

RB

RADIO
BULLETIN

elektronica

Jaargang 59, nr. 10
oktober 1990

magazine

prijs f 6,50/Bfr 180

Thema: sensoren

techniek
onderzoek
applicaties
'smart sensors'

**Ontwerpen:
foutpreventie**

**ASIC's:
soorten en grenzen**

**Meet- en regeltechniek:
signaalbewerking**

**Laboratoria:
universele voeding**

SMARTEC

The background of the entire page is a detailed, high-contrast image of a microchip's circuitry. The traces are a bright yellow-gold color, set against a dark, almost black background. The circuitry is complex, with various rectangular and square patterns, some of which appear to be integrated circuit blocks or memory arrays. The overall effect is a technical and futuristic aesthetic.

Ruisarme functiegeneratoren



De meest complete patronen.

- zeer ruisarm-uitgangssignaal
- 'arbitrary waveforms'

Rohde & Schwarz functiegeneratoren bieden praktisch alle signalen, welke in de huidige electronica-wereld nodig zijn, maar zijn ook geschikt voor trillings- en acoustische metingen en materiaal-testen.

Voor alle toepassingen geldt de bijzonder eenvoudige bediening middels softkey-menu besturing. Standaard is een IEC-bus aanwezig.

IEC 625 Bus IEEE 488



ROHDE & SCHWARZ
NEDERLAND B.V.

Perkinsbaan 1, 3439 ND Nieuwegein
Telefoon 03402-40900



Tel maar eens op...

Wie een beetje kan rekenen koopt z'n actieve componenten bij Malchus. Daar vindt u de grootste merken onder één dak tegen de scherpste prijzen...!

NEC
PHILIPS
SIEMENS

TELEFUNKEN

SAMSUNG

PMI

ABB

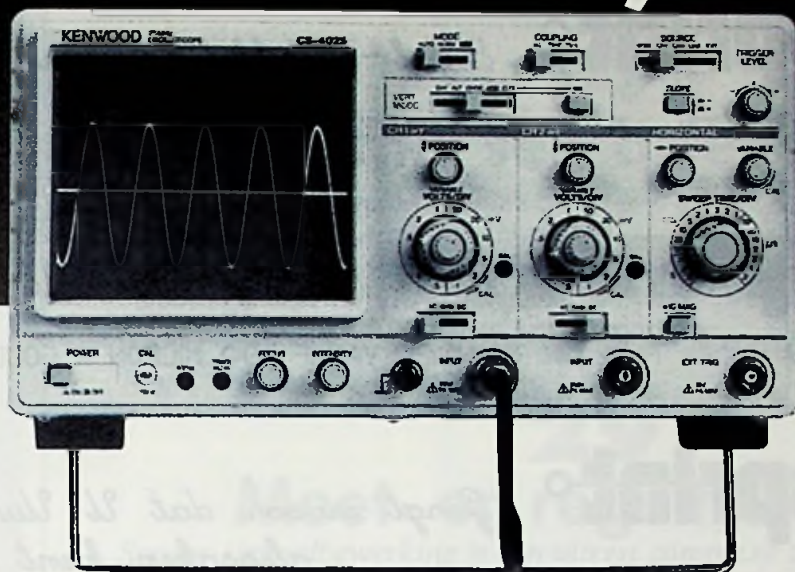
malchus

Levering uit
voorraad
binnen
24 uur

Fokkerstraat 511-513
Postbus 48 - 3100 AA Schiedam

Telefoon 010 - 421 11 11
Telex 21598 - Telefax 010 - 415 44 66

f 979; EX BTW



Kenwood's nieuwe 2-kanals oscilloscoop, type CS-4025, koopt u voor minder dan duizend gulden. Dat is revolutionair, net zoals de hoge kwaliteit door toepassing van de originele Kenwood hybride IC-techniek dat is. Werkelijk een instrument dat op geen enkele werkbank en in geen enkele service-auto mag ontbreken.

Belangrijkste kenmerken

- 2 Kanals.
- 20 MHz.
- Groot beeldscherm 8x10 cm.
- Video triggering.

Vraag met de bon uitgebreide informatie aan of bestel meteen.

Telefoon rechtstreeks 015-609709.

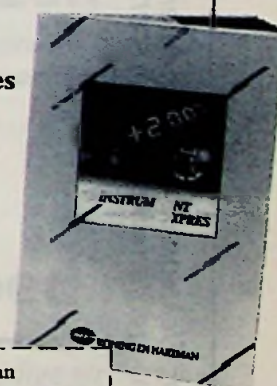
WIN EEN MOUNTAIN BIKE



Kopers van de Kenwood CS-4025 dingen mee naar één van de tien mountain bikes. Bij aflevering van de scoop sturen we een formulier mee dat u kunt invullen. Winnaars ontvangen omstreeks 20 november 1990 bericht. Wacht dus niet te lang met bestellen.

Gratis catalogus instrument-expres

Oscilloscopen, generatoren, multi-meters, counters, voedingen, stroomtangen en andere instrumenten staan duidelijk omschreven in de Instrument-Expres catalogus. Topmerken. Lage prijzen. Stuur de bon in of bel.



- Ik bestel de Kenwood CS-4025 en doe mee aan de mountain bike-actie. Mijn ordernummer is: _____
- Stuur u mij info over de CS-4025.
- Stuur u mij de gratis catalogus.

Naam _____

Functie _____

Bedrijf _____

Afdeling _____

Adres _____

Postcode/Plaats _____

Telefoon _____

Bon in envelop zonder postzegel zenden aan Koning en Hartman. Antwoordnummer 10160, 2600 VB Delft.

KONING EN HARTMAN

TELECOMMUNICATIE EN INDUSTRIELE ELEKTRONICA



KH-ELECTRONICS

protoprint

Per modem aan Uw systeem

CALAY
MARCONI

REDCAT
DASOFT

PADS
SMARTWORK

HP EGS
P-CAD

TANGO
LAYO-1

PCB-TURBO
ULTIBOARD

protoprint

Enkel-, dubbelzijdig en multilayers

BLANK KOPER - LOOD TIN - ZWART OXIDE - SCREEN EN FOTOMASKER - PARTIEEL VERTIND

protoprint

Vlotte levering onder Uv specs

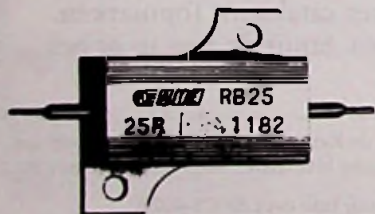
ELK GEWENST AANTAL - FIJNLIJN TECHNIEK VANAF 100 MICRON - GOUD CONNECTORS

protoprint

*Zorgt ervoor dat U Uw
afspraken kunt nakomen!*

AMBACHTSTRAAT 5 - POSTBUS 70 - 2860 AB BERGAMBACHT - TEL 01825 3888 - FAX 01825 4045 - MODEM 01825 4016

Tevens importeur-distributeur voor Elektronica componenten -
Meetinstrumenten - inbouwkasten - gereedschap - comp cards



DRAADGEWONDEN WEERSTANDEN IN ALUMINIUM BEHUIZING, SERIE RB.

Serie draadgewonden weerstanden in aluminium behuizingen voor vele toepassingen, zoals:

- in de industrie in 't algemeen.
- in de auto industrie.
- op plaatsen waar de luchtvochtigheid hoog is.

Verkrijgbaar in 25 Watt (RB25 serie) en 50 Watt (RB50 serie) uitvoering.

Algemene kenmerken:

- geperste aluminium behuizing zorgt voor superieure warmte-geleiding.
- behuizing heeft diepe koelgroeven voor maximale warmte dissipatie bij natuurlijke- of geforceerde luchtkoeling.
- de behuizing heeft een geanodiseerde goudlaagje.
- speciale vormgeving met hoge warmte-geleiding.
- type- en waarde aanduiding blijven zichtbaar na montage.

Specificaties: De weerstanden voldoen aan de eisen van MIL-R-18546D.

Weerstandswaarden: RB25 serie- 0,1R t/m 18K (E24 reeks)
RB50 serie- 1R t/m 68K (E24 reeks)

Tolerantie: $\pm 5\%$.

WILT U MEER WETEN OVER DEZE OF ANDERE PRODUCTEN??
NEEM DAN CONTACT MET ONS OP!!!

T.E.G.

Twentse Electronica Groothandel

De Heurne 32
7511 GW Enschede
Tel. 053 - 300560
Fax 053 - 300358

RB ELEKTRONICA MAGAZINE

Is een uitgave van
De Muiderkring BV,
Hogeweyselaan 227,
Postbus 313,
1380 AH Weesp
telefoon: 02940-15210
telex: 15171 (Kamu)
telefax: 02940-12782

Directie:
Ir. S. Kremer

Hoofdredacteur:
Drs. L. L. R. van Domburg

Vaste medewerkers:
D. Scheper, J. van Emden, H.
Goddijn, J. Richter, J. Smilde,
J. Stuart, Ing. B. Stuurman, Ir.
M. van der Veen, J. Verstra-
ten.

Vormgeving:
J. Oosterdijk.

Advertenties:
H.J. Oiden.

ABONNEMENTEN:
B. Hofman.
Abonnementsprijs per jaar
f.59,95/Bfr. 1200.
Abonnementen worden auto-
matisch verlengd, tenzij uiter-
lijk drie maanden voor het
einde van de opzegtermijn
schriftelijk bericht is ont-
vangen. Vermeld bij corres-
pondentie altijd uw abonnee-
nummer (zie wikkelt).

Typografie:
Zetterij Harm Vonk,
Amersfoort

Druk:
Grafische Bedrijven
Bosch & Keuning, Baarn

Distributie:
Betapress

RB in België:
Redactie & advertenties t.a.v.
RB Elektronica/De Greef,
Postbus 4, 1070 Brussel 7.
Fax.: (2) 5219477.
Abonnementen: V.U.: Steven
van de Rijt, Keesinglaan 2-20,
B-2100 Antwerpen-Deurne.
Tel. 03/324 38 90, telex:
32507 (keesng b). Postreke-
ning: 000-0012775-68

Auteursrecht:
Het geheel of gedeeltelijk over-
nemen, kopiëren of vermenigvul-
digen van in dit tijdschrift gepu-
bliceerde artikelen is uitsluitend
mogelijk na schriftelijke toestem-
ming en met bronvermelding.
Gepubliceerde schakelingen en
software kunnen door een (Neder-
lands) octrooi zijn beschermd.
Toepassing voor persoonlijk ge-
bruik is toegestaan. De uitgever
stelt zich niet aansprakelijk voor
de gevolgen van eventuele fouten.

ISSN: 0165-6104

INHOUD

10

Foutpreventie bij ontwerpen

Ontwerpers hebben te maken met een stijgende tijdsdruk en complexiteit van schakelingen. Hierdoor neemt ook de kans op fouten toe. Deze nieuwe methode voor foutpreventie biedt meer zekerheid bij het ontwerpproces.

14

Thema: sensortechniek

Het thema over sensortechniek bevat een aantal artikelen met o.a.: een overzicht van de ontwikkelingen en mogelijkheden van (intelligente) sensoren, uniek onderzoek aan stromingssensoren, applicaties met geïntegreerde temperatuur sensoren en de primeur van een 'smart' temperatuursensor.

29

Meet- en regeltechniek

Sensor-signaalbewerking is een uiterst complexe zaak. Het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium heeft daar een eigen oplossing voor. In de nieuwe rubriek 'Meet- en Regeltechniek' starten we met een artikel over deze toepassing voor windtunnelmetingen.

36

ASIC's: soorten en grenzen

In de serie 'Overleven met ASIC's' wordt dit maal het keuzeproces gevolgd met de mogelijkheden van 'echte' ASIC's: full-custom IC's, macro cell IC's, standard-cell IC's en gate-array/sea-of-gates.

42

Laboratoria: universele voeding

Geen laboratorium-opstelling is compleet zonder goede voeding! Dit ontwerp van een universele voeding voldoet aan de huidige strenge eisen met 0-40 V bij 0 tot 1,5 A en digitale indicatoren!

EN VERDER:

Redactioneel: _____	7
Varianieuws: _____	9
Electronic Mail, lezersforum: _____	21
Ins & Outs: _____	41
Tools: _____	48
Componentennieuws: _____	49
Meetnieuws: _____	50
RB volgende maand & Agenda: _____	52

Cover:
Detailopname van de 'smart' temperatuursensor van Smartec.

CORD SWITCH



- Van drukgevoelig rubber tussen gevlochten koperen inlagen.
- Grote flexibiliteit.
- Water- en oliebestendig.

MEER
INFORMATIE?



03455-75247

ADINCO BV

Postbus 90, 4190 CB Geldermalsen, Holland
Telefoon 03455 - 75247, Telefax 03455 - 75178

TK6 CONNECTORKIT VOOR DE INSTALLATEUR

Glasvezel connectors binnen 3 minuten gemonteerd, zonder lijmen of polijsten.*)

Bel Tekelec voor complete documentatie.

*) aan Ensign-Bickford HCS glasvezelkabel.

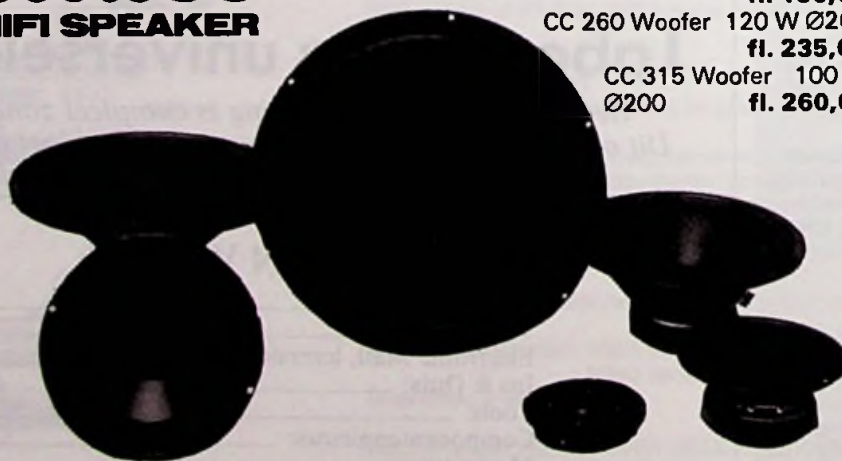


Industrieweg 8A - Postbus 63 - 2700 AB Zoetermeer
Telefoon 079-310100 - Fax 079-417504 - Telex 33332

CC-line

Peerless HIFI SPEAKER

CC 10 Tweeter	100 W Ø105	fl. 139,00
CC 146 Squawker	150 W Ø146	fl. 145,00
CC 180 Woofer	90 W Ø180	fl. 170,00
CC 220 Woofer	100 W Ø220	fl. 190,00
CC 260 Woofer	120 W Ø260	fl. 235,00
CC 315 Woofer	100 W Ø200	fl. 260,00



AMROH

Postbus 370
1380 AJ Weesp
02940-15350

Super HiFi Sound

Luidsprekers uit de CC-line onderscheiden zich door

- * sterke onderdrukking van vervorming (speciaal de 2e harmonische)
- * unieke constructie van spoel en magneet
- * inductie-controle schakeling in combinatie met nieuw conusmateriaal en chassis-ophanging

INTELLIGENTE SENSOREN

Ogen, oren, neus, tong en huid zijn voor de mens de sensoren die signalen uit de omgeving doorgeven aan het centrale zenuwgestel. Als ergens een storing optreedt, bijvoorbeeld door verkoudheid, dan missen we een hoop indrukken en mogelijk waarschuwingen. In het ergste geval wordt dan gesproken van 'sensorische deprivatie', ofwel het geheel verstoken zijn van elke vorm van zintuiglijke prikkeling.

In industriële processen is de rol van sensoren bijna hetzelfde. Als een link tussen de analoge wereld van temperatuur, druk, stroming, snelheid en andere fysische variabelen en de digitale wereld van processoren zijn sensoren de meest bepalende faktor in de reactiesnelheid van elektronische systemen.

Sensoren zijn de voelhorens van de technicus en de onontbeerlijke schakels tussen de meetapparatuur en het inwendige van een machine of proces. Net als bij de mens kan de sensor echter de zwakke schakel zijn in het meet- en regeltraject.

De vooruitgang in sensortechnologie heeft de groei van toepassingsmogelijkheden en nieuwe markten gestimuleerd. Hoofdfactor hiervoor was de toegenomen beschikbaarheid van analoge elektronische componenten gedurende het laatste decennium. Maar nog belangrijker was de ontwikkeling van digitale micro-elektronica met name de daling van de prijzen van microprocessoren. Veel nieuwe sensortoepassingen zijn tegenwoordig direct ingegeven door ontwerpers van microprocessor-gebaseerde producten die kosten-effektieve oplossingen zoeken om een microprocessor interface met de (analoge) omgeving van druk, stroming e.a. te maken. Deze ontwerpers hebben behoefte aan een sensorpakket op componentniveau en met prijzen die compatibel zijn met die van microprocessoren. Dankzij nieuwe produktietechnologieën werd dit mogelijk.

Binnen de totale markt voor sensoren is er een duidelijke verschuiving richting silicium sensoren. Silicium sensoren en microsystemen kunnen volop profiteren van de grote voorraden (silicium) en technologieën die voor massa-productie van micro-elektronica (processoren, geheugens, e.a.) reeds zijn ontwikkeld. Nieuwe technologieën ('micromachining' en 'VLSI processing') en integratie-niveaus bereiden de weg voor kleinere sensorchips met meer functies.

Er is veel gebeurd tussen het moment van de eerste succesvolle toepassing van silicium met de toepassing van het 'piëzoresistance effect' in sensoren door C.S. Smith van Bell Laboratories, in 1954, en de introducties van 'smart' sensors van vandaag.

In 1975 betrof het marktaandeel van silicium sensoren nog slechts 3%, in 1980 16%, in 1985 40% en nu maar liefst al 60%!

Naast traditionele markten (met name luchtvaart en militaire toepassingen, maar ook in de auto-industrie, medische techniek en procesautomatisering) zijn er nieuwe markten ontstaan op gebied van consumenten, huishouden, klimaatregeling, recreatie en toch ook in de auto-industrie. Een moderne auto bevat tegenwoordig gemiddeld twee tot vijf sensoren.

Begin jaren 80 leidden initiatieven van pioniers als IC Transducers, National Semiconductor, Honeywell Microswitch en Kulite Semiconductor tot de eerste succesvolle consumententoepassing: de bloeddrukmeter. Sindsdien is er een sterk marktpotentieel ontstaan voor sensoren, zoals mag blijken uit diverse feiten: de sensor is een handelsartikel geworden; het toenemende integratie-niveau van sensoren drukt de kosten; de eerste grote markten worden gecreëerd en grote Japanse fabrikanten (Hitachi, Nippon Denso, NEC, Toshiba, Fujikura) doen hun intrede op de markt. Momenteel groeit de markt voor sensoren wereldwijd zo'n 10-15% en ook in de jaren negentig zal dit doorzetten.

Microsensoren zullen de komende jaren als sensorsystemen op de markt worden gebracht. Daarin zorgen geïntegreerde microprocessoren voor een stuk intelligentie en doet de 'smart' sensor zijn intrede.

De snelle ontwikkelingen op sensorgebied zijn reden om hier een speciaal thema aan te wijden. Een extra vermelding verdient hier de nieuwe rubriek 'Meet- en Regeltechniek' die, met een artikel over sensor-siginaalbewerking aan het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium, eveneens aan dit thema is gewijd.

Rogér van Domburg



NIEUWE ABONNEMENTSPRIJZEN RB ELEKTRONICA

In verband met de sterke kwaliteitsverbetering en de jaarlijkse inflatiecorrecties zal het jaarabonnement op RB Elektronica met ingang van 1 januari 1991 worden verhoogd tot f. 72,—.
In de losse verkoop zal RB Elektronica f. 7,50 gaan kosten en het dubbelnummer f. 11,—.

Trouw wordt beloond.

Huidige abonnees worden beloond voor hun trouw. Zij betalen geen f. 72,—, maar f. 66,—.
Kopers van losse nummers kunnen via de prijspuzzelpagina, elders in dit blad, zich tot 31 december 1990 nog voor de "trouwe lezers prijs" abonneren voor f. 66,—.

Studenten.

Studenten betalen in 1991 een gereduceerd tarief van f. 55,— bij overlegging van een fotokopie van het bewijs van inschrijving (studentenkaart) bij de betreffende onderwijsinstelling.

RBelektronica
magazine

het vakblad voor eenieder, die zich
beroepsmatig praktisch bezighoudt
met elektronica.

EASYSTART 3.0

Met één druk op de knop doet uw PC wat u wilt.

EASYSTART 3.0 voorkomt tijdverlies door lastige DOS-commando's.
De DOS-opdrachten worden overzichtelijk en begrijpelijk ondergebracht in menu's.

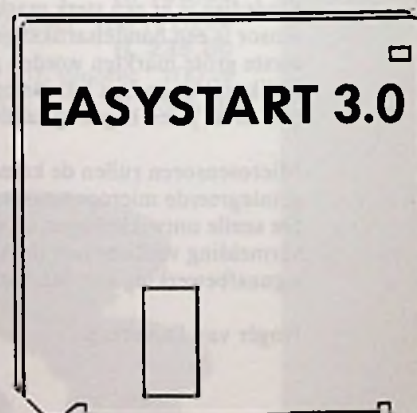
EASYSTART 3.0 blijft niet aanwezig in het werkgeheugen van uw PC, waardoor u meer "bewegingsvrijheid" heeft in andere programma's.

Na afloop van een programma springt EASYSTART 3.0 weer in beeld.

EASYSTART 3.0

- * Nederlandstalig programma met ingebonden gebruikershandleiding
- * Eenvoudig onderbrengen van programma's en DOS-opdrachten
- * Gebruikersvriendelijke omgeving met pop-up menu's en vensters
- * Blijft tijdens het uitvoeren van een optie niet in het geheugen
- * Toetsenbordcontrole beveiligt uw beeldscherm tegen inbranden
- * Menu's kunnen in elkaar gebouwd worden, tot vijf niveau's diep
- * De onderste regel van het scherm vertelt u altijd wat u moet doen
- * Help-functie, die informatie geeft over de diverse mogelijkheden
- * Systeeminformatie met technische gegevens over uw hardware
- * Easystart ondersteunt zowel monochroom-, kleur-, als LCD-schermen
- * Leverbaar op 3,5 inch en 5,25 inch diskettes

EASYSTART 3.0



EASYSTART 3.0

fl. 67.50 (inclusief b.t.w. en portokosten)

Te bestellen in:

Nederland:
De Muiderkring B.V.
Postbus 313
1380 AH Weesp
02940-15210

België:
De Muiderkring/De Greef
Postbus 4
1070 Brussel 7
02-3453918

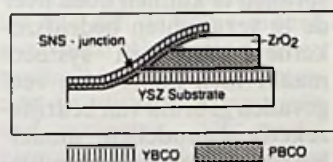
SUPERGELEIDING BREDER TOEPASBAAR

Aan de Universiteit Twente is men er als een van de eersten ter wereld in geslaagd een Josephson Junctie te fabriceren van de keramische supergeleider YBaCuO. Bovendien is de vakgroep Lage Temperaturen erin geslaagd als eerste deze junctie te gebruiken voor een dc-SQUID, een supergeleidende sensor die heel gevoelig is voor magnetevelden. Juist deze eerste toepassing, het SQUID, is het bewijs van een werkelijke Josephson junctie.

