunnen periodiek door de sensor zelf worden gestart dan wel via opdrachten vanuit de centrale controller.

Dat de busverbinding tussen sensor en computer de meetsignalen in digitale vorm vervoert, heeft verder als belangrijk winstpunt, dat de informatie tijdens transport niet kan worden verminkt door slechte contacten (overgangsweerstanden) en elektrische stoorvelden. Bij conventionele sensoren is dit een bron van veel problemen.

Perspectief

Intelligente sensoren met de bijbehorende communicatiestructuren worden op korte termijn op grote schaal gebruikt. Prof. Huysing plaatste vorig jaar deze ontwikkelingen in een duidelijk historisch perspectief. Hij betoogde, dat in het streven van de mens om zijn natuurlijke mogelijkheden uit te breiden, drie grote ontwikkelingen zijn aan te wijzen:

- Uitbreiding van de lichaamskracht; Eerst met behulp van de kracht van dieren, later met de kracht van wind en water en sinds de vorige eeuw met de inzet van de stoommachine, de

verbrandings- en de elektromotor (de eerste industriële revolutie).

- Uitbreiding van het intellectuele vermogen met computers; Het rekentuig heeft vooral routinematige handelingen van de mens overgenomen en enorme hoeveelheden data toegankelijk gemaakt. Er kan in de laatste decennia van een informatiserings-revolutie worden gesproken.

- Uitbreiding van de zintuiglijke vermogens door middel van sensoren; Kunstmatige zintuigen stellen de mens in staat automatische machines, zoals robots te maken, die ook kunnen waarnemen. Op grond van deze waarneming controleert de machine of het gestelde doel bereikt wordt en stuurt zonodig zelf het proces bij, zonder de noodzaak van corrigerende invloed van de mens.

Prof. Huysing verwacht de grootschalige integratie van de op intelligente sensoren gebaseerde systemen als de invulling van de laatste ontbrekende schakel in het drielukkig: waarnemen (sensoren), verwerken (computer) en handelen (actuatoren). De low-cost, op chip-technologie gebaseerde sensoren zullen dan in grote getale een wezenlijke bijdrage geven aan automatisch geregelde processen, van wasdroger tot verkeersvliegtuig, van naaimachine tot landbouwsput.