Een Josephson junctie vervult in supergeleidende elektronica dezelfde rol als de transistor in de halfgeleider elektronica. Doordat koeling bij een hogere temperatuur mogelijk is (-196 °C) dan bij klassieke supergeleiders (-269 °C) kan stikstof gebruikt worden in plaats van vloeibaar helium. Stikstof is een standaard koelmiddel in industrie en ziekenhuizen.

Prof. dr. H. Rogalla van de vakgroep Lage Temperaturen is optimistisch over de toepassingsmogelijkheden, al is hij bescheiden van mening: "We verwachten geen Nobelprijs, maar voor de wetenschap is het een leuk resultaat. Het is echt teamwork

Links een schets van de Josephson-junctie met rechts het bewijs, een SQUID.



geweest, waardoor we met deze vinding (weliswaar slechts enkele weken) voor zijn op onze buitenlandse collega's." De wetenschappelijke ontwikkeling is voor hem belangrijker dan de commerciële: "We hebben geen patent aangevraagd, want dan mag je een half jaar lang niet publiceren. Het is primair de bedoeling het wetenschappelijk denken hierover te stimuleren."

Naast het meten van magnetevelden zijn andere toepassingen mogelijk van het dc-SQUID zoals 'sample and hold'-schakelingen en supercomputers. Een 'sample and hold' schakeling wordt gebruikt om zeer snelle analoge signalen te bemonsteren en vertraagd weer te geven, zodat het signaal kan worden weergegeven op een beeldscherm. In de VS bestaat reeds een dergelijk werkend exemplaar.

Omdat de overgangstemperatuur (T_c) hoger is, kan er 20x sneller geschakeld worden en kan het SQUID als een vasterker beschouwd worden. Overigens komt er in het kader van ESPRIT een samenwerking met Philips en Thomson om de toepassingen van deze junctie nader te onderzoeken.



1e ELEKTRON TROFEE UITGEREIKT

De eerste Elektron trofee, met een prijs van f 25.000,-, werd tijdens de Firato uitgereikt aan Technika 10. De trofee is een initiatief van de educatieve Stichting het Elektron ter bevordering van de belangstelling voor opleidingen op het gebied van elektronica en informatica.

De doelstelling van Technika 10 sluit hier nauw op aan. Zij beoogt namelijk een stimulans te geven voor de belangstelling en creativiteit van meisjes van 10-12 jaar op gebied van de techniek en natuurwetenschappen. Als het aantal vrouwen met een

technische opleiding niet snel stijgt, zal er op de arbeidsmarkt een ernstig tekort ontstaan aan technisch geschoolde mensen.

Technika 10 anticipeert hierop met haar netwerk van technische clubs voor meisjes, onder leiding van vrouwen. Sinds de oprichting in 1986 zijn er inmiddels 30 plaatselijke afdelingen, met ruim 80 clubs en ruim 3000 deelnemers per jaar.

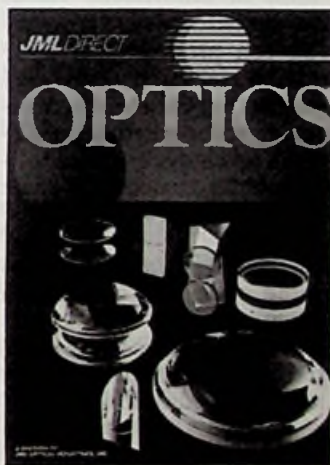
Juist door de basis van vrijwilligheid is die prijs een welkome stimulans voor de activiteiten van Technika 10.

CATALOGI

* Bij **Hartmann & Braun** is een Duitstalige catalogus verschenen over haar draagbare meetinstrumenten, waaronder multimeters, stroomtangen en calibratie-apparatuur. Tel.: 015-158055.



* **Te Lintelo Systems B.V.** introduceert de nieuwe direct Optics catalogus van JML, met o.a. achromaten, spiegels, prisma's, filters en cilindfers. Tel.: 080-782242.



* **Bourns Benelux B.V.** heeft de eerste instelpotentiometer catalogus op floppy uitgebracht met informatie over ± 8600 standaard Bourns trimmer typenummers. Tel.: 070-3874400.



FIRMANIEUWS

* **Siemens** en **BB-Data** gaan samenwerken op het gebied van de Computer Aided Software-engineering (Case).

* **Simac Electronics** vertegenwoordigt sinds kort het electronic mail systeem Retex-Mail in Nederland.

* **Inducum Systems BV** heeft een overeenkomst gesloten met **Diode** voor levering van Motorola VMEbus boards.

* **Chip Market Europe**, gespecialiseerd in rechtstreekse import en distributie van geheugen-chips en co-processors, is sinds 1 augustus gevestigd in Eindhoven (tel. 040-461765).

* **Malchus** is met haar ISO-9003 kwalificatie de eerste Nederlandse distributeur die geheel met deze norm zal werken.

* **Klaasing Electronics BV** heeft de exclusieve vertegenwoordiging verkregen van **Intersonde**, leverancier van, op het rekstrookprincipe gebaseerde, drukopnemers.

* **Te Lintelo Systems** vertegenwoordigt **ADLAS** voor diode gepompte Yaglasers.

* Sinds kort heeft **ULTIMATE Technology** een Belgische vestiging, in Mechelen, tel. (09-32-0)15-401895.

* **Plessey Materials**, overgenomen door **GEC Marconi Materials (VK)**, heeft de vertegenwoordiging voor de Benelux toebedeeld aan **AirParts International**.

* **Tektronix Holland NV** heeft voor haar kwaliteitssysteem - voor het ontwikkelen en produceren van test- en meetinstrumenten en meet-systemen - een certificaat ontvangen volgens de ISO 9001 norm.

* **SUN Microsystems**, fabrikant van UNIX systemen en werkstations, is een samenwerking aangegaan met **KH-Services** van **Koning & Hartman**.

* **Gematica**, onderdeel van de **Getronics Groep**, is een nieuwe service-organisatie voor PC's, computerrand-apparatuur en netwerkproducten.

* **Amtor Electronics** te Oss heeft de exclusieve vertegenwoordiging voor Nederland verkregen voor **Owen** programmeer-apparatuur.

Nieuwe methode voor foutpreventie tijdens ontwerpproces

Foutpreventie op de ontwerptafel

De complexiteit van de huidige generatie schakelingen en de tijdsdruk op ontwerpteams nemen toe. Traditionele bedrijfszekerheidsverificatie technieken voldoen daardoor steeds minder. Aan de Universiteit Twente is een nieuwe methode ontwikkeld om reeds vroeg in het ontwerpproces van elektronische schakelingen te komen tot een gedetailleerde prediktie van mogelijke bedrijfszekerheidsproblemen.

Bedrijfszekerheidsanalyse is een discipline die traditioneel met name daar wordt toegepast waar aan bedrijfszekerheid extreme eisen worden gesteld. Men kan hierbij denken aan bijvoorbeeld elektronische schakelingen toegepast in de militaire sector, in de medische wereld en in andere traditionele „high-rel” toepassingen. Belangrijke nadelen van de traditionele bedrijfszekerheidsanalyse zijn het feit dat berekeningen vaak zeer onnauwkeurig zijn en het feit dat de berekeningen veelal gebruikmaken van modellen gebaseerd op faalgegevens van enkele jaren geleden. Dit maakt de traditionele methode slechts geschikt voor die gevallen waar hoge eisen worden gesteld aan nauwkeurigheid van de berekening.

De hier beschreven methode is een nieuwe aanpak voor bedrijfszekerheidsanalyse en -optimalisatie waarbij de fysieke faalmechanismen in componenten centraal staan. Deze nieuwe methode is ontwikkeld aan de Universiteit Twente in nauwe samenwerking met Philips Consumer Electronics. Doel van de methode is reeds vroeg in het ontwerpproces van elektronische schakelingen te komen tot een gedetailleerde prediktie van mogelijke bedrijfszekerheidsproblemen. Tevens bevat de nieuwe methode mogelijkheden voor verregaande bedrijfszeker-

heidsoptimalisatie reeds tijdens de voorontwerpsfase.

Kwaliteitsfactoren

De beslissing tot aanschaf van een produkt kan door velerlei factoren beïnvloed worden, bij voorbeeld vormgeving en hoeveelheid reclame. Veel eindgebruikers hebben echter gemeen dat ze de volgende eisen stellen:

- het produkt moet functioneren ofwel voldoen aan de specificaties,
- het produkt moet een zekere tijd blijven werken ofwel het moet bedrijfszeker zijn,
- de prijs van het produkt dient gunstig te zijn.

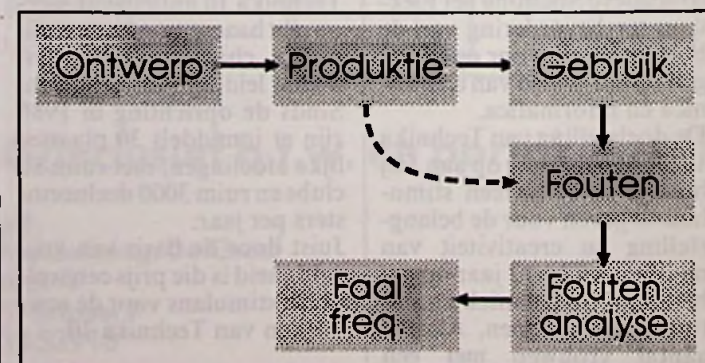
De eerste twee eisen worden vaak samengevat onder de term 'kwaliteit'. De mate waarin de bovengenoemde eisen voor verschillende produkten gelden, verschilt natuurlijk van geval tot geval. Maar voor veel goederen is de laatste tijd een verschuiving te zien in de mate waarin kwaliteits- en kostenaspecten bijdragen in de besluitvorming van kopers bij het kiezen van een bepaald produkt. Voor, met name, veel elektronische produkten geldt als bijkomende eis dat de ontwerptijd wegens marktdruk zeer sterk wordt bekort. Met als direkt gevolg dat met name de kwaliteitsaspecten van veel produkten onder sterke druk komen te staan.

Een groot probleem hierbij is echter het feit dat juist deze kwaliteitsaspecten vaak laat in het ontwerpproces beoordeeld kunnen worden. Men dient immers, in veel gevallen, eerst over een functionerend prototype te kunnen beschikken voor men kan beoordelen of het produkt in alle details aan de gestelde kwaliteits-eisen voldoet. En worden er aan de hand van een dergelijk prototype problemen geconstateerd dan is de weg terug naar de tekentafel vaak moeizaam. Vandaar dat er een sterke noodzaak bestaat om te komen tot vormen van kwaliteitsprediktie bruikbaar in de vroege fases van het ontwerpproces. Men verandert immers op het tekenbord (of via het toetsenbord) sneller een produkt dan tijdens de fabricage.

Traditionele bedrijfszekerheid

De meest bekende manier om kwaliteitsaspecten van een systeem te bepalen is het *gebruiken* van een systeem. Blijkt uit dit gebruik dat een systeem op een zeker moment niet aan al haar eisen voldoet dan wordt er gesproken van een fout. Nadere analyse van het gefaalde systeem en van de condities waaronder het systeem gefaald, is geven

Fig. 1 Analyse van praktische fouten.

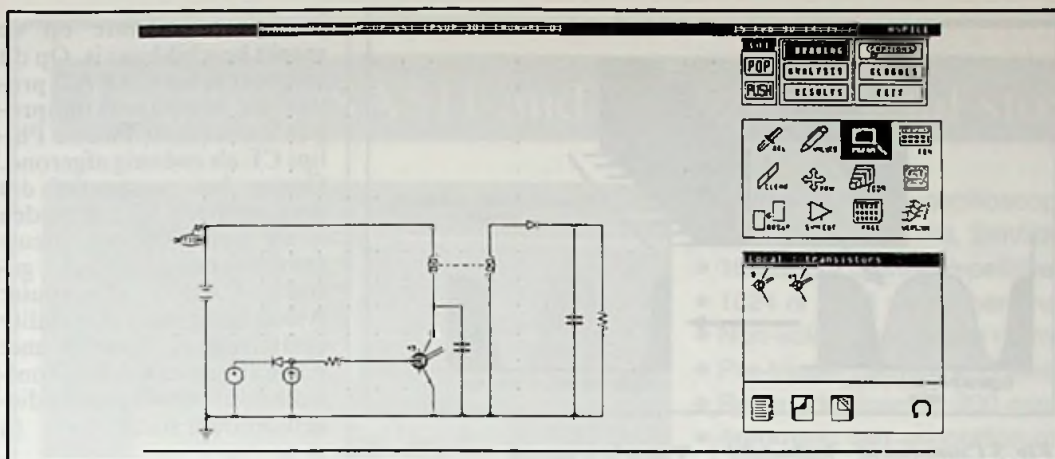


nadere informatie over de oorzaak van dit falen. Uit statistische verwerking van fouten opgetreden binnen een grote serie (identieke) systemen kan men vervolgens een beeld verkrijgen van het gedrag van een dergelijke serie (fig. 1).

Nadeel van deze methode is de grote hoeveelheid tijd die verstrijkt tussen het ontwerpen van een systeem en de statistische evaluatie van het faalgedrag ervan. In de ontwerpfase zijn dergelijke gegevens in het algemeen niet beschikbaar.

Er zijn diverse voordelen in het toepassen van bedrijfszekerheids-analyse en -optimalisatie tijdens de ontwerpfase van elektronische circuits en systemen. Ten gevolge van de toenemende complexiteit van de huidige generatie schakelingen en de toegenomen tijdsdruk op de ontwerpteams heeft het gebruik van traditionele bedrijfszekerheidsverificatie technieken diverse nadelen. Technieken als burn-in en analyse van veldfouten kosten in het algemeen te veel tijd terwijl niet verzekerd is dat daadwerkelijke probleemorzaken ook werkelijk gevonden worden. Wil men daarom bedrijfszekerheid reeds in het ontwerpproces toepassen dan dient men gebruik te maken van een vorm van reliability-simulatie of -prediktie.

Om op een eerder tijdstip uitspraken te kunnen doen over de te verwachten bedrijfszekerheid van een systeem maakt men daarom in veel gevallen gebruik van bedrijfszekerheidsmodellen; modellen die een relatie leggen tussen systemen, de toepassing ervan en de te verwachten bedrijfszekerheid. Gegevens, nodig voor het opstellen van dergelijke modellen, worden verkregen uit praktische faalgegevens en gegevens gekregen door middel van verzwaard testen van systemen

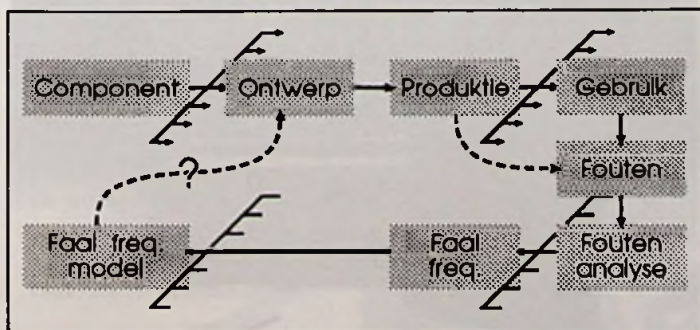


Schermvoorbeeld. Met behulp van een aantal simpele, menu-gestuurde handelingen kan de ontwerper de bedrijfszekerheid van de schakeling reeds in de voor-ontwerpfase realiseren.

(hogere temperatuur, duurproef en dergelijke).

Nadeel van deze methode is dat de verkregen gegevens alleen van toepassing zijn op onderling vergelijkbare systemen en in veel gevallen te laat beschikbaar komen om van nut te zijn in het ontwerpproces. Om dit probleem te voorkomen probeert men sinds de jaren zestig bedrijfszekerheids modellen af te leiden op het niveau van elektronische componenten. Deze componenten bedrijfszekerheidsmodellen bieden een relatie tussen de faalfrequentie en de toepassing van een component. De gegevens, gebruikt bij het opstellen van een dergelijk model, zijn veelal afkomstig van een veelheid van fouten opgetreden in diverse categorieën van systemen. Als gevolg hiervan zijn de modellen vaak zeer breed maar weinig gedetailleerd. Vaak wordt de bedrijfszekerheid van een component bepaald door de toepassingscategorie (bijvoorbeeld schakelend of analoog), de gemiddelde vermo-

Fig. 2 Component faalmodel afgeleid uit praktijk fouten.



gensdissipatie (bijvoorbeeld $0 < P < 1$ W of $P > 1$ W) en de gemiddelde omgevingstemperatuur. De vraag is in hoeverre deze modellen bruikbaar zijn in het ontwerpproces van nieuwe schakelingen (fig. 2).

Nadeel van de huidige generatie bedrijfszekerheidspredictiemethoden (failure rate predictie, MTBF berekeningen, etc.) is dat deze methoden een vrij grote onnauwkeurigheid bezitten (verschillen tussen praktijk en voorspelling van een factor 100 zijn geen uitzondering). Tevens bieden deze methoden in het algemeen weinig houvast met betrekking tot ontwerpparameters. De meeste traditionele predictiemethoden beschrijven de bedrijfszekerheid van een component als functie van de gemiddelde belasting. Hierbij wordt geen onderscheid gemaakt tussen individuele componenten of circuits binnen een serie.

Eerder onderzoek, onder andere binnen dit onderzoeksproject, laat zien dat verschillen tussen de praktijk en de voorspelde bedrijfszekerheid nauw gerelateerd zijn aan de in een circuit optredende dynamische belasting. Ten gevolge van tolerantie effecten kunnen, binnen een serie systemen, ook grote verschillen in individuele dynamische belasting optreden.

Ook in de vatbaarheid van individuele componenten voor diverse belastingsvormen kunnen grote verschillen optreden.

Stressor/susceptibility analyse

Vanuit dit perspectief is er in 1986 bij de faculteit Elektrotechniek van de Universiteit Twente in Enschede, in samenwerking met Philips Consumer Electronics in Eindhoven, een project genaamd CARAD (= Computer Aided Reliability Analysis and Design) gestart met een tweeledig doel:

- het ontwikkelen van methodieken voor bedrijfszekerheidsanalyse, bruikbaar in de vroege fases van het ontwerpproces,
- het ontwikkelen van computer ondersteunde bedrijfszekerheidsanalyse programma's die gebruik maken van bovengenoemde methodieken.

Om de bruikbaarheid van een en ander te kunnen aantonen wordt er bij dit project intensief met de industrie samengewerkt. De in Enschede ontwikkelde methodieken worden toegepast op praktische industriële schakelingen in nauwe samenwerking met de ontwerpers van deze schakelingen. Aldus is het mogelijk om de gebruikte methodieken aan te passen aan de in de industrie gebruikelijke ontwerpmethoden.

Voor verificatie van de binnen CARAD gebruikte methodieken en modellen is het nodig dat de met behulp van CARAD geanalyseerde circuits in een voldoende grote hoeveelheid geproduceerd

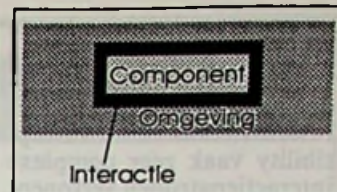


Fig. 3 Interactie tussen component en omgeving bepaalt de fouten.

worden om een statisch verantwoorde terugkoppeling te krijgen. Binnen dit project worden met name circuits geanalyseerd die door Philips Consumer Electronics worden toegepast binnen video cassette recorders, (VCR's). De hoeveelheid geproduceerde circuits is dermate groot (ongeveer 2.000.000 stuks per jaar) dat verantwoorde verificatie mogelijk is.

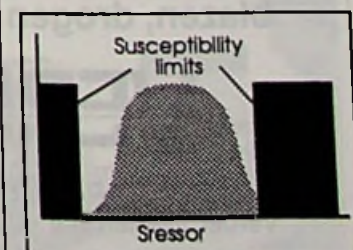
Een en ander heeft geresulteerd in een nieuwe methode van bedrijfszekerheidspredictie genaamd stressor/susceptibility analyse. Zoals de naam al aangeeft, staan bij deze methode twee aspecten centraal:

- het optreden van (combinaties van) belastingsfactoren (of stressors) die kunnen leiden tot het falen van een component,
- de vatbaarheid (of susceptibility) van een individuele component voor (veranderingen van) combinaties van belastingsfactoren.

Essentieel verschil met bestaande methoden is dat niet *top-down* wordt gewerkt zoals in veel traditionele methoden maar *bottom-up*. Faalkansen worden niet berekend voor categorieën van systemen maar voor enkelvoudige schakelingen, opgebouwd uit individuele componenten. Een sterk vereenvoudigd voorbeeld is geschetst in figuur 4.

Voor een individueel circuit wordt de kans berekend dat (combinaties van) stressors een bepaalde susceptibility

Fig. 4 Faalkans bepaald door mate van interactie.



limiet overschrijden. In de praktijk is de benadering volgens figuur 4 niet voldoende daar de interacties tussen stressoren en susceptibiliteit vaak zeer complexe interactiepatronen vertonen. De statistische eigenschappen van een grote serie systemen worden afgeleid met behulp van Monte Carlo analyse. Dit houdt in dat men herhaald de stressor/susceptibiliteit interactie van een willekeurig (random gegenereerd) circuit berekent. De eigenschappen van de random gegenereerde circuits zijn zodanig dat, mits men de simulatie voldoende vaak herhaalt, een statistisch verantwoord beeld van de hele populatie ontstaat. Men kan, dankzij deze simulatietechniek, eenvoudig bepalen bij welke circuits met welke parametercombinaties de kans op falen maximaal is. Tevens kan men vaststellen hoe ver men, ook binnen grote series, van bepaalde faalgrenzen verwijderd is. Dankzij deze gegevens is men in staat de afstand tot faalgrenzen te vergroten en de gevoeligheid van een circuit voor bepaalde veranderingen te verkleinen.

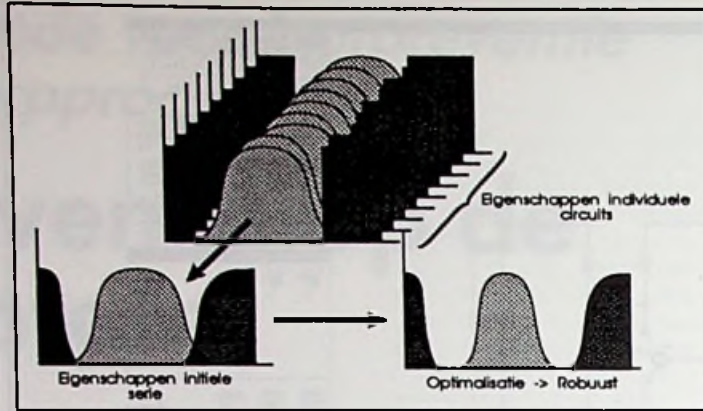


Fig. 5 Component faalmodel afgeleid uit praktijk fouten.

Men is in staat een circuit robuust te ontwerpen (fig. 5). Het gebruik van stressor/susceptibiliteit analyse als methode voor bedrijfszekerheids-optimalisatie is bijzonder aantrekkelijk omdat, zoals in dit onderzoeksproject is bewezen, via deze methode reeds gedurende de voorontwikkelingsfase een gedetailleerd beeld ontstaat van mogelijke optredende problemen. Dankzij deze methode kunnen in een relatief korte tijd schakelingen met een relatief hoge bedrijfszekerheid ontworpen worden.

Toekomst

Op dit moment wordt binnen de UT aan het CARAD project gewerkt door ongeveer drie mensen. Binnen Philips zijn ongeveer twee mensen full-time met dit project bezig terwijl een groot aantal andere mensen adviseert. Op dit moment is een prototype beschikbaar van een softwarepakket waarin het mogelijk is stressor/susceptibiliteit analyse uit te voeren. Dit softwarepakket is ontwikkeld in nauwe samenwerking met het softwarebedrijf ISL in London. Verwacht wordt dat op termijn van ongeveer een

jaar deze software op de markt beschikbaar is. Op dit moment is het CARAD project als samenwerkingsproject Universiteit Twente Philips CE als zodanig afgerond. Gezien het perspectief dat deze methode lijkt te bieden is in mei 1990 een nieuw samenwerkingsproject gestart, CAIRO (Computer Aided Integrated Reliability optimization) waarbij met name de binnen CARAD ontwikkelde ontwerpmethodieken centraal staan. □

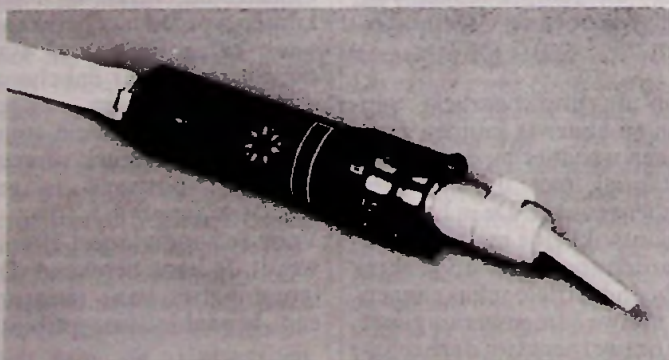
Voor nadere inlichtingen betreffende het CARAD/CAIRO project:

*Dr. Ir. A. C. Brombacher
Faculteit Elektrotechniek
Universiteit Twente
Postbus 217
7500 AE Enschede
Tel: 053-892788*

*Magnetic Recording Lab
(Gebouw SFJ2)
Philips Consumer Electronics
Postbus 218
5600 MD Eindhoven
Tel: 040-732380*

LEISTER BENELUX CENTRUM

Technologie in hete lucht!



**Voor krimpen, lassen, desinfecteren,
blazen, drogen, afbranden etc.**

**VEDDED
VERDER** ▶

Verder Belgium p.v.b.a.: 03-353 33 36 (Fax: 353 36 50)
Verder Vleuten B.V.: 03407-9250 (Fax: 3975)

LET 'S TANGO

COMPUTER AIDED DESIGN
FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

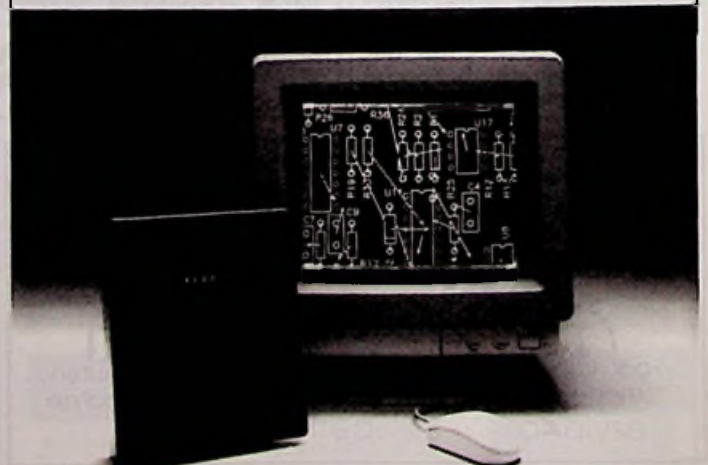
Komplete lowcost CAD software voor de PC van ACCEL Technologies.

Vraag om documentatie of één van onze DEMO-pakketten !!

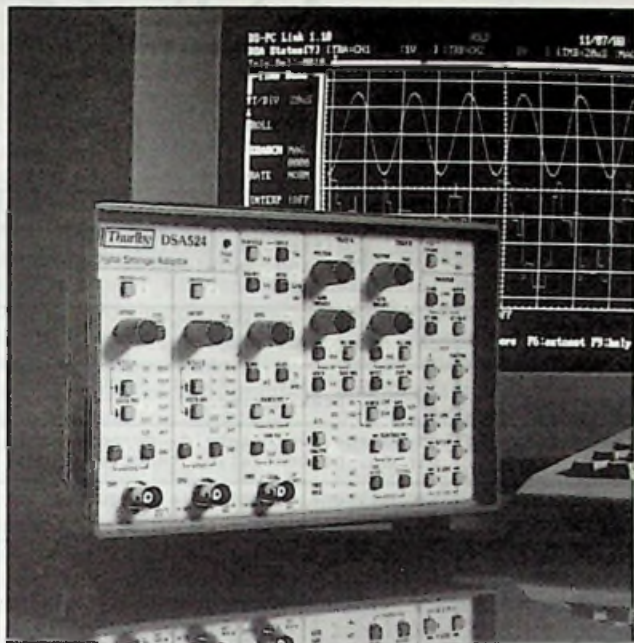
Geheel vrijblijvend

- | | |
|--|---------------------------------------|
| ☛ Schema's tekenen | TANGOSchematic |
| ☛ Print ontwerp | TANGOPCB (-PLUS) |
| ☛ Autorouting | TANGORoute (-PLUS) |
| ☛ SMD toepassing | TANGOSMT PLUS |
| ☛ Programmable logic design, test, simulatie | TANGOPLD |
| ☛ Digitale simulatie | for PAL, PLD, PLA etc.
SUSIE(-TIM) |

Inlichtingen: Alopex Elektronica, Voorburg.
Tel. 070 - 3855705, Fax 070 - 3851293



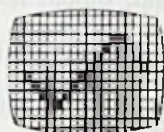
Thurlby DSA511 and DSA524 digital storage adaptors



- Connects to any oscilloscope via a single cable
- Dual input channels, 2mV/div sensitivity
- 10MS/s or 35MHz repetitive event bandwidth
- 1024 or 4096 words per channel recording memory
- Non-volatile waveform memories, 4 or 16
- Pre-trigger capture and sweep delay system
- Roll mode down to 200 minutes per division
- Automatic text annotation of CRT screen
- RS-232 interface standard, IEEE-488 optional
- Output to various printers and plotters
- Digital averaging and multiplication (DSA524)
- Cursor measurement with screen readout (DSA524)

DS-PC Link

- High resolution colour display
- Full remote control of the DSA
- Disk based storage of waveforms
- Cursors with dV, dT and I/dT readout



DE GREEF
ELECTRONICS

Aa Kaai - 1E Quai d'Aa
1070 Bruxelles - Brussel
Tél. (02)5214190 - Télax 24616 - Téléfax (02)5219477

6969

Studeren doe je bij de specialist.

De ontwikkelingen in de elektronica en de informatica gaan zo snel, dat bijblijven voortdurend geboden is. Met een cursus van Dirksen opleidingen bijvoorbeeld, de specialist in informatica en elektronica.

Je kunt bij Dirksen kiezen uit schriftelijke en mondelinge opleidingen. Maar wat je ook kiest, je wordt altijd perfect voorbereid op het examen en de praktijk.

Als je nu even belt, of de bon instuurt, kan je binnen zes maanden al een waardevol diploma op zak hebben!

NIEUW: Dirksen Tele-Educatie. Studeren via de PC met directe huiswerkcorrectie en contact met docent en medecursisten. Nu mogelijk voor PDI en AMBI-opleidingen. Uitgebreide informatie in de studiegids.

Dirksen opleidingen is erkend door de Minister van Onderwijs en Wetenschappen.

Informatica

- PDI - Praktijkdiploma Informatica
De praktijkgerichte opleiding op MBO-niveau. Na de basismodulen MG.1, MG.2 en MG.3 kun je kiezen uit MD.1, MD.2, MP.1, MP.2, MV.1, MV.2, MV.3, MA.1 en MA.2.
- AMBI-modulen
De hoog gewaardeerde en veelgevraagde opleiding op HBO-niveau. Gestart kan worden met HE.0, HE.1, HE.2 en HP.6, in voorbereiding zijn HS.1 en HB.1.
- FIO - Functiegerichte Informatica Opleidingen
Functie-opleidingen - op basis van korte modulen tot applicatieprogrammeur, applicatiebeheerder, assistent gegevensbankbeheerder en beheerder kleine systemen.

Elektronica

- Opleidingen voor erkende diploma's op een groot aantal terreinen:
- Basis en Middelbaar elektronicus
 - KTV- en Videotechnicus
 - Industriële Automatisering
 - Datacommunicatie/telematica
 - PC-Technicus/Microcomputertechnicus
 - Diverse bijscholingscursussen.

Stuur mij gratis informatie over de schriftelijke/mondelijke cursussen die ik heb aangekruist.

Naam: _____

Adres: _____

Postcode: _____

Plaats: _____



(in gesloten envelop, zonder postzegel, zenden naar: Dirksen opleidingen, antwoordnummer 677, 6800 WC Arnhem).

Dirksen
opleidingen

Specialist in
Informatica en Elektronica

Parkstraat 25, 6828 JC Arnhem
Telefoon (085) 544 644



816-RB-T

Ontwikkelingen en mogelijkheden van sensoren

Slimme sensoren

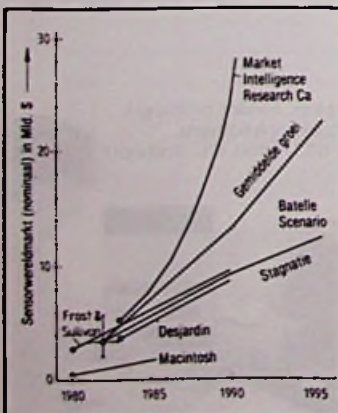


Door monolithische integratie van componenten dalen de kosten en afmetingen van een elektronisch systeem en neemt de betrouwbaarheid toe. Daarom probeert men in toenemende mate buiten de eigenlijke signaalverwerking om ook 'externe' delen op de chip onder te brengen. Hiertoe behoren op de eerste plaats signaalbronnen zoals sensoren en signaalverwerkers zoals vermogenregelaars. Wat is er op dit gebied inmiddels bereikt en welke verdere mogelijkheden zijn er? Dit artikel geeft antwoord met nadruk op de zogenaamde 'intelligente' sensoren, waarbij het meetsignaal al intern wordt voorbereid.

Van beslissend belang voor de verdere opmars van de micro-elektronica in de industrie zijn tegenwoordig de micro-periferiebouwstenen, ofwel sensoren en actuatoren. Sensoren registreren procesparameters als druk, temperatuur, afgelegde weg, hoek, gasconcentratie, doorstroming, enz. en maken daardoor automatische procesregeling en bewaking mogelijk.

De wereldwijde omzet in sensoren bedraagt nu ongeveer 19 miljard gulden. Een sterke ontwikkeling wordt verwacht op het gebied van miniaturisatie van sensoren, waarvan de groei 30...40% zal bedragen tot 1995. De totale sensormarkt, in Europa 5 miljard gulden,

Fig. 1 Toekomstige ontwikkeling van de sensor wereldmarkt.



groeit slechts met ongeveer 5% per jaar. Figuur 1 geeft een schatting van de ontwikkeling van de sensormarkt zoals die door verschillende onderzoeksbureaus wordt gezien. In tabel 1 is de wereldomzet onderverdeeld naar toepassingsgebieden.

Soorten sensoren

De veelheid aan sensoren wordt duidelijk wanneer men deze probeert in te delen. Dit kan bijvoorbeeld naar de manier van meten, naar ingangs- of uitgangsgrootheden, naar de fabricagetechniek of naar het toepassingsgebied. Verder is indeling naar de soort signaalvorming in de sensor denkbaar. Dit kan door modulatie van een elektrische grootte zoals spanning, lading of stroom of door rechtstreekse afleiding uit de te meten natuurkundige grootte plaatsvinden. Voor de toepassing in een elektronisch geregeld proces is het in elk geval belangrijk dat de

Tabel 1 Algemene sensortoepassingen.

Auto	49%
Huishouden	27%
Metten, sturen, regelen	14%
Data- en telecomm. techn.	5%
Consumentenelektronica	5%

SIGNALLEN	MEETGROOTHEDEN
Mechanisch	Druk, positie, versnelling, trilling, stroming, geluidsdruk, geluidsintensiteit
Thermisch	Temperatuur, warmtestraling, warmtegeleiding, warmtecapaciteit
Elektromagnetisch	Lichtintensiteit, kleur, lichtgolflengte, brekingsindex
Chemisch	pH-waarde, vochtigheid, verontreinigingen, concentratie, reactiesnelheid
Magnetisch	Magnetische veldsterkte, magnetische permeabiliteit
Elektrisch	Elektrisch veld, spanning, stroom, lading

Tabel 2 Indeling van meetgrootheden.

uitgangsgrootheid van de sensor een elektrische vorm heeft. De omzetting kan daarbij ofwel rechtstreeks uit de bewaakte procesgrootheid ofwel via omwegen uit andere, meestal mechanische grootheden ontstaan.

Tabel 2 geeft voorbeelden bij verschillende signaalgrootheden. Als elektrische signalen zijn stroom, spanning of lading als ingangsgrootheid voor signaalverwerking zinvol. Welke van de signaalvormen wordt gebruikt is afhankelijk van de toepassing. Daarbij spelen de lengte van de overdrachtsweg, de soort schakeling en het principe van de signaalverwerking of de gevoeligheid en de omzettingssnelheid een rol. Afhankelijk van de meetgrootheid bestaat tevens de mogelijkheid tussen sensorvormen te kiezen, die ofwel direct energie-omzettend werken of een elektrische grootte alleen moduleren. Voorbeelden voor het inzetten van directe energie-omzetting zijn thermo-elementen, foto-elementen of tachogeneratoren.

Dit is een gebied dat vooral voor miniaturisering in aanmerking komt, omdat hiermee ook de reactie op de meetgrootheid wordt vermindert, hetgeen vooral voor de bewaking van kleine volumens van belang is.

Niet elke meetgrootheid laat zich echter direct omzetten; zo zijn bijvoorbeeld de luchtvochtigheid of statische magnetische velden uitsluitend via modulerende omzetter te registreren, namelijk met een dauwpuntsensor respectievelijk een Hall-element.

Integratie in silicium

Alhoewel de groep van micro-elektronica sensoren op siliciumbasis een zeer klein onderdeel is van het omvangrijke gebied van de sensortechnologie, bestaat er voor deze groep veel belangstelling, omdat het hiermee in principe mogelijk is het eigenlijke sensorelement samen met de verwerkingselektronica op een chip te integreren. Dit kan bij de productie en voorraadvorming belangrijke kosten besparen.

Voor het maken van sensoren uit silicium worden allerlei natuurkundige verschijnselen toegepast die in dit materiaal optreden, zoals de temperatuurafhankelijkheid van een PN-overgang of het Hall-effect. Fotodioden zijn

geschikt als sensoren voor optische toepassingen; via deze omweg zijn ook vele andere grootheden (bijvoorbeeld mechanische of chemische) te registreren. Het piezo-resistieve effect, dat in silicium ongeveer zestig keer sterker optreedt dan in metalen, maakt de integratie van rekstrookjes voor kracht- en drukmeting mogelijk.

Voert men tijdens het productieproces stappen in, die verder gaan dan de standaard IC-productie, dan kunnen deze mogelijkheden nog belangrijk worden uitgebreid. Het aanbrengen van lagen uit diverse gevoelige materialen staat de fabricage van chemische sensoren toe. Gebruikt men de techniek van anisotropisch etsen, dan kan men ook driedimensionale micromechanische structuren fabriceren. Met door dunne membranen afgesloten kamers kan men druksensoren samenstellen en op dezelfde manier versnellingsopnemers in de vorm van dunne buigbalken construeren.

Omdat sensor en elektronica op een chip kunnen worden geïntegreerd, is signaalvoorbewerking mogelijk. Daardoor kan het meestal zeer zwakke sensor-uitgangssignaal eerst tot een zinvol elektrisch niveau worden versterkt. In figuur 2 wordt een blokschema van de bereikbare koppeling van sensor en signaalverwerking getoond. Tot de verdere mogelijkheden behoren dan foutcorrectie, linearisatie van de karakteristieken of zelfs het omzetten in een andere signaalvorm, bijvoorbeeld een constante stroom (meestal 4...20 mA), frequentie of binaire code voor de overdracht van de sensorinformatie via lange leidingen. Hiermee is niet alleen aanpassing aan numerieke besturingen, maar ook verhoogde

storingsongevoeligheid in een met sterke elektromagnetische straling 'vervuilde' omgeving te realiseren. Onder foutcorrectie valt bijvoorbeeld het compenseren van ongewenste meeteffecten, wanneer de oorzaken geïsoleerd kunnen worden gemeten en de temperatuurgevoeligheid van de meeste sensoren.

De ontwikkeling van 'intelligente' sensoren wordt weliswaar sterk bespoedigd, maar heeft tot nu toe slechts in enkele gevallen tot marktrijpe producten geleid. Dit wordt vooral door de nog bestaande productie-incompatibiliteit tussen sensorfuncties en elektronica veroorzaakt. De stappen voor het aanbrengen van lagen of het anisotropische etsproces stellen hoge eisen aan het silicium, die niet zelden de elektrische eigenschappen van de schakeling nadelig negatief beïnvloeden. Daar komt nog bij dat de sensor - bepaald door de functie - niet in die mate van de buitenwereld kan worden geïsoleerd, zoals dat voor de schakeling noodzakelijk zou zijn, zodat de levensduur sterk is gereduceerd. Daarnaast vormt de sterk begrensde thermische inzetbaarheid van silicium (-50 tot +150 °C) een hinderpaal.

Verder dient men de conventionele oplossingen en de uit-

Tabel 3 Voor- en nadelen van verschillende sensortechnologieën.

TECHNOLOGIE	HALFGELEIDER	DUNNE-FILM	DIKKE-FILM
Bep. meetgrootheden	Temperatuur, magneetveld, uitzetting, IR-straling, licht, gassamenstelling en -concentratie	Temperatuur, magneetveld, uitzetting, capaciteit, IR-straling gassamenstelling en -concentratie	Temperatuur, uitzetting, capaciteit
Productiespreiding	Gemiddeld: zeer klein door trimmen of zelfafregeling	Klein: zeer klein door trimmen	Gemiddeld tot groot: klein door trimmen
Stabiliteit	Groot	Zeer groot	Groot
Temperatuurbereik	Tot 150°C, begrensd door silicium	Op verzoek zeer groot bij temperatuursensoren onder omstandigheden -50 tot +80°C	Tot ca. 400°C
Integratie van de signaalvoorbewerking	Op één chip, monolithisch	Op een substraat, hybride	Op een substraat, hybride
Miniaturiseringsmogelijkheid	Zeer goed	Goed	Gemiddeld
Optimale aantal/jaar	vanaf 100.000	1.000-100.000	100-100.000
R&D (investering)	vanaf 1 miljoen	vanaf f 500.000,-	vanaf f 100.000,-
R&D (personeel nodig)	Hoog	Zeer hoog	Gemiddeld
Flexibiliteit bij de ontwikkeling	Laag	Hoog	Laag

voeringen in dikke- en dunne-film techniek, wat prijs, ontwikkelingsinspanning en flexibiliteit betreft, niet te onderschatten. In tabel 3 zijn de tegenstellingen van in verschillende technologieën gefabriceerde sensoren met hun respectievelijke voor- en nadelen weergegeven.

Bij elke ontwikkeling van een sensor dienen de voor- en nadelen te worden afgewogen. Bij siliciumsensoren liggen de voornaamste voordelen in de goedkope productie van grote aantallen in compacte standaard IC processen en in de mogelijkheid van de geïntegreerde signaalverwerking. Net zo interessant is de geschiktheid van siliciumsensoren voor miniaturisering. In figuur 3 is de ontwikkeling van de structuurgrootte en de integratiedichtheid in de technologie-ontwikkeling voorgesteld.

Voorbeelden van 'intelligente' sensoren

Er bestaan al enkele interessante voorbeelden van sensoren op siliciumbasis met plaatselijke signaal(voor)verwerking. Daarnaast zijn er een groot aantal typen die zich nog in het laboratoriumstadium bevinden.

Hieronder worden een aantal van die sensoren genoemd, maar de lijst pretendeert in geen geval volledig te zijn:

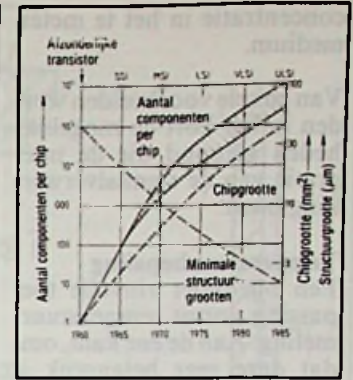
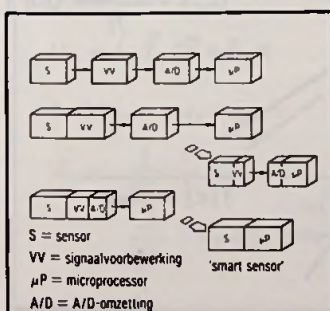


Fig. 3 Ontwikkeling van de technologie.

- * Magneetveldsensoren, gebaseerd op Hall-plaatjes respectievelijk bipolaire- of MOS-transistoren;
- * Temperatuursensoren, gebaseerd op bipolaire transistoren;
- * Druksensoren met resistieve of capacitieve opnemers op een membraan;
- * Versnellingsopnemers met vrij-geëtte micromechanische structuren;
- * Lichtdetectoren met fotodiodes;
- * Vochtigheidssensoren, gebaseerd op gecombineerde registratie van dauwpunt en temperatuur;
- * Stroomingssensoren, gebaseerd op de bepaling van de verwarmingsenergie die nodig is om een constant temperatuurverschil over het stromende medium in stand te houden;
- * Chemische sensoren, gebaseerd op de verschuiving van de drempelspanning van een MOS-transistor door de ionen-

Fig. 2 Ontwikkeling van sensor tot intelligente sensor (smart sensor).



concentratie in het te meten medium.

Van enkele voorbeelden worden in het kort de mogelijkheden getoond die de integratie van de signaalverwerking biedt.

Temperatuurbepaling

Een bijzonder zinvolle toepassing vormt temperatuurmeting. Aan de ene kant, omdat deze zeer belangrijk is voor procesregeling en -bewaking en aan de andere kant omdat bij veel andere sensorfuncties de temperatuurinvloed dient te worden gecompenseerd. Niet in de laatste plaats is ook voor spanningreferentie een exacte temperatuurmeting nodig om door geschikte compensatie een overeenkomstige stabiliteit te bereiken.

De voor de verwerking meest geschikte temperatuurafhankelijkheid wordt gevonden in de voorwaartsspanning van een PN-overgang. Wanneer men de relatie van de collectorstroom IC van een bipolaire transistor beschouwt

$$I_C = \alpha T^r \exp\left(\frac{-qU_{GO}}{kT}\right) \left[\exp\left(\frac{qU_{BE}}{kT}\right) - 1\right] \quad (1)$$

dan vindt men daarin de afhankelijkheid van de verzadigingsstroom

$$I_S = \alpha T^r \exp\left(\frac{-qU_{GO}}{kT}\right) \quad (2)$$

van de bandgap-spanning, het emitteroppervlak en de temperatuur. De macht r heeft een grootte van 2...4 en is afhankelijk van het fabricageproces.

Omdat de basis-emitterspanning U_{BE} in dit geval groot is ten opzichte van kT/q , kan de 1 ten opzichte van het exponentieeldeel worden verwaarloosd. Daarna kan de formule voor U_{BE} gemakkelijk worden opgelost.

$$U_{BE} = U_{GO} - \left(\frac{kT}{q}\right) \ln\left(\frac{\alpha T^r}{I_C}\right) \quad (3)$$

U_{GO} is daarbij de bandgap-spanning voor $T=0$ K; de waarde voor silicium bedraagt 1,12 V. Aan de relatie herkent men de in eerste instantie lineaire afhankelijkheid van de basis-emitterspanning bij de gegeven collectorstroom van de temperatuur. De term T^r heeft een geringe invloed omdat deze logaritmisch is. In figuur 4 is het verloop van de basis-emitterspanning voor drie verschillende stroomdichthe-

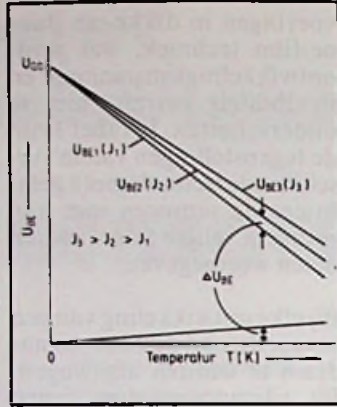


Fig. 4 Basis-emitterspanning als functie bij verschillende stroomdichtheden en temperatuur.

den ten opzichte van de temperatuur weergegeven.

De temperatuurcoëfficiënt heeft daarbij een waarde van ongeveer -2,2 mV/K. Door het toevoegen van een bipolaire transistor in de terugkoppellus van een versterker (fig. 5) kan de basis-emitterspanning worden verwerkt. Door voorinstelling met behulp van een referentiespanning kan de offset worden weggewerkt zodat de uitgang voor een gewenste temperatuur 0 V levert.

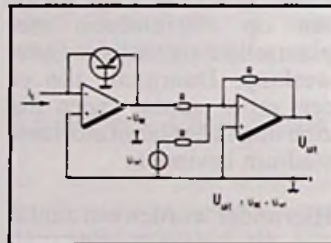


Fig. 5 Verwerking van de temperatuur proportionaliteit met een externe referentiespanning.

De fout, die het temperatuurafhankelijke deel in de logaritme inbrengt, wordt in figuur 6 getoond voor een referentiespanning, die bij kamertemperatuur de uitgang op 0 V instelt. De krommen voor een collectorstroom, die proportioneel of kwadratisch ten opzichte van de temperatuur worden geregeld, tonen aan, dat de fout met bepaalde schakeltechni-

Fig. 6 Niet-lineaire fouten van de basis-emitterspanning.

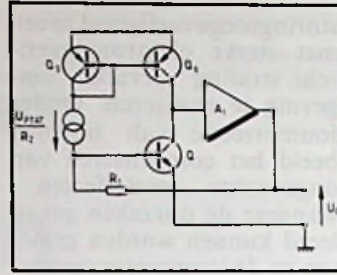
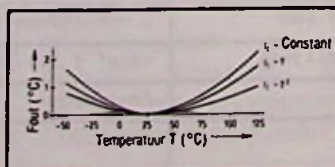


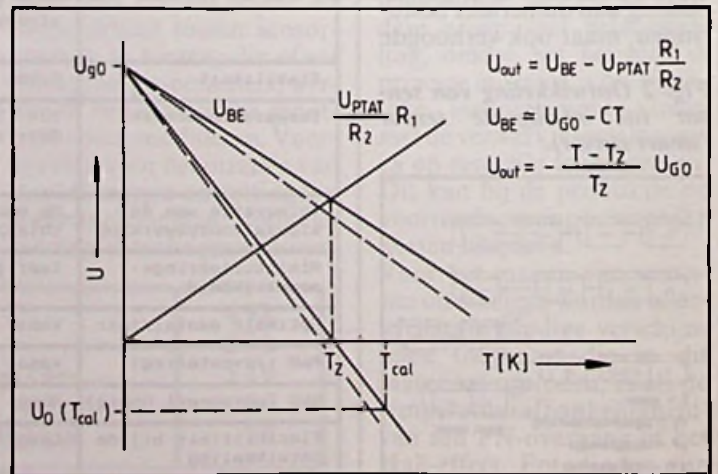
Fig. 7 Temperatuurverwerking met interne referentiespanning.

sche inspanning tot ongeveer de helft kan worden gereduceerd. Een groter temperatuurbereik kan met sensoren uit silicium ook uit andere overwegingen (bijvoorbeeld lekstroom) niet worden gerealiseerd.

Het in figuur 4 voorgestelde verschil tussen twee basis-emitterspanningen, die zijn gebaseerd op verschillende stroomdichtheden, heeft daarentegen een positieve temperatuurcoëfficiënt van ongeveer 85 μ V/K. Deze spanning, die proportioneel verloopt met de absolute temperatuur, wordt ook als PTAT aangeduid en verdwijnt bij het absolute nulpunt.

De vorming van het spanningsverschil is ook schakeltechnisch eenvoudig te realiseren, wanneer twee transistoren met verschillende emitteroppervlakken dezelfde stroom krijgen opgedrukt. Bij nadere beschouwing van de uitdrukking voor de basis-emitterspanning valt op, dat bij het logaritmisch vormen van het spanningsverschil alleen nog de verhouding van de stroomdichtheden bij even grote stromen, dus alleen nog maar de verhouding van de emitteroppervlakken, opduikt. Deze verhouding kan bij het ontwerpen van de

Fig. 8 Uitgangskarakteristiek bij interne referentiespanning.



schakeling nauwkeurig en reproduceerbaar worden ingesteld.

Wordt een tolerantie van de meting van 0,1 K nagestreefd, dan dient men, om volledig profijt te hebben van deze proportionaliteit, ten opzichte van de absolute temperatuur een hoge resolutie van 13 bit te realiseren. De met -2,2 mV/K hogere temperatuurcoëfficiënt van de absolute basis-emitterspanning biedt echter ook geen voordeel, omdat hier het offset-aandeel mee berekend of gecompenseerd moet worden. Een aanzet om dit probleem door het gebruiken van U_{PTAT} als intrinsieke spanningsbron op te lossen is in figuur 7 getoond. De uitgangsspanning wordt daarbij gevormd als basis-emitterspanning min U_{PTAT} maal een weerstandsverhouding $R1/R2$. Door een geschikte keus van de weerstanden kan hier de offsetspanning volgens figuur 8 voor een bepaalde temperatuur worden gecompenseerd.

De toepassing van dit principe voor het bepalen van de temperatuur is niet beperkt tot bipolaire IC's maar ook mogelijk in CMOS structuren. De in figuur 9 getoonde systeemoplossing maakt duidelijk dat zo sensoren kunnen ontstaan, die door de digitale uitgangen het best geschikt zijn voor (micro)computer-verwerking. De toepassing van computers biedt de mogelijkheid om fouten in de sensor karakteristiek te corrigeren.

Magneetveldmeting

Een voorbeeld van al op de markt beschikbare geïntegreerde sensoren zijn magneetveldsensoren volgens het Hall-effect principe. Zulke sensoren worden bijvoor-

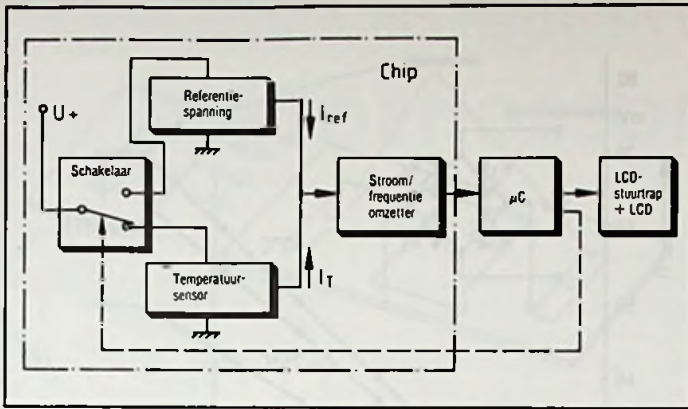
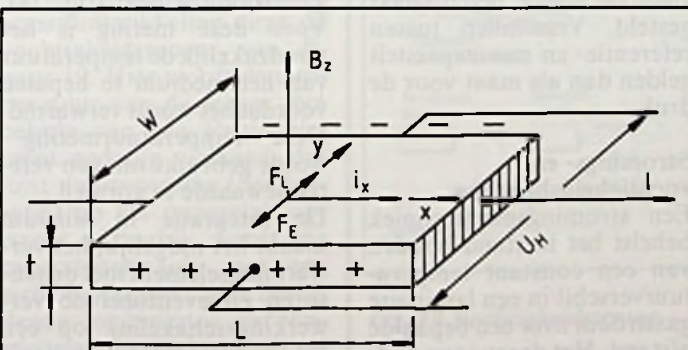


Fig. 9 Systemoplossing.

beeld toegepast in dender-vrije toetsenborden of in motoren voor positie- of snelheidsbepaling. Een magneetveld oefent op in beweging gebrachte elektronen een kracht uit (Lorentzkracht) die loodrecht tot hun bewegingsrichting en tot het magneetveld staat (fig. 10). In een stroomvoerende geleider worden de elektronen door deze kracht allemaal naar één zijde gedrongen. De daardoor ontstane ladingsverschuiving wekt een elektrisch veld op, dat door de Lorentzkracht wordt tegengewerkt en dat door juist aangebrachte contacten kan worden afgenomen als Hallspanning. Zoals uit de afleiding volgt, wordt de dikte

van de laag in de richting van de magnetische stroom opgenomen in de bereikbare Hallspanning. Een vermindering van de dikte verhoogt de stroomdichtheid, hetgeen noodzakelijkerwijs tot een verhoging van de elektronensnelheid leidt, die rechtstreeks in de Lorentzkracht wordt opgenomen. De Hallconstante stelt een materiaalafhankelijke grootheid voor, die door de beweeglijkheid en dichtheid van de ladingsdragers wordt bepaald. In geïntegreerde magneetveldsensoren kan het Hallplaatje als laterale structuur (fig. 11a en b) in een geïsoleerde kuip in de epitaxiale laag worden gerealiseerd of verticaal in een bipolaire transistor, zie figuur 12, met twee collectoren als Hallcontacten. Bij welke uitrichting het magnetische veld

Fig. 10 Hall-effect.



$$\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B} = \vec{F}_E + \vec{F}_L$$

$$\vec{I}_y = 0 \Rightarrow \vec{F}_y = 0 \Rightarrow \vec{F}_E = -\vec{F}_L$$

$$\vec{v} \perp \vec{B} \Rightarrow E_y = -v_x B_z$$

$$U_H = \int_w \vec{E}_y \cdot d\vec{y} = E_y w$$

$$I = w t i_x \quad i_x = q n v_x$$

$$U_H = -\frac{1}{qn} \frac{I}{t} B_z$$

$$\frac{-1}{qn} = R_H \leftarrow \text{Hall-Constante}$$

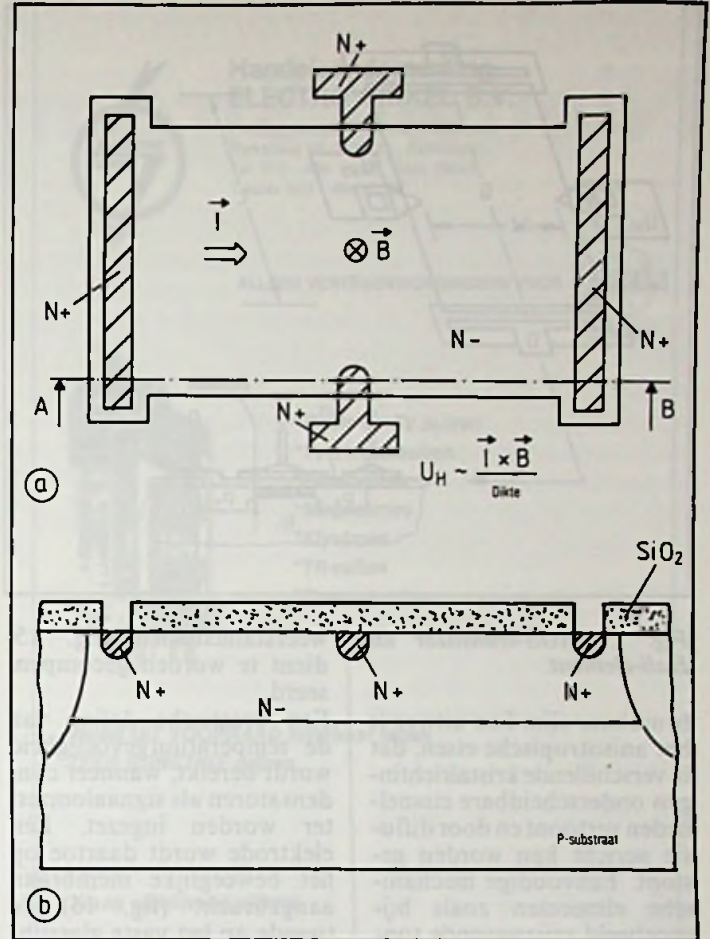


Fig. 11 Lateraal Hall-element: a) Bovenaanzicht, b) Doorsnede

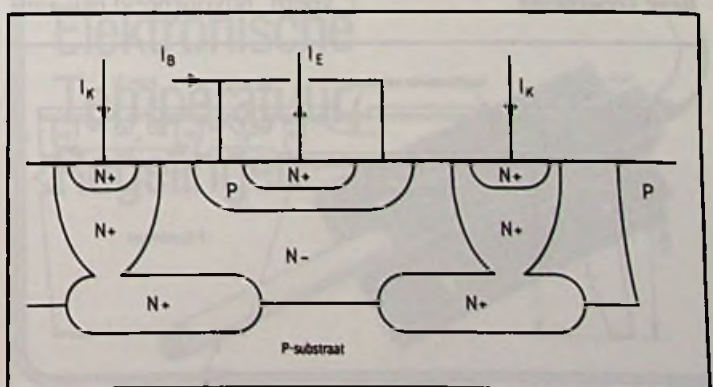
dient te worden geregistreerd is mede bepalend voor de keus, omdat alleen de veldcomponent loodrecht tot het Hallplaatje meetbaar is. De in figuur 12 getoonde oplossing biedt echter ook de mogelijkheid, veldsterkten in twee richtingen te bepalen. De getoonde doorsnede is namelijk ook geldig als deze 90° wordt gedraaid. De centrale emitter wordt dan door vier collectoren omgeven, waarbij de stroomverschillen van de diagonaal tegenoverliggende collectoren maatge-

vend zijn voor de veldcomponent van dat moment. Het MOS transistorkanaal is eveneens uitstekend geschikt voor magneetveldmetingen, omdat deze vanuit de structuur een Hallplaatje met een zeer geringe laagdikte voorstelt en daardoor een grote gevoeligheid biedt. Hierdoor kunnen magneetveldsensoren geheel compatibel met de CMOS structuur worden gefabriceerd (fig. 13).

Drukmeting

De materiaaleigenschappen van silicium zijn uitstekend geschikt voor het bepalen van mechanische grootheden. Tot nu toe staat het probleem van de vormgeving in de weg, omdat verspanende technieken of giettechnieken niet

Fig. 12 Tweevoudige bipolaire transistor als Hall-element.



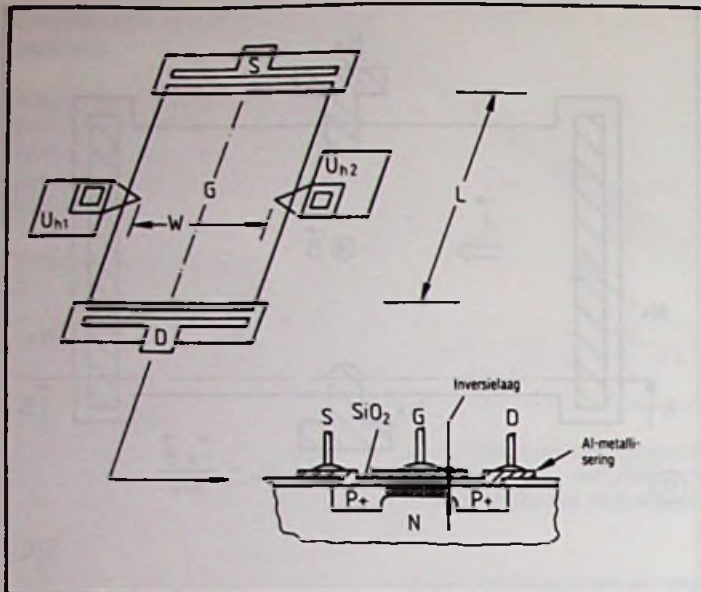
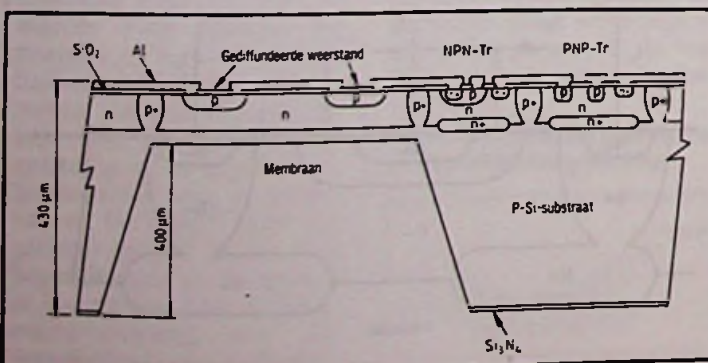


Fig. 13 MOS-transistor als Hall-element.

bruikbaar zijn. Een uitweg is het anisotropische etsen, dat in verschillende kristalrichtingen onderscheidbare etssnelheden vertoont en door diffusie gericht kan worden gestopt. Eenvoudige mechanische elementen zoals bijvoorbeeld vrijzwevende tongen als versnellingsopnemer kunnen met grote nauwkeurigheid worden geproduceerd.

De druksensor met een in silicium vrijgeëtt membraan (fig. 14) en daarin gediffundeerde, uitzettingsafhankelijke weerstandsbanen, heeft zijn weg naar de markt eveneens gevonden. Dit type druksensor is voor een deel echter nog in ontwikkeling om de verwerkingselektronica te integreren. De op te lossen problemen liggen vooral in de wederzijdse beïnvloeding van de etsprocessen en de voor de actieve elementen noodzakelijke produktiestappen. De inspanningen zijn juist hier zinvol, omdat het temperatuurverloop van de

Fig. 14 Druksensor met resistieve verwerking.



weerstandsbanen (fig. 15) dient te worden gecompenseerd.

Een drastische daling van de temperatuurgevoeligheid wordt bereikt, wanneer condensatoren als signaalomzetter worden ingezet. Eén elektrode wordt daartoe op het beweeglijke membraan aangebracht (fig. 16) de tweede op het vaste glassubstraat van de drukopnemer. Voor het bepalen van druk en daarmee capaciteitsveranderingen zijn diverse schakelprincipes mogelijk: aan de ene kant kan de condensator in een oscillatorschakeling worden opgenomen, zodat de meetwaarde als frequentie ter beschikking staat, aan de andere kant kan via A/D omzetting met behulp van een referentiecapaciteit de gemeten druk digitaal worden afgegeven.

De laatstgenoemde mogelijkheid, digitaal verwerken van de meetgrootte, is in figuur 17 getoond. Hier worden afwisselend de referentie- en meetcondensator in de terugkoppellus van de versterker geschakeld. De zich aan de ingang bevindende condensator is instelbaar uitgevoerd, bijvoorbeeld een aan-

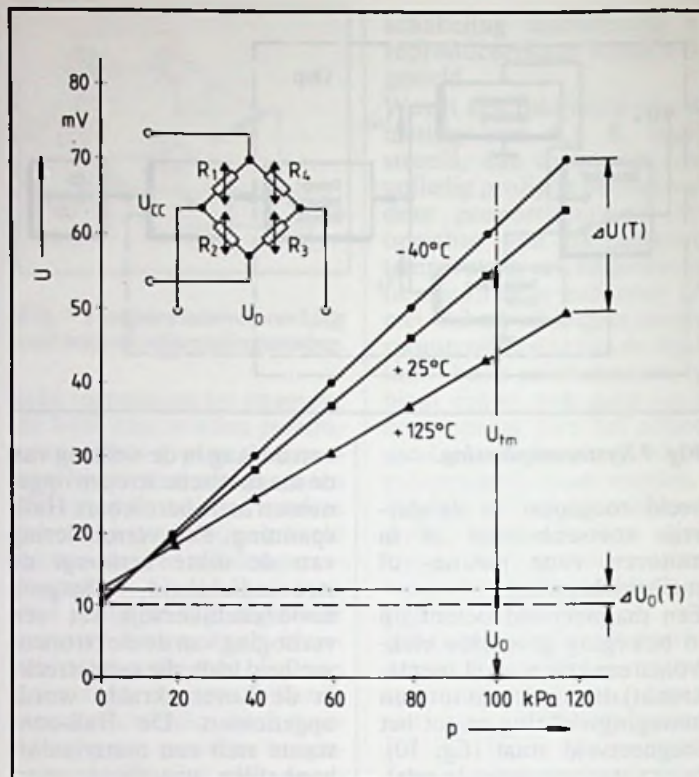


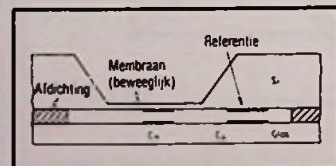
Fig. 15 Uitgangskarakteristiek van de weerstandsbrug.

tal naar keus parallel te schakelen elementen. De waarde van deze condensator wordt door de logica steeds zodanig bijgesteld, dat het ingangssignaal met een constante factor wordt versterkt, de uitkomst wordt door de daaropvolgende comparator getest en als ingangssignaal voor de logica beschikbaar gesteld. Verschillen tussen referentie- en meetcapaciteit gelden dan als maat voor de druk.

Stromings- en vochtigheidsbepaling

Een stromingsmeettechniek behelst het in stand houden van een constant temperatuurverschil in een laminaire gasstroom over een bepaalde afstand. Het daarvoor noodzakelijke verwarmingsvermogen vormt dan de meetgrootte. Deze techniek wordt toegepast in zeer nauwkeurige massastromingsmeters voor gasdosering in droogstsystemen en diffusieovens, evenals bij de lucht-

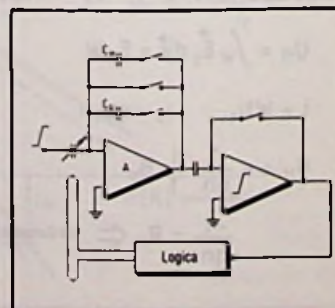
Fig. 16 Druksensor met capacitieve opnemer.



mengsamenstelling voor inspuitssystemen van motorvoertuigen. Het voordeel van dit systeem is, dat het warmtetransport door het gas proportioneel is met zijn massa; veranderingen in de dichtheid worden hier in tegenstelling tot mechanische opnemers direct mee bepaald. Bij de laminaire gasstroom bestaat een kwadratisch verband tussen verwarmingsvermogen en gasstroomsnelheid (fig. 18). Voor deze meting is het noodzakelijk de temperatuur van het medium te bepalen voordat het wordt verwarmd. Deze temperatuurmeting wordt gebruikt om een referentiewaarde te vormen.

De integratie in silicium maakt het mogelijk, het verwarmingselement met de sensoren en eventueel de verwerkingsschakeling op een chip te integreren. De moeilijkheid is echter, net als bij het volgende voorbeeld, dat invloeden door corrosie de

Fig. 17 Digitale verwerkingsschakeling.



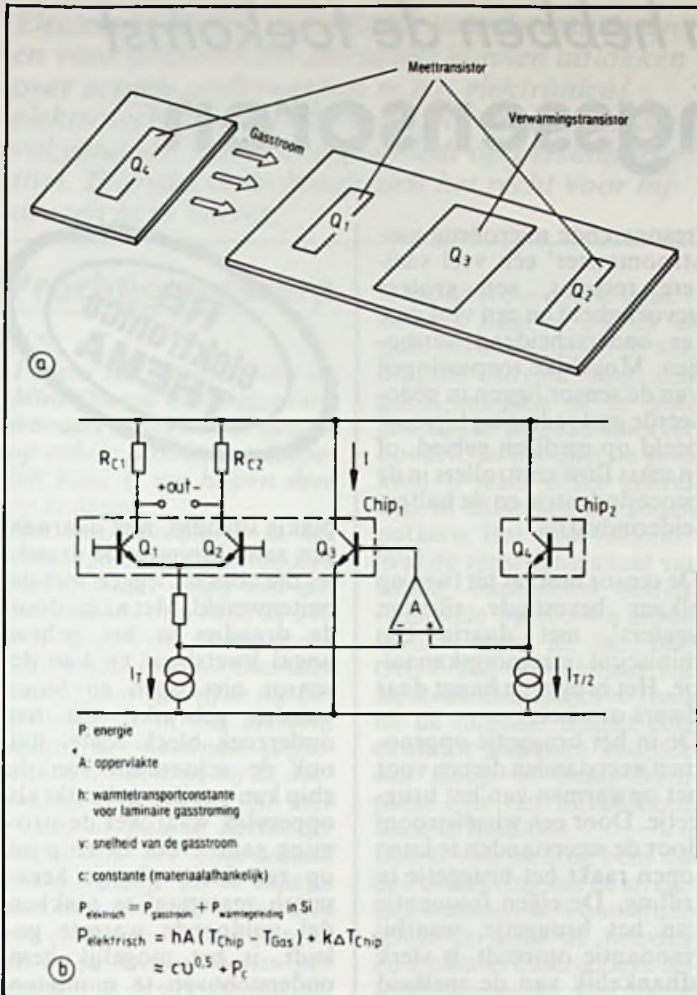


Fig. 18 Stromingssensor: a) Samenstelling, b) Schakeling.

levensduur van zo'n sensor sterk verkorten.

Als laatste voorbeeld van een sensorontwikkeling dient de vochtigheidssensor van figuur 19. Hier wordt de temperatuur van de sensor met behulp van een Peltier-element zodanig verlaagd, dat juist dauwvorming (condensatie) op het oppervlak optreedt. Daarbij wordt de capaciteitswaarde van een zich op de oppervlakte bevindende condensator met vingerstructuur merkbaar veranderd, bepaald door de hoge dielektrische constante van het water. Deze capaciteitsverandering kan door een oscillator schakeling worden gedetecteerd, waarbij de meetcapaciteit frequentiebepalend is. Parallel hieraan wordt met een reeds hierboven beschreven schakeling de temperatuur van de dauwvorming gemeten. Omdat tussen de temperatuur van de condensatie (dauwpunt) en de waterdampdruk bij de feitelijke temperatuur een vast verband bestaat, kan uit de metingen de relatieve lucht-

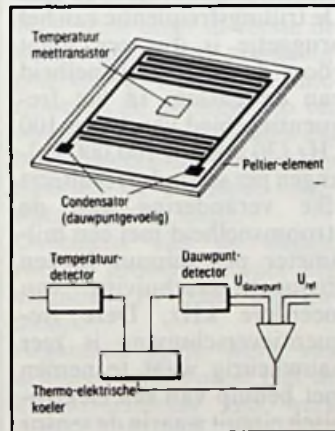


Fig. 19 Vochtigheidssensor.

vochtigheid via berekeningen worden bepaald. Door het koelsysteem in een regelkring op te nemen wordt een stabiele meting mogelijk. Na een meting kan de sensor weer worden gedroogd door het omkeren van de spanning aan het Peltier-element dat tot verwarming van de chips voert. Daarna staat het systeem weer klaar voor nieuwe metingen. □

Literatuur
 [1] 'Integrierbare Funktionsblöcke und Systeme', Dr. E. Habekotté, Dipl.-Phys. U. Apel, Dipl.-Ing. F. Warkowski, Elektronik 1/90



Handelsonderneming
ELECTRO CIRKEL B.V.

Postbus 56566, 3007 EB Rotterdam
 Piekstraat 69, 3071 EL Rotterdam
 Tel. 010 - 485 10 88, Telex 28647
 Telefax 010 - 484 47 92

ALLEEN VERTEGENWOORDIGERS VOOR



- *Radio en TV buizen
- *Versterkerbuizen
- *Zendbuizen
- *Magnetrons
- *Klystrons
- *TR-cellen
- *Componenten

Veelal UIT VOORRAAD leverbaar tegen
ZEER GUNSTIGE prijzen.

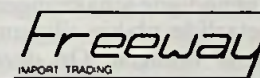
Vraag vrijblijvend offerte.



PIET KENNIS B.V.

ELEKTRONISCH CENTRUM
 Piusstr. 90 5038 WT Tilburg
 Tel. 013 - 422647

**Elektr. Componenten - Bouwkits - Lektuur
 Meetapparatuur - Audio-accessoires**



Postbus 6013
 4900 HA Oosterhout
 Tel. 01620-57414*
 Fax. 01620-23777

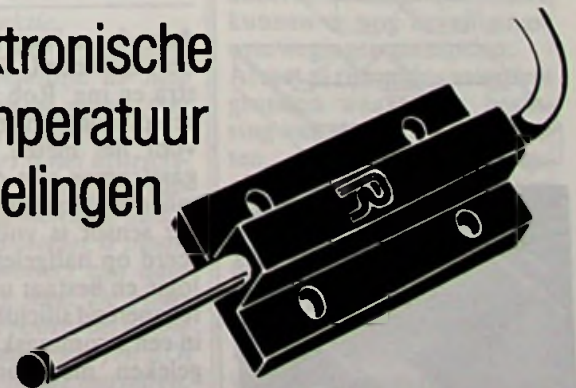
30.000 componenten,
 Hioki multimeters, Hameg
 scopes, Dynatek, ILP,
 Alecto etc.

U belt, wij sturen!

Vraag gratis info.

REINARD

**Elektronische
 Temperatuur
 Regelingen**



Postbus 3233
 4700 GE Roosendaal
 Tel. (01650) 58316-60083
 Telefax (01650) 49980

Silicium en micromechanica hebben de toekomst

Nieuwe Stromingssensoren

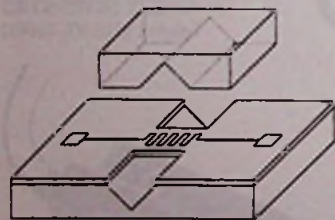
Silicium is vooral bekend uit de halfgeleider-technologie (microprocessoren en geheugenchips). Minder bekend, maar veel toegepast zijn silicium sensoren. Met name stromingssensoren zijn nieuw en vereisen een lange ontwikkeling, zoals blijkt uit onderzoek aan de TU Twente en TU Delft. Door op dezelfde kleine plakjes silicium ook nog de elektronica te integreren die het signaal van de sensoren verwerkt, kunnen nieuwe typen meetinstrumenten ontstaan met een groot aantal toepassingsmogelijkheden.

De keuze voor silicium als basis voor sensoren wordt duidelijk als de unieke eigenschappen van deze sensoren op een rijtje worden gezet:

- ze hebben een hoge elasticiteit;
- ze hebben een hoge spanningssterkste (sterker dan staal);
- ze hebben een grote hardheid (zelfde als kwarts);
- ze zijn erg gevoelig voor fysische invloeden;
- ze zijn goed bestand tegen vijandige invloeden van zuren en bijtmiddelen;
- silicium is goed verkrijgbaar dankzij de behoeften van de halfgeleiderindustrie;

Nadeel van silicium sensoren is overigens dat de elektrische delen en verbindingen beschermd moeten worden tegen aantasting van zuren, e.d.

De gehele sensor bestaat uit twee silicium plakken met ieder de helft van het stromingskanaal. De onderste bevat de resonerende brug.



Voor geïntegreerde sensoren komen daar nog een aantal voordelen bij:

- ze zijn klein en daardoor op allerlei plaatsen in te bouwen (koorts thermometer!);
- ze bevatten geen mechanische delen, daardoor zijn ze niet onderhevig aan slijtage, veel betrouwbaarder en vragers ze geen onderhoud;
- ze kunnen heel goedkoop zijn, mits ze in grote hoeveelheden worden gemaakt;
- de signalen van een geïntegreerde sensor kunnen makkelijk door elektronische schakelingen worden verwerkt, omdat de sensor zelf ook op basis van een halfgeleider is gemaakt. Het is zelfs mogelijk grote delen van de hiervoor benodigde schakelingen op hetzelfde plakje silicium onder te brengen. Op deze manier worden de zogenaamde 'smart-sensoren' gemaakt, die niet alleen een structuur bevatten om een fysische grootte te meten, maar ook de elektronica om het gemeten signaal te bewerken.

Gassensor met micromechanica

Aan de universiteit Twente ontwikkelden Ir. Siebe Bouwstra en ing. Rob Legtenberg een prototype van een sensor voor het meten van kleine gasstromen van enkele tientallen millimeters per minuut. De sensor is volledig gebaseerd op halfgeleider-technologie en bestaat uit een klein resonerend silicium bruggetje in een stromingskanaal. Vergeleken met conventionele meetinstrumenten heeft de

'resonerende microbrug gasstroommeter' een veel snellere respons, een grotere gevoeligheid en een veel groter onderscheidend vermogen. Mogelijke toepassingen van de sensor liggen in gedoseerde gastroediening bijvoorbeeld op medisch gebied, of in mass flow controllers in de procesindustrie en de halfgeleiderindustrie.

De sensor bestaat uit twee op elkaar bevestigde silicium 'wafers', met daarin een minuscule stromingskanaaltje. Het bruggetje hangt daar dwars overheen.

De in het bruggetje opgenomen weerstanden dienen voor het opwarmen van het bruggetje. Door een wisselstroom door de weerstanden te laten lopen raakt het bruggetje in trilling. De eigen frequentie van het bruggetje, waarbij resonantie optreedt, is sterk afhankelijk van de snelheid van het langstromende gas. De trillingsfrequentie van het bruggetje is dus een maat voor de stromingssnelheid van de gassen. In het frequentiegebied van 30 tot 100 kHz (30.000 tot 100.000 trillingen per seconde) resulteert elke verandering van de stroomsnelheid met één millimeter per minuut in een frequentieverschuiving van meerdere kHz. Deze frequentieverschuiving is zeer nauwkeurig waar te nemen met behulp van een elektronisch circuit waarin de sensor is opgenomen.

Stromingssensoren

Eind vorig jaar promoveerde Dr. Ir. B.W. Van Oudheusden van de vakgroep Elektronische Instrumentatie van de Faculteit Elektrotechniek TU Delft op het ontwerpen, maken en testen van een richtingsgevoelige stromingssensor. Een belangrijk deel van het onderzoek was de vorm van de sensorbehuizing, als antwoord op de vraag: 'Wat wordt er nu eigenlijk gemeten?' De sensor zelf is slechts een klein dun



plakje silicium, met daaraan een aantal minuscule draadjes die contact leggen met de buitenwereld. Met name door de draadjes is het geheel nogal kwetsbaar en kan de sensor niet open en bloot worden gebruikt. Uit het onderzoek bleek echter dat ook de achterkant van de chip kan worden gebruikt als oppervlak waarover de stroming gaat. Door de chip nu op een klein plaatje keramisch materiaal te plakken dat voldoende warmte geleidt, is het mogelijk hem ondersteboven te monteren en de kwetsbare bovenkant van de chip veilig weg te bergen in een behuizing. Een belangrijk voordeel hiervan is dat de bovenkant van de sensor nu een klein plat plaatje is, dat op tal van plaatsen is in te bouwen. Met de stromingssensor als windmeter kunnen (naast windrichting) windsnelheden tot 30 à 35 meter per seconde (orkaankracht) worden gemeten. De sensor kan ook gebruikt worden als het gaat om zeer lage stroomsnelheden, waarbij mechanische meetmethoden altijd onnauwkeurig worden (b.v. in ventilatie- of klimaatregelingen of stroming langs een voertuig). □

Inl.:

* TU Delft, Delft, tel.: 015-785860.

* TU Twente, Enschede, tel.: 053-892232.

Literatuur:

- [1] Overdijk, R., 'Slimme sensoren hebben de toekomst', Delft Integraal 2/1990.
[2] Grace, R.H., 'Silicon Sensors and Microstructures Technology, Trends and Applications' San Francisco 1989.

Electronic Mail is een rubriek voor lezersbrieven en voor artikelen die discussies kunnen uitlokken over actuele onderwerpen m.b.t. elektronica/elektrotechniek. Het dient als intermediair tussen vakgenoten. Publicatie geschiedt op persoonlijke titel. De redactie behoudt zich het recht voor bijdragen in te korten.

Prachtig ontwerp

L.S., Tijdens het bouwen van de Mini-Omega ontvanger (RB februari 1988) ben ik gestuit op enkele problemen. Hopelijk kunt U mij helpen deze op te lossen.

Het hoofdprobleem is het volgende. Voor L3 en L11 zijn spoeltjes nodig met een zelfinductie van rond de 200 mH, ik gebruik hiervoor een 3B7 schaal met een diameter van 18 mm (dezelfde die beschreven is in het artikel), echter de maximale zelfinductie die ik krijg bij 25 wikkelingen is slechts 50 mH (hiervoor had ik slechts de helft van het stuk draad nodig). Heeft dit te maken met hoe strak de 4 draadjes om elkaar gewikkeld worden en zo ja hoeveel 'twists' per cm zijn er dan nodig om 200 mH te bereiken?

Een ander probleem is de 'goede verkrijgbaarheid' van de onderdelen zoals de SL620 van Plessey en de dubbele afstemcondensator.

nog een probleem doet zich voor bij het afregelen van de ontvanger. Hiervoor wordt nauwelijks informatie gegeven en al helemaal niet over de instelling van pot R11 voor de AVC.

Is het mogelijk dat U mij de benodigde informatie verstrekt zodat ik verder kan gaan met de bouw van dit mijns inziens prachtige ontwerp?

*W. Vleeshouwer,
Noordwijkerhout.*

Waarschijnlijk heeft U een fout gemaakt bij het wikkelen van de spoelen. Het is verklaarbaar dat wanneer de helft van een stuk draad gebruikt wordt en daarmee een spoel bewikkeld wordt van vaste afmetingen een kwart van de originele waarde overblijft (de impedantie volgt kwadratisch het aantal windingen). In totaal zijn zoals beschreven 4x25 windingen benodigd. De hoeveelheid twists per cm. is onbelangrijk, hoewel het aan

te raden is om niet te strak te twisten, daar er anders lek gaat ontstaan tussen de windingen. Advies: nog eens goed nakijken of er goed gewikkeld is, goed doorverbonden. In het uiterste geval kunt U meer draad gebruiken, of misschien een andere potkern. Het moet lukken! Wat de verkrijgbaarheid van enkele onderdelen betreft: Afgaande op recente advertenties moet de SL 1621 (AGC IC) verkrijgbaar zijn bij Kent Electronics te Hoek en de dubbele afstem condensator kan met voordeel een sloop of dump-exemplaar zijn van bijvoorbeeld Baco te Ijmuiden.

Dat U van mening bent dat de beschrijving van de afregeling summier is, komt waarschijnlijk door de hoeveelheid nieuwe constructieve bijzonderheden die zijn toegepast. Wat betreft de potmeter R11: deze moet in eerste instantie geheel aan massa liggen, terwijl bij correct functioneren de potmeter zo ver opgedraaid moet worden dat bij verschillende ontvangststerkten de lf-output nagevoel constant blijft.

Overigens zijn de aangevoerde problemen niet erg essentieel en zeker overkomelijk.

Algemeen geldt: werk van achteren naar voren, laat de lf-eindversterker zijn werk doen, vervolgens de TCA 440b, daarna het a-gedeelte, werk dan aan het kristal-filter, laat de VFO goed functioneren en regel tenslotte het front-end af.

Muizen en buizen

Geachte redactie,

Je bent een beetje kleurenblind en zit dus met een vergrootglas naar weerstandjes te turen of paars geen blauw is en donkerrood toevallig geen bruin. Natuurlijk, met een Ohmmeter kom je een eind, doch al dat gemier heeft mij doen besluiten om alles wat met zelfbouw te maken heeft te vergeten. Toch bleef

de interesse bestaan in alles wat met de radiotechniek en de voortgang daarvan te maken heeft. Vandaar het kopen en lezen van RB, die mij algemene informatie verschaft.

Eerlijkheidshalve moet ik bekennen dat er een tijd geweest is van ROM's en RAM's, van muizen en buizen waardoor ik de interesse in RB verloor. Thans mag U mij echter weer tot Uw lezers rekenen, daar er voor wat mij betreft een goed tijdschrift is ontstaan dat met grote verscheidenheid vele aspecten van de huidige technieken beschrijft. Maar goed dit is niet de reden waarom ik schrijf.

Ik wilde reageren op het stukje van de heer Sprekeler over ringleidingen in Electronic Mail, RB april 1990. Zijn idee is niet zo nieuw. Dat blijkt als we teruggaan naar RB november 1976. Als reactie op de idee van de heer Beers in mei 1967 schrijft de heer L. de Vries het volgende: 'De ringleiding kan gemaakt worden van bellendraad of gewoon twee-aderig snoer.

Twee-aderig snoer verdient de voorkeur omdat dan een dubbele lus gemaakt kan worden waardoor een dubbel zo sterk magnetisch veld ontstaat. De ringleiding wordt aangesloten op de tweede luidsprekeruitgang van de versterker/radio of TV en moet aangepast worden aan de uitgangsimpedantie. Dit laatste kunnen we doen door middel van de Philips transformator 918/08. Met de sterkteregelaar van de hoornbril (hoorapparaat) kan dan de geluidsstrekte worden ingesteld.

P. Munstra, Dordrecht.

Straalzender ongewenst

Geachte redactie,

Als inwoner van Winschoten zit ik, en eigenlijk de hele buurt waarin ik woon, met het volgende probleem.

In onze buurt is het districtskantoor van de PTT gevestigd. Nu heeft men daar besloten een straalzender te plaatsen. De bewoners zijn daar niet gelukkig mee. De buurt bestaat toch vooral uit kleine woningen (laagbouw) en zo'n mast zal de buurt ontsieren. Bovendien worden er bezwa-

ren gemaakt uit gezondheidsredenen (straling), hoewel ik daar zelf niet sterk aan til.

Is het mogelijk om de zender te verplaatsen naar het 500 meter verderop gelegen industrieterrein en een kabelverbinding (Hf) te realiseren? Ook op dit bedrijfsterrein is een PTT vestiging (opslagplaats) en onlangs heeft de PTT toch al een kabelgoot gegraven voor de coaxkabel van het telefoonnet.

Ik heb de redactie van RB maar geraadpleegd omdat ik daar al ruim 20 jaar vertrouwen in heb. Omdat er binnenkort een hoorzitting komt, hoop ik dat U mij duidelijkheid kunt geven.

*D. W. M. ten Kate,
Winschoten.*

Volledige duidelijkheid kunnen we U niet geven aangezien het hier toch vooral een lokale aangelegenheid betreft. De criteria die de PTT voor de lokatiekeuze van haar nieuwe zender hanteert zijn ons niet bekend, maar we mogen er toch vanuit gaan dat deze goed overwogen zijn.

In technisch opzicht is het door U genoemde alternatief geen enkel probleem. Echter, er zijn een aantal andere factoren waarmee rekening dient te worden gehouden.

Ten eerste is de lokale situatie op het industrieterrein natuurlijk van belang; is er ruimte voor de straalzender (toch gauw 40 m² nodig) en zijn er niet te veel hoge gebouwen aanwezig die het zenden belemmeren?

Ten tweede zijn er de kosten. Zo zijn de grondprijzen op een industrieterrein al snel vrij hoog (vanaf ± f 180,- per m²) en de vraag is of de PTT die investering rendabel acht. Ten derde is er nog de fysieke kwestie of de reeds voorhanden kabelgoot wel geschikt is voor de voorgestelde kabelverbinding. Bovendien kunnen er nog beveiligingsoverwegingen meespelen.

Al met al zijn er dus meerdere gronden waarop de beslissing van de PTT kan berusten. Als het bestemmingsplan en gemeentelijke verordeningen (schoonheidscommissie!) de gekozen lokatie toestaan, kunt U voor Uw klacht alleen terecht bij het betreffende districtskantoor. Daarmee wensen we U en de andere bewoners dan ook succes. □

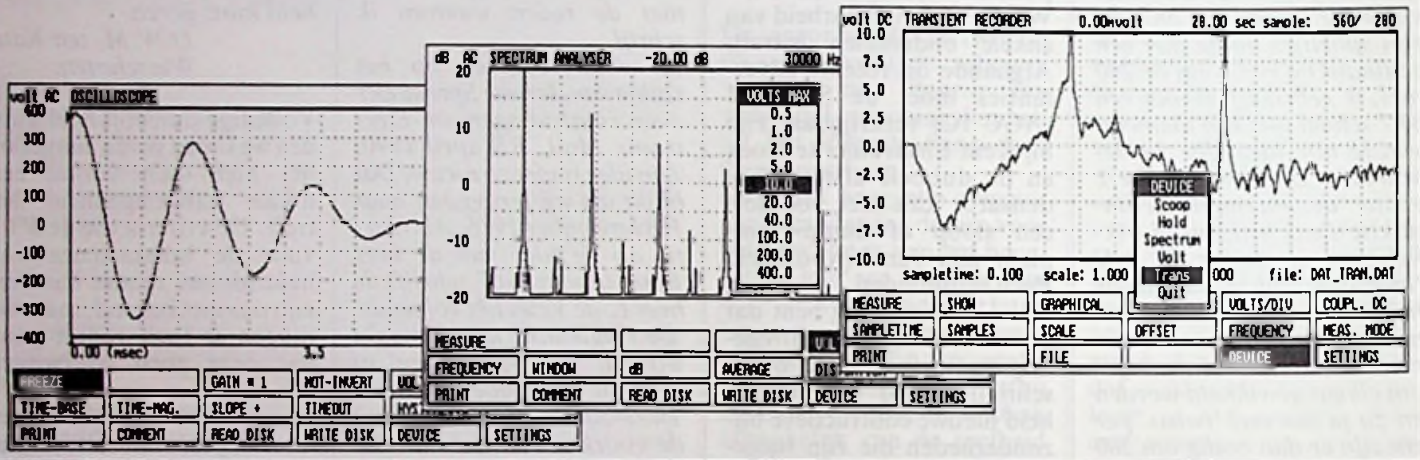
HANDYPROBE METEN MET DE PC

De HANDYPROBE is een 8-bits A/D interface probe die rechtstreeks op de parallelle printerpoort van de PC (=PC, XT, AT en PS/2) kan worden geplaatst. De conversietijd van de A/D converter is 2 μ sec. De HANDYPROBE is beveiligd tegen overspanning. Softwarematig zijn de versterkingsfactoren instelbaar. De tijdbasis is instelbaar van 50 μ sec/DIV - 200 min/DIV. Het maximaal aantal data punten is 60.000. De software is menu gestuurd met zgn. "pop-up menu's" en ondersteunt Hercules, ATT400, CGA, MCGA, EGA, VGA monitoren. De HANDYPROBE (afmeting 105x44x20 mm) wordt geleverd voor een prijs van FL. 475,— inclusief software.



De Muiderkring
Postbus 313 1380 AH Weesp 02940-15210
afdeling verkoop

Een demodiskette + documentatie van de Handyprobe is te verkrijgen door fl. 10,— over te maken op gironummer 83214 t.n.v. De Muiderkring o.v.v. demo Handyprobe.



AMPLIMO

LEVERT UIT VOORRAAD:

VERSTERKER-MODULES

KANT- EN KLAAR GARANTIE: 1 JAAR!
Eindversterkers: 15W, 30W, 60W, 120W en 180W sinus
Hoge kwaliteiten, lage prijzen, bijv. 30W kost slechts / 69,—
Alle zijn meervoudig beveiligd.
Uitstekende geluidskwaliteit.
Nieuw: MOSFET eindversterker-modules voor de allerbeste geluidskwaliteit.
Voedingen: met ringkerntrafo
Dit zijn de meeste verkochte complete versterker-modules in Ned.!

Nieuw: Speciale gitaar-voorversterker met veel regel mogelijkheden in kant-en-klare module, met Hammond nagalm

RINGKERN-TRAFO'S

Deze nieuwe ringkerntrafo's bieden veel voordelen t.o.v. de oude rechthoekige blikpakkettrafo's: **GEWICHT - HOOGTE** gehalveerd. **MAGN STROOIVELD** veel kleiner, dus min. brominductie. **NULLASTSTROOM** zeer laag. **SNEL** te monteren slechts 1 bout. **HOGE** betrouwbaarheid, want I.L.P. gebruikt prima materialen.
UIT VOORRAAD: meer dan 170 types van 15 tot 1000 VA. **LAGE** prijzen, bijv. 30 - 30 V 5A kost slechts / 99,—.

Verkrijgbaar bij meer dan 100 winkels in Nederland.
Ook in voorraad speciale ringkerntrafo's voor buizenversterkers van 40W en 100W, ringleidingen, 100V systeem, computervoedingen.
Meer gegevens worden op aanvraag gratis toegezonden.

AMPLIMO

AMPLIMO B.V. (in I.L.P. NEDU)
VOORSENINGSKANTWEG 1, 7481 DA DELDEN
TEL. 05407-62024, FAX 05407-67132

óók voor transformatoren

Ook in het brede assortiment transformatoren bewijst Amroh z'n klasse. Om er maar een paar te noemen:

- ★ Ingegoten trafo's voor print- en chassismontage (van 0,6 VA tot 24 VA);
- ★ Voedingstrafo's;
- ★ Ringkerntrafo's;
- ★ Regeltrafo's;
- ★ Aanpassingstrafo's.

Aleen al voor dit programma zijn heel wat bedrijven tot vaste Amroh-klanten getransformeerd. Vraag de documentatie.

Amroh B.V.
Aktueel in industriële activiteiten

Postbus 370, 1380 AJ Weesp
Telefoon: 02940 - 1 53 50
Telex: 15171 KAMU

AMROH

Lineair temperaturen meten tussen -50 en +150°C

Thermo sensor-IC's

De ontwerper die elektronisch temperaturen wil meten kan gebruik maken van thermo-sensoren. Maar deze zijn veelal toch te a-lineair. Gelukkig worden er nu door diverse IC-fabrikanten geïntegreerde thermo-sensoren aangeboden die in het gespecificeerde temperatuurbereik een lineair verloop hebben tussen temperatuur en uitgangsgrootte. Bovendien varieert die uitgangsgrootte voldoende in functie van de temperatuur om, zonder al te uitgebreide externe schakelingen, betrouwbare elektronische schakelingen te ontwikkelen.

Elektronisch temperaturen meten kan reeds tientallen jaren met zeer betrouwbare onderdelen. Dat zijn:

- thermokoppels;
- weerstanden met negatieve temperatuurscoëfficiënt, zogenaamde NTC's;
- weerstanden met positieve temperatuurscoëfficiënt, zogenaamde PTC's.

Deze drie thermo-sensoren zijn zeer nauwkeurig, goedkoop en betrouwbaar, maar hebben toch enige nadelen.

Thermokoppels werken op basis van het Seebeck-effect. Als twee draden van verschillend metaal tegen elkaar gelast worden zal er over de lasnaad een zeer kleine spanning verschijnen waarvan de grootte afhankelijk is van de metalen

maar ook van de temperatuur. Thermokoppels werken tamelijk lineair, maar leveren een zeer kleine spanning af. In figuur 1 zijn als voorbeeld de grafieken van enige in de praktijk gebruikte thermokoppels getekend. Hieruit blijkt duidelijk dat deze onderdelen over een zeer uitgebreid temperatuurbereik bruikbaar zijn, maar dat de uitgangsspanning in de grootte-orde van $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ligt. Deze onderdelen vinden dan ook hoofdzakelijk toepassing in industriële processen, voor het meten van hoge temperaturen als er geen andere alternatieven ter beschikking staan.

NTC's en PTC's zijn zeer goedkoop en bruikbaar over een temperatuurgebied van enige honderden graden, maar hebben als voornaamste nadeel dat het weerstandsverloop in functie van de temperatuur

Fig. 1 Karakteristieken van enige thermokoppel-elementen.

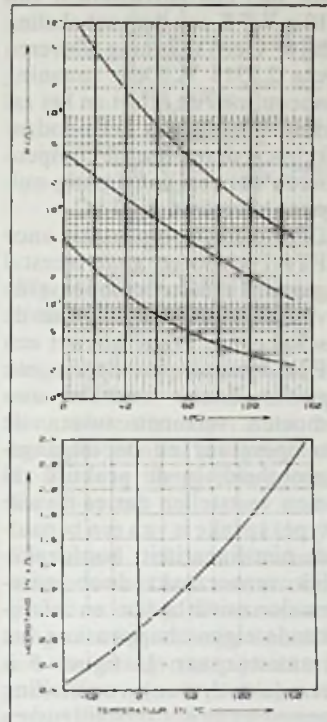
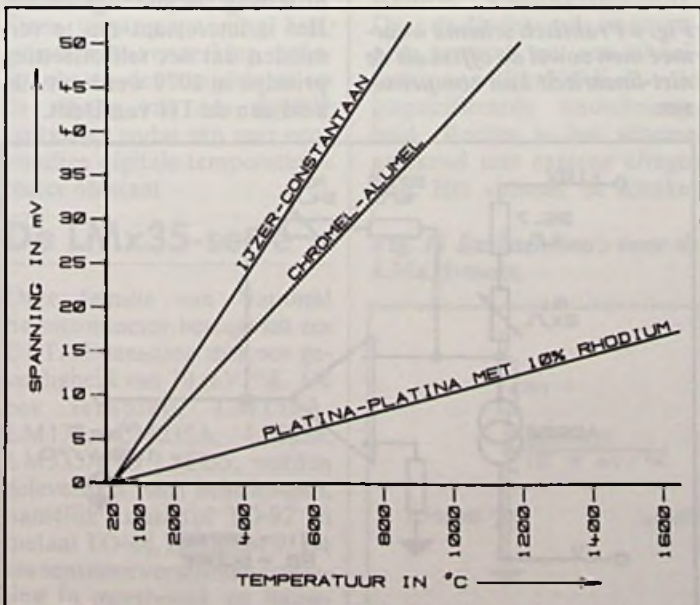


Fig. 2 Uit deze grafieken blijkt het niet lineaire gedrag van NTC's en PTC's.

alles behalve lineair is. In figuur 2 zijn als voorbeeld in de bovenste grafiek de R/t-karakteristiek van enige NTC's getekend en in de onderste deze van een PTC op basis van silicium. Hieruit blijkt duidelijk dat NTC's een omgekeerd-exponentiële curve hebben, terwijl PTC's weliswaar veel meer lineair werken, maar toch te a-lineair zijn om zonder compensatienetwerken gebruikt te kunnen worden.

Het zal dan ook geen verbazing wekken dat diverse IC-fabrikanten onderzocht hebben of het niet mogelijk is geïntegreerde thermo-sensoren te ontwerpen. Men is daar in geslaagd en op dit moment worden er diverse IC's aangeboden waarmee men relatief goedkope elektronische thermometers en thermostaten kan ontwerpen.

Deze sensor-IC's zijn in drie categorieën in te delen:

- zogenaamde IPTAT-sensoren, die een stroom leveren die recht evenredig is met de absolute temperatuur;
- zogenaamde UPTAT-sensoren, die een spanning leveren

die recht evenredig is met de absolute temperatuur;

- zogenaamde Celcius-sensoren, die een spanning leveren die de Celcius-schaal volgt. Alvorens de verschillende typen te bespreken is het noodzakelijk enige achtergronden te onthullen over de werkingsprincipes en de specifieke schakeltechnische eigenschappen van deze drie categorieën.

De IPTAT- en UPTAT-sensoren

Het letterwoord PTAT staat voor 'Proportional To Absolute Temperature'. Dit wil zeggen dat deze sensoren een stroom of een spanning leveren die recht evenredig is met de Kelvin temperatuurschaal. Het nulpunt van deze schaal ligt bij het fysische absolute nulpunt, de laagste temperatuur die theoretisch in de natuur kan voorkomen. Deze 0 °K ligt bij -273,15 °C, maar één graad Kelvin komt overeen met één graad Celcius. Ons nulpunt van 0 °C komt dus overeen met 273,15 °K.

PTAT-sensoren werken volgens het fysische verschijnsel dat de basis-emitter spanning van een silicium-transistor in hoge mate afhankelijk is van de temperatuur. Schakelt men de emitters van twee volledig identieke transistoren parallel en stuurt men door de ene een veel grotere collectorstroom dan door de andere, dan wordt het spanningsverschil tussen de twee basis-emitter spanningen gegeven door een zeer ingewikkelde formule, die te vereenvoudigen is tot $U_{be} = k \cdot T$

Hierin staat T voor de temperatuur van de halfgeleiders, uitgedrukt in de absolute temperatuurschaal in graden Kelvin en k voor een materiaalconstante.

Dit zeer kleine spanningsverschil kan, afhankelijk van de interne schakeling van het sensor-IC, worden omgezet in een uitgangsspanning UPTAT of een uitgangsstroom IPTAT.

Een UPTAT-sensor is op te vatten als een soort zenerdiode met een uitgangsspanning waarvan de waarde bepaald wordt door de temperatuur van het onderdeel. Een IPTAT-sensor is op te vatten als een stroombron, waarvan de uitgangsstroom door de temperatuur

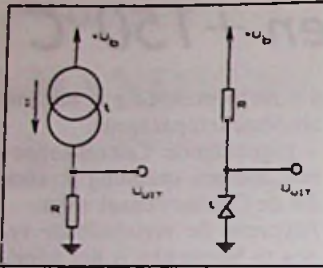


Fig. 3 De principiële schakeltechnieken voor IPTAT- en UPTAT-sensoren.

wordt bepaald. De symbolen en principiële toepassingschema's van PTAT-sensoren zijn getekend in figuur 3. De stroom van de IPTAT-sensor, links, wordt door een weerstand R geleid. Over deze weerstand ontstaat een spanning en het zal duidelijk zijn dat deze spanning ook recht evenredig is met de Kelvin-temperatuur. De UPTAT-sensor, rechts, wordt net zoals een zenerdiode via een voorschakelweerstand R over de voeding aangesloten. De UPTAT-spanning kan rechtstreeks over het onderdeel worden afgetakt.

Het recht evenredige verband van de PTAT-sensoren met de Kelvin-schaal komt er op neer dat deze sensoren bij 0 °K een spanning of stroom van nul zouden genereren en dat de spanning of stroom vanaf dat nulpunt met een bepaald, constant bedrag zal stijgen per °K temperatuurstijging. Bij de meeste PTAT-sensoren is dat constante bedrag vrij klein, 10 mV of 1 μA zijn standaardwaarden.

Het gevolg is dus dat deze sensoren bij onze normale temperaturen rond de 290 °K al een vrij grote uitgangsspanning of -stroom leveren en dat de meetgrootte slechts gering rond deze waarde zal schommelen.

De uitgangskarakteristiek van een PTAT-sensor kan dan ook

voorgesteld worden zoals getekend in figuur 4. Hier is het verloop van de uitgangsspanning of -stroom uitgezet in functie van de temperatuur in °C. Als men gebruik zou maken van een UPTAT-sensor met een gevoeligheid van 10 mV/°K zou deze schakeling bij 0 °C een spanning afleveren van 2,7315 V. Deze spanning noemt men de offset en het zal duidelijk zijn dat het noodzakelijk is deze offset te compenseren om een kunstmatig nulpunt te creëren bij 0 °C.

Deze offset-compensatie voor PTAT-sensoren gaat meestal gepaard met het compenseren van de niet-lineariteit van de schakeling. Want hoewel een PTAT-sensor in theorie een zuiver lineair verband zou moeten vertonen tussen de temperatuur en de uitgangsgrootte, in de praktijk zal men vaststellen dat er bij alle types sprake is van een bepaalde niet-lineariteit, hoofdzakelijk veroorzaakt door materiaalzuiverheden en afwijkende eigenschappen van het transistorpaar. In figuur 5 is een (overdreven) voorstelling gegeven van het verschil tussen de ideale en de praktische uitgangskarakteristiek van een PTAT-sensor. Er zijn twee afwijkingen van de ideale curve te onderscheiden. Op de eerste plaats heeft iedere

Fig. 5 Overdreven voorstelling van de niet-lineariteit van een PTAT-sensor.

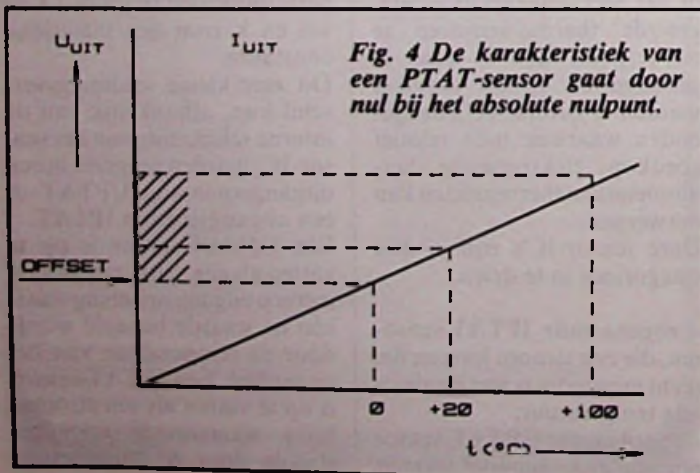
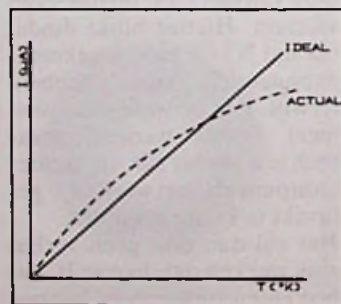


Fig. 4 De karakteristiek van een PTAT-sensor gaat door nul bij het absolute nulpunt.

PTAT-sensor een fout die veroorzaakt wordt door de spreiding op de gevoeligheid. Een IPTAT-sensor met een gespecificeerde gevoeligheid van 1 μA/°K zal in de praktijk een gevoeligheid hebben die ergens ligt in het gebied tussen 0,995 en 1,005 μA/°K. Deze spreiding veroorzaakt uiteraard een spreiding op de offsetspanning bij 0 °C, maar ook een ijkingsfout. Op de tweede plaats vertoont de curve een bepaalde niet-lineariteit, die ervoor zorgt dat het niet volstaat de sensor bij één bepaalde temperatuur te ijken.

Het schema dat vrijwel steeds wordt toegepast om een PTAT-sensor praktisch bruikbaar te maken is getekend in figuur 6. Er zijn twee instelpotentiometers aanwezig. R1 dient voor het compenseren van de offset-fout, R2 voor het ijken van de schakeling. In de praktijk komt het er op neer dat men twee ijkingspunten selecteert die in het praktische toepassingsgebied van de schakeling liggen. Moet men bijvoorbeeld een digitale thermometer ontwerpen met een meetbereik van -20 tot +50 °C, dan kan men de niet-lineariteitsfout beperken tot minder dan +/- 0,2 °C over het meetbereik als men de schakeling ijkt op 0 en +25 °C. Hoe dat gaat wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 7.

De voorbeeldschakeling levert een uitgangsspanning af van 100 mV/°C, zodat de uitgangsspanning bij 0 °C gelijk moet zijn aan 0,0 V en bij +25 °C aan +2,5 V. Grafiek a geeft de ongecompenseerde toestand weer. Eerst wordt de sensor afgekoeld tot 0 °C en met R1 wordt de uitgangsspanning

Fig. 6 Praktisch schema waarmee men zowel de offset als de niet-lineariteit kan compenseren.

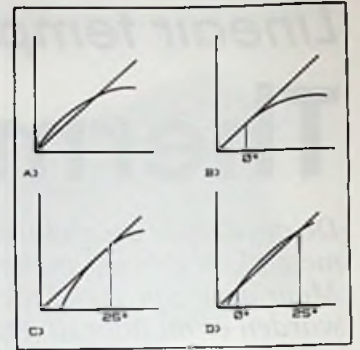
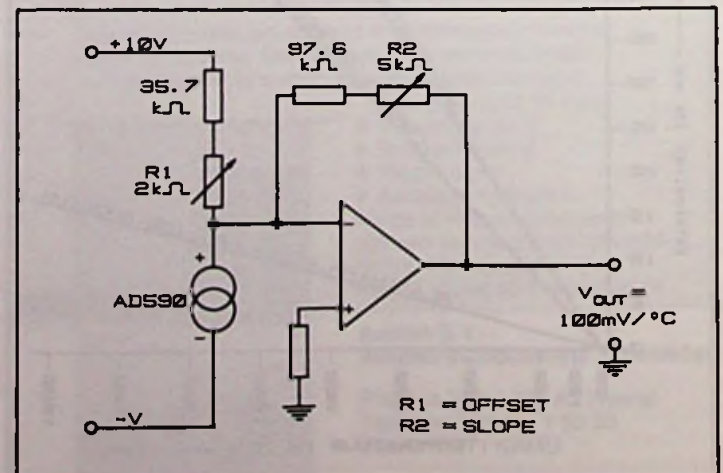


Fig. 7 Grafische voorstelling van de invloed van de diverse afregelstappen op de karakteristiek van een PTAT-sensor.

afgeregeld op precies 0,0 V (grafiek b). Nadien wordt de sensor opgewarmd tot +25 °C en wordt met behulp van R2 de uitgangsspanning afgeregeld op precies +2,5 V (grafiek c). Deze twee afregelingen moeten enige malen herhaald worden totdat voor beide ijkingspunten de praktische transferkarakteristiek samenvalt met de theoretische (grafiek d).

Celsius-sensoren

De vervelende eigenschappen van PTAT-sensoren, met name de offset en de tijdrovende afregeling, hebben geleid tot het ontwikkelen van een tweede generatie sensor-IC's, de zogenaamde Celsius-sensoren. Deze hebben een interne offset-compensatie met als gevolg dat zij een uitgangsstroom of -spanning genereren die de °C schaal volgt. Bij 0 °C leveren zij een uitgangsgrootte af die 0 is, bij lagere temperaturen leveren zij een negatieve uitgang, bij hogere temperaturen een positieve. Vandaar dat deze sensoren ook wel 'self-offsetting' worden genoemd. Het is interessant om te vermelden dat het self-offsetting principe in 1979 werd ontwikkeld aan de TH van Delft.

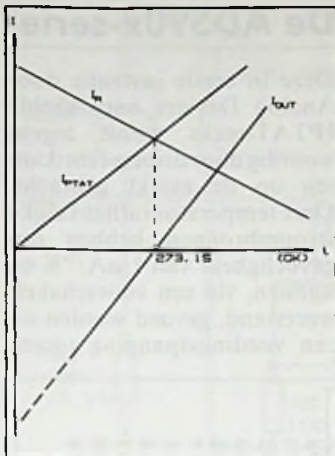


Fig. 8 De werking van een Celsius-sensor berust op het stroomverschil tussen twee temperatuurafhankelijke stromen.

Bij dit principe wordt uitgegaan van twee temperatuurafhankelijke stroombronnen, zie figuur 8. De ene werkt volgens het IPTAT-principe, de tweede levert een stroom die omgekeerd evenredig is aan de basis-emitterspanning van een transistor. De grootte van deze tweede stroom IR is eenvoudig in te stellen door het trimmen van een weerstand op de chip. Zoals uit de grafieken van figuur 8 volgt kan men IR nu zo afregelen dat deze bij 273,15 °K precies gelijk is aan de IPTAT-stroom. De twee stromen worden van elkaar afgetrokken, zodat de uitgangsstroom IOUT = IPTAT - IR. Het gevolg is dat bij 0 °C de uitgangsstroom nul is. Bij negatieve Celcius-temperaturen is IPTAT kleiner dan IR en IOUT dus negatief. Bij positieve Celcius-temperaturen is IPTAT groter dan IR en IOUT bijgevolg positief. De uitgangsstroom wordt omgezet in een uitgangsspanning. Deze uitgangsspanning kan, eventueel na versterking, rechtstreeks worden aangesloten op de ingang van een digitale voltmeter zodat een zeer eenvoudige digitale temperatuurmeter ontstaat.

De LMx35-serie

Deze familie van National Semiconductor bestaat uit zes UPTAT-sensoren met een gevoeligheid van 10 mV/°K. De zes sensoren, LM135A, LM135, LM235A, LM235, LM335A en LM335, worden geleverd in twee behuizingen, namelijk kunststof TO-92 en metaal TO-46, zie figuur 9. De zes sensoren verschillen onderling in meetbereik en nauw-

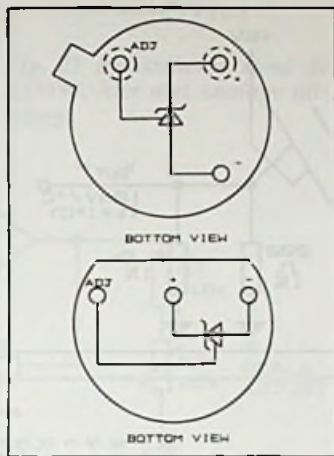


Fig. 9 Behuizingen en aansluitgegevens van de LMx35-serie.

keurigheid. Deze verschillen zijn samengevat in de tabel van figuur 10. De nauwkeurigheid is gemeten over het volledige meetbereik en zonder externe afregeling.

Part	Temp. range	Accuracy
LM135A	-55 to +150 °C	± 1.3 °C
LM135	-55 to +150 °C	± 2.0 °C
LM235A	-40 to +125 °C	± 1.3 °C
LM235	-40 to +125 °C	± 2.0 °C
LM335A	-40 to +100 °C	± 2.0 °C
LM335	-40 to +100 °C	± 4.0 °C

Fig. 10 Het bereik en de nauwkeurigheid van de leden van de LMx35-familie.

Deze sensoren beschikken namelijk, zoals uit de aansluitstekeningen blijkt, over een derde pen, 'ADJ' genaamd. Met deze pen is het mogelijk de nauwkeurigheid van een individuele sensor op te voeren. Hoe dat gaat is getekend in figuur 11. Links is de basischakeling getekend, zonder externe afregeling. De sensor wordt in serie met een weerstand aangesloten op een zeer stabiele voedingsspanning. Over de diode wordt een spanning gemeten met een schaalfactor van 10 mV/°K +/- de gespecificeerde nauwkeurigheid. Rechts is het schema getekend met externe afregeling. Het volstaat de schake-

Fig. 11 Basisschema's voor de LMx35-reeks.

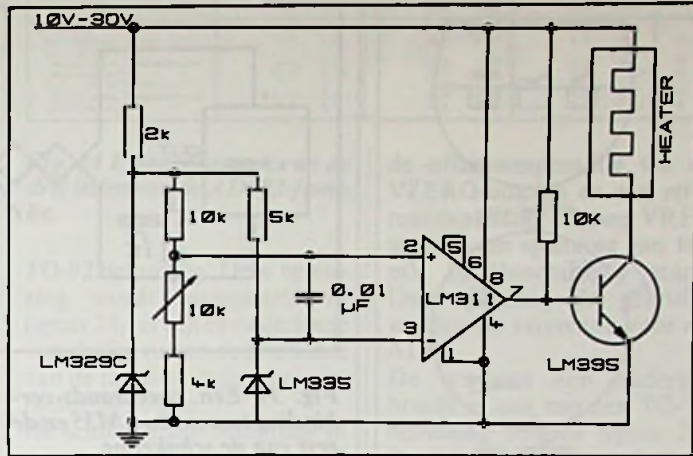
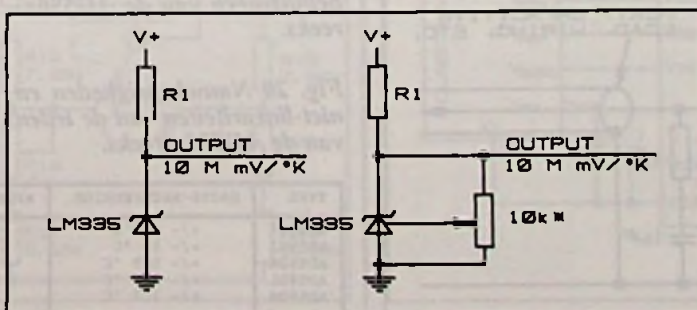


Fig. 12 Eenvoudige thermostaat met aan/uit-regeling.

ling met behulp van de instelpotentiometer van 10 kΩ op één referentietemperatuur in het meetbereik af te regelen om de fout over het gehele gebied te reduceren.

De sensor trekt via de voorschakelweerstand een stroom uit de voeding. Deze stroom mag niet kleiner zijn dan 400 μA en niet groter zijn dan 5 mA. Een groot probleem is echter dat er door deze stroom een bepaald vermogen in de sensor wordt gedissipeerd. Dit vermogen zal de sensor opwarmen waardoor de sensortemperatuur hoger wordt dan de te meten omgevingstemperatuur. Om deze fout te reduceren moet de sensor steeds bedreven worden met de minimale stroom die in de specifieke applicatie nog haalbaar is. Als men bijvoorbeeld de sensor toepast in een kamerthermometer waarbij de meettemperatuur gegarandeerd nooit boven de 40 °C zal stijgen, dan moet men de voorschakelweerstand zo dimensioneren dat er bij de sensorspanning die bij deze temperatuur over het IC ontstaat nog precies 400 μA door het onderdeel vloeit. Als basischakeling voor een digitale thermometer kan het in figuur 6 getekende schema dienen. De AD590 kan daarin vervangen worden door een type uit de LMx35 serie, maar

men zal natuurlijk wel de waarde van de diverse onderdelen experimenteel moeten aanpassen.

In figuur 12 is een eenvoudige thermostaatschakeling met de LMx35 getekend. De invertende ingang van een als comparator geschakelde operationele versterker staat over de sensor, de niet-invertende ingang is verbonden met een potentiometer waarmee men de temperatuur kan instellen waarbij het verwarmingselement via de transistor wordt ingeschakeld.

De LM35x-serie

Een reeks van vijf Celcius-sensoren met een uitgangsspanning van 10,0 mV/°C en een eigen stroomverbruik van slechts 60 μA, die gevoed kan worden uit een voedingsspanning tussen de 4 en 30 V. Dankzij het zeer lage eigen stroomverbruik bedraagt de temperatuurstijging ten gevolge van de eigen dissipatie slechts 0,08 °C.

Part	Temp. Range	Accuracy
LM35A	-55 to +150 °C	± 1.0 °C
LM35	-55 to +150 °C	± 1.5 °C
LM35CA	-40 to +110 °C	± 1.0 °C
LM35C	-40 to +110 °C	± 1.5 °C
LM35D	0 to +100 °C	± 2.0 °C

Fig. 13 Eigenschappen van de verschillende leden van de LM35x-familie.

De verschillen tussen de vijf types zijn samengevat in de tabel van figuur 13, de twee leverbare behuizingen met hun aansluitgegevens zijn verenigd in figuur 14.

In figuur 15 zijn de twee basischakelingen rond de LM35x getekend. De bovenste is geschikt voor het meten van positieve temperaturen van +2 tot +150 °C. Met de onderste kan men het volledige meetbereik van de sensor benutten, dus van -55 tot +150 °C. De

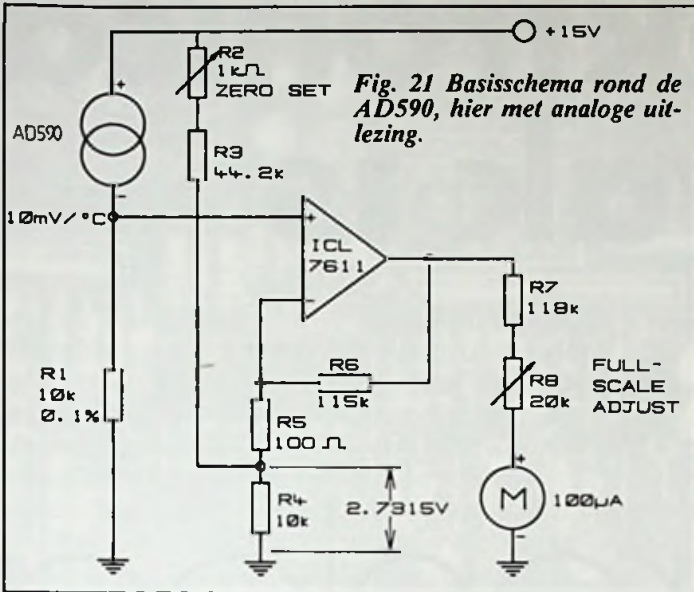


Fig. 21 Basisschema rond de AD590, hier met analoge uitlezing.

ning gaat rechtstreeks naar de niet-inverterende ingang. De op-amp is geschakeld als verschilversterker en versterkt het spanningsverschil tussen de sensorspanning en de offsetspanning. De schakeling wordt geijkt op 0 °C met behulp van R2 en op +50 °C met R8.

In figuur 22 wordt een eenvoudig apparaatje beschreven dat als voorzetapparaat kan worden gebruikt voor digitale universeelmeters. Een ingang van de meter wordt aangesloten op de offsetcompensatie spanning, de tweede op de sensorspanning. Op deze manier meet de meter vanzelf het spanningsverschil. Er zijn twee

identieke sensoren aanwezig, maar dat is uiteraard niet noodzakelijk. Ook de omschakeling tussen Celcius- en Fahrenheit-schaal zal niet iedereen even nuttig vinden.

AD592xN-serie

Deze reeks van Analog Devices bestaat uit drie goedkope IPTAT-sensoren in kunststof

Fig. 23 Behuizing van de AD592xx-reeks.

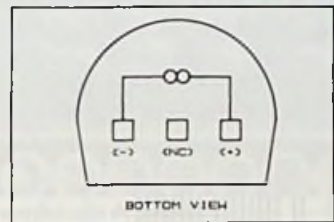
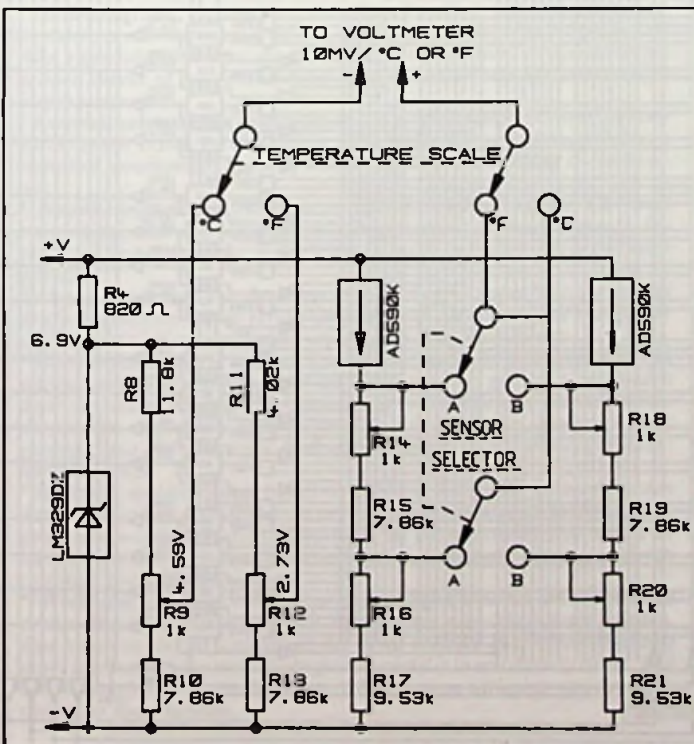


Fig. 22 Digitale temperatuurmeter als voorzet voor een digitale universeelmeter.



MODEL	Min	AD592AN Typ	Max	Min	AD592BN Typ	Max	Min	AD592CN Typ	Max	Units
ACCURACY										
Calibration Error 25°C		1.5	2.5	0.7	1.0		0.3	0.5		°C
T _s = 0 to +70°C		1.8	3.0	0.8	1.5		0.4	0.8		°C
Error over Temperature		0.15	0.35	0.1	0.25		0.05	0.15		°C
Nonlinearity*										
T _s = -25 to +105°C		2.0	3.5	0.9	2.0		0.5	1.0		°C
Error over Temperature*		0.25	0.5	0.2	0.4		0.1	0.35		°C
Nonlinearity*										

Fig. 24 Eigenschappen van de drie leden van de AD592-familie.

TO-92 behuizing. Deze behuizing wordt voorgesteld in figuur 23, terwijl de onderlinge verschillen tussen de drie leden van de familie uit de tabel van figuur 24 volgen.

De sensoren zijn bruikbaar in een temperatuurbereik van -25 tot +105 °C en worden gevoed uit een positieve spanning tussen de 4 en de 30 V.

ICL8073xx-serie

Een reeks van acht UPTAT-sensoren van Intersil, speciaal ontwikkeld om samen met de bekende 710x ADC's een zo eenvoudig mogelijke digitale thermometer te maken. De schakeling heeft een ingebouw-

de offsetcompensatie via de VZERO-uitgang en een referentiespanning uitgang VREF waarop een spanning van 100 mV ter beschikking staat. Deze spanning kan gebruikt worden als referentie voor de ADC.

De sensoren zijn ondergebracht in een metalen TO-71 behuizing volgens figuur 25. De acht exemplaren uit deze serie verschillen uiteraard in niet-lineariteit en nauwkeurigheid. Deze verschillen zijn samengevat in de tabel van figuur 26.

Het meetbereik van de I-serie loopt van -25 tot +85 °C, terwijl men met de M-reeks temperaturen tussen -55 en +125 °C kan meten. De schakelingen kunnen gevoed worden uit een positieve spanning tussen de 2,7 en de 30 V.

In figuur 27 is een voorbeeldschakeling getekend, waarbij een ICL8073xx samenwerkt met een 7106 of 7107 digitale voltmeter. De 07 werkt met LED-display's, terwijl de 06 het met LCD's doet. Er zijn dus (naast de uitlezingen) slechts drie onderdelen noodzakelijk voor het samenstellen van een digitale thermometer!

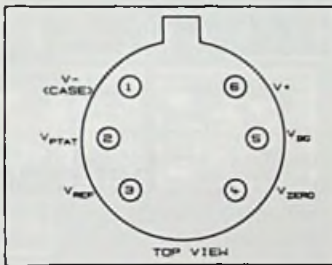


Fig. 25 Behuizing en aansluitgegevens van de ICL8073xx-reeks.

Fig. 26 Karakteristieken van de ICL8073xx-reeks.

TYPE	NAUWKEURIGHEID	NIET-LINEARITEIT
ICL8073LI	+/- 1,0 %	+/- 0,5 %
ICL8073KI	+/- 1,5 %	+/- 0,5 %
ICL8073JI	+/- 3,0 %	+/- 1,0 %
ICL8073II	+/- 5,0 %	+/- 1,5 %
ICL8073LM	+/- 1,0 %	+/- 0,5 %
ICL8073KM	+/- 1,5 %	+/- 0,5 %
ICL8073JM	+/- 3,0 %	+/- 1,0 %
ICL8073IM	+/- 5,0 %	+/- 1,5 %

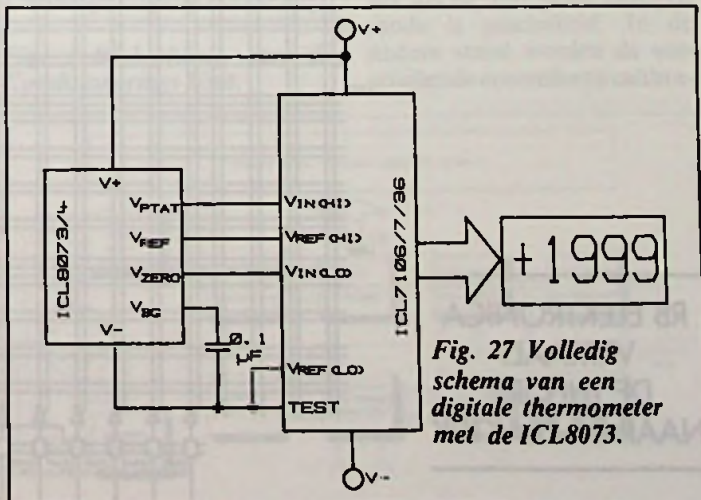


Fig. 27 Volledig schema van een digitale thermometer met de ICL8073.

NLR Conditionerings Unit voor windtunnel-metingen

Sensor-signaalbewerking

Met de komst van nieuwe sensoren, wordt adequate signaalbewerking van groter belang. Bij veel windtunnelmetingen is vooral de onderlinge samenhang van de diverse sensor-signalen op een bepaald meettijdstip belangrijk. De door de NLR gebruikte techniek en opzet van sensor-signaalbewerking is echter ook interessant voor veel andere toepassingen waarbij kleine signalen (al of niet afkomstig van sensoren) zeer nauwkeurig en snel verwerkt moeten worden.

De Conditionerings Unit welke in dit artikel wordt beschreven is de eenheid voor het 'conditioneren' van alle voorkomende sensorsignalen (zowel passief als actief) ten behoeve van het NLR Data Acquisitie Systeem. Door de opzet, snelheid en nauwkeurigheid van unit en systeem, is hier sprake van 'real time data acquisitie'.

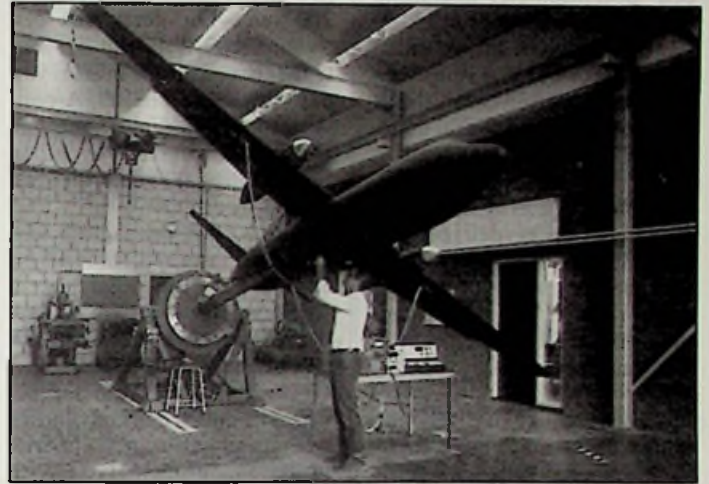
Opbouw van de CU

Om het ook praktisch mogelijk te maken dat de CU aan de

genoemde eisen voldoet, is gekozen voor een modulaire opbouw in de vorm van functionele modules.

De functionele units (kaarten) zijn zodanig opgebouwd dat elk van hen kan worden verwijderd, vervangen of gemodificeerd, zonder de werking van de andere aan te tasten en/of te beïnvloeden. Dit maakt het tevens mogelijk iedere functiekaart ook voor andere toepassingen te gebruiken.

In figuur 1 is een blokschema met de elementaire verbindingen gegeven. Op het frontpaneel zijn alle schakelaars,



Sensoren zijn van wezenlijk belang bij metingen aan modellen als deze Fokker 50 in de windtunnel in de Noord-Oost polder.

potmeters en displays aangebracht ten behoeve van handbediening. Het is duidelijk dat het analoge gedeelte tot en met de A/D-converter geheel 'zwevend' is uitgevoerd. Alle digitale data en regelsignalen zijn verbonden via relais of optocouplers.

De CU is opgebouwd met de volgende modules, ondergebracht op een eurokaart van 100 x 160mm (zie fig. 1):

- Handbediening en display
- Nul-offset schakeling
- Sensor voeding
- Instrumentatieversterker
- Laag-doorlaat filter
- Overbelasting detectie
- Analoge uitgang schakeling

Fig. 1 Blokschema van de Conditionerings Unit.

- A/D Converter
- BIN/BCD Converter
- Digitale bus interface
- 'Zwevende' voeding
- Gearde voeding

De werking van deze modules wordt, zo nodig aan de hand van vereenvoudigde prinseschema's, verduidelijkt.

Handbediening en uitlezing

Op het frontpaneel zijn de verschillende potmeters, schakelaars en een display aangebracht. Het 7 segment display is voor uitlezing van de A/D converter. Wanneer dit niet gebruikt wordt, kan het worden uitgeschakeld om extra warmteontwikkeling tegen te gaan.

Handbediening is alleen mogelijk als de unit in de LOCAL mode is geschakeld. In de andere stand worden de verschillende controles en calibra-

Ontwerpfilosofie

De basis-eisen die aan de CU gesteld worden zijn de volgende.

* **Data-integriteit;** de waarborg voor hoge kwaliteit van verkregen data-signalen, is alleen mogelijk als er wordt uitgegaan van het volgende feit: Alle eigenschappen van de gebruikte componenten en schakelingen hebben direct of indirect invloed op de kwaliteit van het uiteindelijke uitgangssignaal.

* **Automatisch testen en calibratie;** de CU is van faciliteiten voorzien voor automatisch testen en calibreren. Dit maakt het tevens mogelijk een compleet meetkanaal, inclusief sensor, op de juiste werking te controleren.

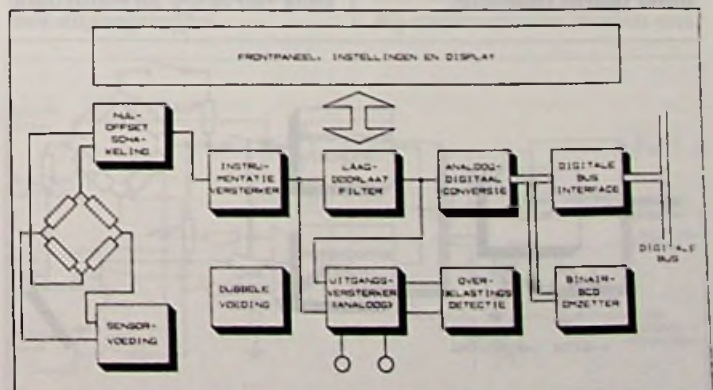
* **Nauwkeurigheid;** de resolutie en nauwkeurigheid van de CU moet evenredig zijn aan die van de nauwkeurigste sensor die beschikbaar is. Dit geldt ook in het geval dat halfgeleider of hoog-impedantie types worden gebruikt.

* **De nauwkeurigheid van de sensor moet de begrenzende faktor zijn, niet de eigenschappen van de verwerkingseenheid.** De CU mag de transducer niet 'belasten' of op een andere wijze het gedrag beïnvloeden.

* **Kanaalscheiding;** elk analoog kanaal moet volledig geïsoleerd zijn van alle andere kanalen. Dit houdt in dat elke transducer gevoed moet worden door een eigen voeding. Ook geen gemeenschappelijke massa verbindingen zijn toegestaan. Deze technische luxe maakt het systeem minder gevoelig voor kortsluitingen. Ook worden andere configuraties gemakkelijker mogelijk.

* **Snelheid;** de data-rate en bandbreedte moet aangepast kunnen worden aan de specifieke toepassing. In het algemeen zal deze zo laag mogelijk gehouden worden. Fase-draaiing moet zo klein mogelijk zijn tussen de kanalen onderling zodat synchrone data beschikbaar zijn in geval van continue sweep-testen/meten.

* **'Werkbank'-gebruik;** voor preparatie van een CU en het lokaliseren van eventuele storingen moet een unit 'stand-alone' gebruikt kunnen worden. Dat houdt in dat de werking in dat geval volledig in overeenstemming moet zijn met die van een CU die geïntegreerd is in een data-systeem. Een consequentie hiervan is dat iedere CU een eigen uitlezing van de A/D-converter moet hebben.



ties bestuurd (via de databus) door de computer.

Nul-offset schakeling

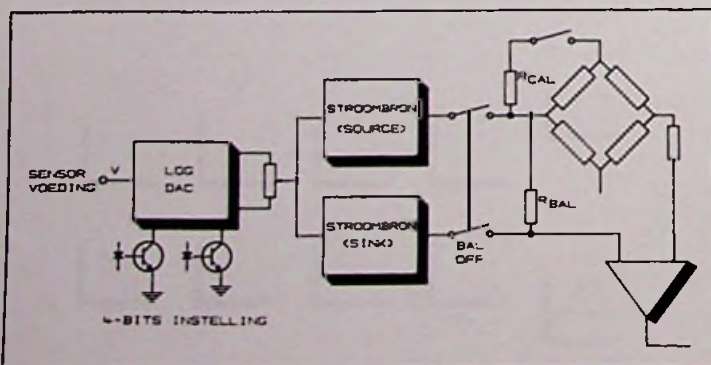
De gebruikelijke schakeling om offset weg te regelen bij brugschakelingen bestaat uit een potentiometer-weerstand combinatie waardoor één kant van de brug uit balans gebracht wordt. Hoewel erg simpel en eenvoudig uit te voeren, heeft deze methode een aantal nadelen:

- het belast de brug, dus beïnvloedt het de gevoeligheid en de temperatuurcompensatie
- het bereik en de resolutie zijn proportioneel aan de brugimpedantie, welke in de praktijk kan variëren van 60 Ω tot ca. 4 kΩ
- de brugimpedantie zelf kan temperatuur-afhankelijk zijn
- de meeste potmeter-weerstand schakelingen functioneren niet bij actieve sensoren met een lage impedantie
- het is voor de CU niet gewenst dat de sensor altijd deel moet uitmaken van een brugschakeling.

Om de genoemde nadelen te voorkomen, wordt in de CU een andere offset schakeling toegepast (fig. 2).

In dit geval wordt een spanning op de input gebracht door middel van twee gebalanceerde stroombronnen en een weerstand in serie met een ingang van de instrumentatie versterker. De stroom is propor-

Fig. 2 Principe van nul-instelling. De stroom door R2 voorziet de versterker van de benodigde compensatiespanning. Een brug aan de ingang is niet noodzakelijk. Dit principe is ook te gebruiken bij actieve sensoren. R1 wordt parallel geschakeld aan een brugweerstand tijdens calibratie.



tioneel aan de brugspanning om een constante relatie-nauwkeurigheid te krijgen. De compensatie wordt ingesteld door een duimwielenschakelaar op het frontpaneel, waarbij stappen van 3 dB (ca. een factor 1,4) mogelijk zijn. Gebaseerd op een brugspanning van 10V, is het gevoeligste volle bereik ± 1 mV en het maximum bereik ± 200 mV. Dit geeft dus een dynamisch bereik van 200 x en wordt bereikt door middel van een logaritmische D/A-converter met een 4-bit input.

Binnen elk bereik is bovendien fijnafstelling mogelijk met een 10-slags potmeter. De nul-offset schakeling kan zowel bij handbediening als bij computersturing uitgeschakeld worden. Het is dan bij voorbeeld mogelijk de onbalans van een sensor te controleren. Gecombineerd met het zero-offset circuit is een eenvoudige weerstand-calibratie voorziening aangebracht (RCAL). Een weerstand van 150 k wordt parallel geschakeld met een brugweerstand. De resulterende offset kan dan vooraf bepaald worden en een vergelijking voorziet dan in een goede controle op de kabelverbindingen en de werking van de sensor.

Sensorvoeding

De uitgangsspanning van een sensor is meestal direct proportioneel met z'n voedingspanning. De voeding moet dus aan dezelfde hoge eisen voldoen als de andere schakelingen. Dit is de reden dat de toegepaste spanningsreferentiebron temperatuur gecompenseerd is (fig. 3).

De voedingspanning wordt ingesteld door middel van een duimwielenschakelaar op het frontpaneel, waarmee instelling van 0 tot 15 volt mogelijk is in stappen van 1 V. De 4-bit uitgang van deze schakelaar is tevens beschikbaar op de uitgang van de CU als status data.

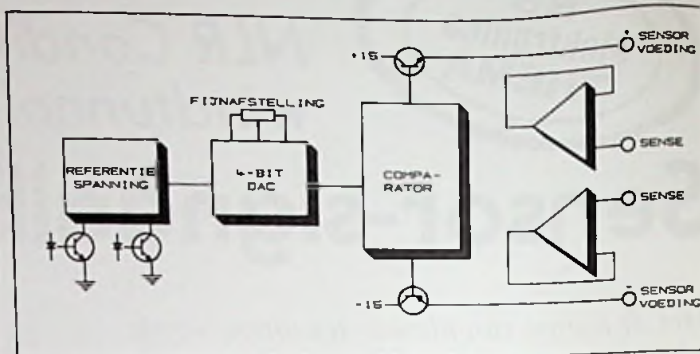


Fig. 3 Sensorvoeding met sense leidingen.

Tussenliggende spanningen kunnen ingesteld worden door een 10-slags potmeter.

Om het gebruik van lange kabels mogelijk te maken, wordt de spanning via extra senseleidingen naar de sensor zeer nauwkeurig en stabiel gehouden. De sense spanning wordt vergeleken met het setpoint van een 4 bit D/A-converter in een terugkoppel-schakeling. Via een relais op de A/D-module kan de exitatie spanning gemeten worden (zie fig. 3). De specificaties van deze unit zijn:

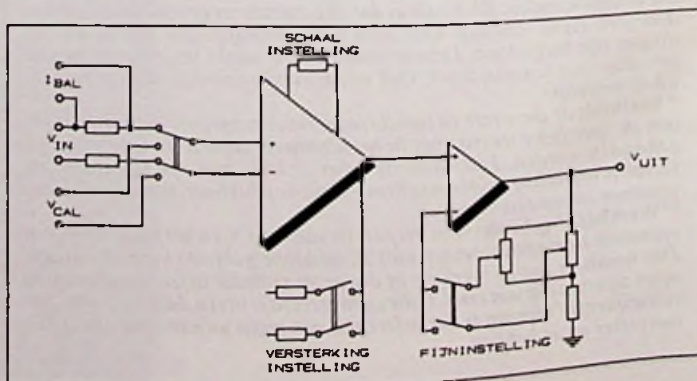
- spanningsbereik 0-15 V
- nauwkeurigheid ($\Delta T=10^{\circ}C$) $\pm 0,5$ mV
- stroombereik 100 mA.

Versterker module

De versterker module (fig. 4) bestaat uit twee achter elkaar geplaatste versterkertrappen. De eerste is een instrumentatie versterker met excellente eigenschappen betreffende versterking, offset en lineariteit. De versterking wordt op 0,2% nauwkeurig ingesteld door omschakeling van vaste weerstanden.

De versterking is instelbaar van 1 tot 1000 (in 1-2-5 stappen). In de tweede versterkertrap, uitgerust met een zeer stabiele versterker, kan de

Fig. 4 Versterker.



totale versterking zeer nauwkeurig (0,01%) worden fijn geregeld. Deze configuratie voorkomt het gebruik van instelpotmeters in het zeer gevoelige low-level circuit.

Calibratie van de versterker-eenheid wordt gerealiseerd door op de ingang een calibratie-spanning V_{CAL} aan te brengen. Deze wordt toegevoerd via een bi-stabiel relais om thermokoppel spanningen over de contacten door warmte-afgifte van de spoel te voorkomen.

De versterking-schakelaar (10 posities) schakelt direct de R_{GAIN} weerstanden en is op het frontpaneel van de CU ondergebracht. Een extra deck van deze schakelaar wordt gebruikt voor uitlezing van de versterking-instelling. Tevens worden deze signalen gebruikt voor aansturing van FET-schakelaars in de tweede versterkertrap.

De specificaties van de versterker-eenheid zijn:

- instelbereik versterking: 1-2-5-1000
- nauwkeurigheid van de instelling: $\pm 0,01\%$
- lineariteit: $\pm 0,005\%$
- nul-drift: $\pm 0,25 \mu V/^{\circ}C$
- bandbreedte (-3dB) $G=1/1000$ 100 kHz/25 kHz

Laag-doorlaat filter

Bij het meten van statische signalen is het zinvol data wis-selingen tot een minimum te

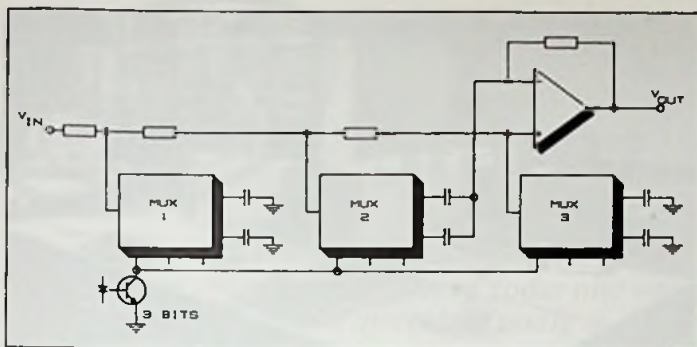


Fig. 5 Laag-doorlaat filter.

bepreken. Als een enkele uitlezing representatief is voor de juistheid van het gemeten signaal, dan moeten de onvermijdelijke fluctuaties van het versterkte sensor-sigitaal kleiner zijn dan de resolutie van de A/D-converter. Om dit te bereiken is een laag-doorlaat filter aangebracht tussen de uitgang van de instrumentatie versterker en de ingang van de A/D-converter.

Na een spectrum analyse van een groot aantal meetsignalen, afkomstig van sensoren, die veelvuldig in windtunneltoepassingen gebruikt worden, zijn de parameters gedefinieerd van het benodigde laag-doorlaat filter. Een derde orde Bessel filter met nominale kantelfrequenties van 1-3-10-30 Hz bleek het beste te voldoen voor de statische signalen. Voor de overige meetsignalen wordt 100, 300, 1000 en breedband gebruikt.

Een ander belangrijk punt is, dat bij metingen waarbij het object waarop de sensors zijn aangebracht continu beweegt, alle meetsignalen van één bepaald meettijdstip moeten zijn. Dit houdt in dat faseverschillen tussen verschillende kanalen onderling voorkomen moeten worden. Dit is de reden dat een filter met een lineair fasegedrag is gekozen (Bessel) zodat de tijdvertraging voor alle signalen precies gelijk is.

De kantelfrequentie wordt door middel van een 8-stappen draaischakelaar ingesteld. De FET multiplexers die de filter condensatoren schakelen, zijn via opto-couplers met de schakelaar verbonden. Ook hier wordt de schakelaar positie in 3 bits in de status data gepresenteerd. De specificaties zijn:

- kantelfrequentie: 1, 3, 10, 30, 100, 300, 1000 Hz en breedband
- tijdvertraging: 350, 115, 35, 11,5, 3,5, 1,15 en 0,35 ms

- breedband (-3 dB) 50 kHz
- versterking (DC) $1 \pm 0,002\%$.

Overbelasting detectie

Deze module heeft een dubbele functie:

- controle of het breedband signaal binnen het dynamisch bereik van de instrumentatie versterker blijft
- directe overbelasting detectie, dat wil zeggen als het gefilterde analoge signaal bepaalde instelbare grenzen overschrijdt.

De eerste functie is vooral belangrijk om clippen te voorkomen. De grenzen zijn \pm en $-10,5$ V op de uitgang van de instrumentatieversterker. De grenzen worden afgeleid van een zenerdiode referentie.

De absolute waarde van de drempel voor het gefilterde signaal wordt ingesteld door middel van een 10-slags potmeter. Het heeft een lineaire schaal en maakt gebruik van de nauwkeurige V_{REF} van de sensor voeding.

Wanneer een van de twee detectoren wordt aangesproken, wordt een flip-flop geset. Het kan worden uitgelezen als status data en handmatig of door een extern signaal, gereset worden.

Analoge uitgang

Veelvuldig is tevens het analoge signaal van een data kanaal vereist voor bijvoorbeeld oscilloscoop metingen, RMS omzetting of spectrumanalyse. Het aansluiten van extra meetapparatuur mag geen invloed hebben op de zwevende massa van het ingangscircuit. Om die te bereiken zijn bufferversterkers toegepast.

Om aardlussen via analoge of digitale circuits te voorkomen, is voor de bufferversterkers een eigen voeding toegepast. Het kan noodzakelijk zijn

voor bepaalde metingen direct de zwevende analoge signalen ter beschikking te hebben. Om de signalen niet te beïnvloeden worden spanningsvolgers gebruikt.

Snelle A/D-converter

Voor toepassingen waarbij zowel snelheid als nauwkeurigheid van groot belang zijn, is de CU unit uitgerust met een snelle A/D-converter. Er wordt gebruik gemaakt van een A/D-converter met een conversietijd van $50 \mu\text{s}$ en een intern sample-and-hold circuit. Hierdoor is het mogelijk sensor-signalen met een frequentiebereik van 20 kHz te verwerken. Om aan de eisen van windtunnelgebruikers te voldoen is een resolutie van 14 of 15 bits vereist.

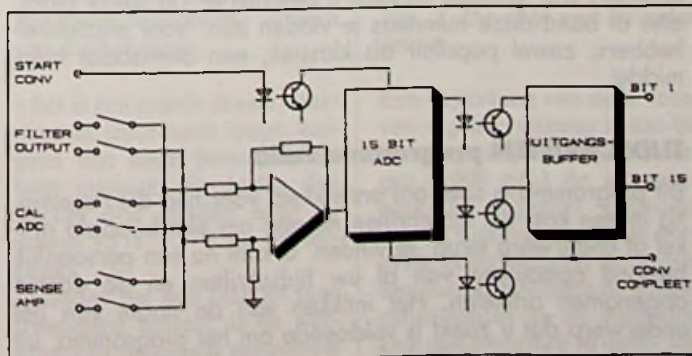
Met de toegepaste opzet en schakeling wordt een resolutie bereikt van 15 bits binair (incl. teken) met een schaalfactor van 1 mV per stap. Dit houdt in dat het volledige bereik $\pm 16,384$ Volt is. Dit komt nagenoeg overeen met de maximum sensor spanning van 16 V).

Het versterkte en gefilterde analoge signaal zal ongeveer ± 10.000 stappen van dit bereik gebruiken. De A/D-converter zelf heeft een bereik van ± 10 V, zodat een ingangsvzwakker noodzakelijk is. Deze maakt deel uit van de ingangsvzwakker.

De A/DC module heeft drie analoge inputs, welke door middel van twee relais worden geselecteerd:

- de normale input; deze is verbonden met de uitgang van het laag-doorlaat filter
- de 'excitation' input, welke verbonden is met de uitgang van de sense versterkers van de sensorvoeding

Fig. 6 Snelle A/D-converter met uitgangsbuffer.



- de 'calibratie' input, welke verbonden is met een externe referentie spanning voor on-line calibratie.

De relais kunnen op het frontpaneel worden bediend door computer commando's. De converter uitgang is door middel van opto-couplers verbonden met een buffer waarvan de digitale inhoud wordt 'ververst' door het 'conversion complete' signaal.

Door deze optocouplers ontstaat een volledige scheiding van 'zwevende' en 'met massa verbonden' schakelingen van de CU unit (zie fig. 6).

'Langzame' A/D-converter

Voor die gevallen waarbij maximum stabiliteit, resolutie en ruisonderdrukking vereist is, wordt gebruik gemaakt van een andere A/D-converter. Deze heeft een conversietijd van 50 ms en is pin-compatible met de snelle versie. De resolutie is 16 bits met het zelfde bereik met gevolg dat de kleinste stap een waarde heeft van 0,5 mV.

Binair to BCD converter

Beide A/D-converters hebben een 'binaire uitgang ten behoeve van de databus voor de computer. Omdat de CU uitgevoerd is met een decimaal display, is omzetting naar BCD noodzakelijk. Dit wordt gerealiseerd door vier EPROM's.

Digitale bus interface

De primaire functie van deze module is de communicatie met de digitale bus, zoals timing, status, gemeten waarden en commando signalen. Bij communicatie moeten ook

de instellingen van de schakelaars en potmeters op het front worden 'vertaald'.

Tijdsignalen zijn bij voorbeeld 'start conversion', 'conversion complete' en het strobe signaal. Deze laatste is een individueel signaal per CU. De status 'data' bestaat onder andere uit de afstelling van versterking en filters.

De 'gemeten data' is het 15 of 16 bit uitgangssignaal van de A/D-converter.

Commando signalen kunnen zowel van de computer of van het frontpaneel komen.

'Zwevende' voeding

Deze voeding levert de +/- 15 V 300 mA en 5 V 250 mA voor de 'zwevende' ingangsschakelingen. Er wordt gebruik gemaakt van een dubbele afgeschermde trafo om minimale capacatieve koppeling met het net te realiseren. Grote zorg is besteed om het verbruik zo klein mogelijk te houden. Schakelende regelaars zijn niet gebruikt om de kans van hoogfrequent stoorpulsen te voorkomen. Zorgvuldig gedimensioneerde serie-regelaars zijn daarom toegepast. De netin-

gang is bovendien voorzien van een efficiënt EMI filter.

Gearde voeding

Deze voeding levert de 5 V 700 mA die nodig is voor de digitale circuits, display, relais en de +/- 15 V voor de gebufferde analoge uitgangen. De opbouw komt grotendeels overeen met die van de zwevende voeding, maar gebruikt een enkele afgeschermde trafo.

Mechanische constructie

De verschillende besproken modules welke samen een complete Conditionerings Unit vormen, zijn alle ondergebracht op eurokaarten van 100 x 160 mm. Om 4 CU te kunnen onderbrengen in een 19 inch systeem, worden de kaarten door sleuven in de zijpanelen op hun plaats gehouden. De hoogte van de CU voldoet ook aan de 19 inch standaard, namelijk 4 HE (178 mm). De lengte is minder kritisch. De totale unit bestaat uit 10 eurokaarten en de ruimte die nodig is voor het frontpaneel. Om



In deze ruimte bevindt zich het NLR data-acquisitie systeem met de Conditionerings Unit voor het 'conditioneren' van alle sensorsignalen uit de windtunnel.

een goede warmte-afvoer te garanderen, is de unit wat langer uitgevoerd dan strikt noodzakelijk zou zijn, namelijk 430 mm.

Zoveel mogelijk zijn testpunten en instelpotmeters aan de bovenkant van de printen aangebracht.

Om relatief veel CU's in een 19 inch systeem te brengen en geen problemen met warmteontwikkeling te krijgen, is de totale dissipatie van een CU slechts 18 Watt (bij nominale netspanning).

Conclusie

De besproken Conditionerings Unit, ontwikkeld, gebouwd en vele jaren in gebruik bij het NLR, is een betrouwbaar en zeer nauwkeurig instrument. Praktisch alle sensoren (passief of actief) die thans verkrijgbaar zijn, kunnen worden aangesloten op deze unit. Omdat de unit is ontwikkeld voor windtunneltoepassing, waarbij extreem hoge eisen worden gesteld, is deze unit zeer zeker geschikt voor vele andere industriële toepassingen.

Inl.: Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium, Hoofdafd. Stroomingen, Amsterdam, tel. 020-5113113.

SOFTWARE VOOR UW PERSONAL COMPUTER

BIBLIOTHEEK programma Bieb

Van al uw boeken kunt u nu de titel, auteur, opmerkingen en tal van andere gegevens op eenvoudige wijze in het Bieb-database programma invoeren. Daarna kunt u op elk gewenst item gegevens selecteren en sorteren. Voor boekenliefhebbers, maar zeker ook voor de technicus met een uitgebreide bibliotheek, een bijzonder handig en nuttig programma.

DISCOTHEEK programma Bieb

Van al uw elpee's, CD's, cassettes en andere media kunt u nu de muziekstukken, artiesten en tal van andere gegevens op eenvoudige wijze in het Bieb-database systeem invoeren. Daarna kunt u op elk gewenst item gegevens selecteren en sorteren. Een paar toetsen intikken en u weet over welke nummers van Michael Jackson u beschikt en op welke plaat, disc of band deze nummers te vinden zijn. Voor muzikliefhebbers, zowel populair als klassiek, een onmisbaar hulpmiddel.

TIJDSCRIFTEN programma Folia

Dit programma is speciaal ontwikkeld voor hen die regelmatig in een kast vol tijdschriften neuzen om een bepaald artikel of onderwerp terug te vinden. U kunt nu een persoonlijk bestand opbouwen van al uw tijdschriften en de daarin opgenomen artikelen. Het intikken van de naam van het onderwerp dat u zoekt is voldoende om het programma, uit een veelheid van tijdschriften, precies die editie te laten selecteren waarin datgene staat wat u zoekt.

FOTO-ARCHIEF

Iedere amateur- of vakfotograaf heeft op den duur een grote verzameling negatieven, dia's en vergrotingen. Foto-archief is ontwikkeld om daarin een grote mate van ordening aan te brengen en te handhaven. In de speciale database kunt u tal van gegevens opslaan zoals: camera, objectief, zwart/wit, kleur. Selecties maken uit het gehele bestand of uit een reeds gemaakte selectie. Voor iedereen die wel eens een foto maakt een zeer handig en nuttig programma.

PANDORA (vraag en antwoord spel)**

Een universeel en compleet pakket voor iedere situatie, waar het stellen van vragen aan te pas komt. De mogelijkheid is aanwezig om zelf vraag en antwoorden samen te stellen en op te slaan. (Zeer geschikt voor leerkrachten). Dit pakket wordt geleverd inclusief 1500!!! vragen en antwoorden.

Prijs per programma: f 75,00/Bfr. 1500
** prijs: f 125,00/Bfr. 2500

Verkrijgbaar op 5,25" en 3,5" diskette.

De hier genoemde programma's zijn verkrijgbaar bij:
Computer-, Boek- en Elektronica winkels en rechtstreeks bij:

UITGEVERIJ DE MUIDERKRING BV
POSTBUS 313 - 1380 AH WEESP

TEL. 02940-15210 - GIRO 83214





Primeur: intelligente temperatuur sensor 'Smart' thermo sensor

'Smart' sensoren bevatten niet alleen een A/D omzetter, ze zijn ook gecalibreerd zodat niet voor iedere sensor een aparte afregeling nodig is. De hier beschreven smart temperatuur sensor is een primeur: hij meet niet alleen de temperatuur maar zet deze ook om naar een nauwkeurig digitaal signaal dat direkt de computer in kan. De ontwerper krijgt hiermee op een relatief goedkope manier een groot aantal applicaties tot z'n beschikking.

In de moderne productie-omgeving wordt steeds meer geautomatiseerd. Wil men dit succesvol doen dan is het noodzakelijk te beschikken over sensoren die fysische grootheden omzetten naar elektrische. Deze elektrische signalen dienen ervoor het verloop van een proces te regelen en indien noodzakelijk te sturen. Veel processen worden tegenwoordig gestuurd door microcomputer-achtige apparatuur. Klassieke sensoren zetten in het algemeen een fysische grootheid, zoals bijvoorbeeld de temperatuur, om naar een elektrisch van een min of meer analoog karakter, zoals bij een NTC de weerstandafhankelijkheid als maat voor de gemeten temperatuur. Om deze weerstandswaarde in te kunnen lezen in een microcomputer is het noodzakelijk dat deze analoge weerstandswaarde omgezet wordt naar een digitale code. Daarvoor zorgt deze smart temperatuur sensor.

Intelligent meten

Er is nogal wat informatieverwerking nodig om een temperatuur door een computer in te laten lezen. Om bijvoorbeeld een PT100 temperatuurelement te koppelen aan een computer zijn grofweg vier stappen nodig:

- omzetten van een weerstandswaarde naar een spanning. In deze omzetting zit vervat de noodzaak om de weerstand van de toevoerdraden te compenseren;
- calibratie zodat een vaste

relatie kan ontstaan tussen de temperatuur en de uitgangsspanning. (Hoewel het PT100 element geijkt kan zijn, zal toch een nauwkeurige versterking en nulpunt ingesteld dienen te worden);

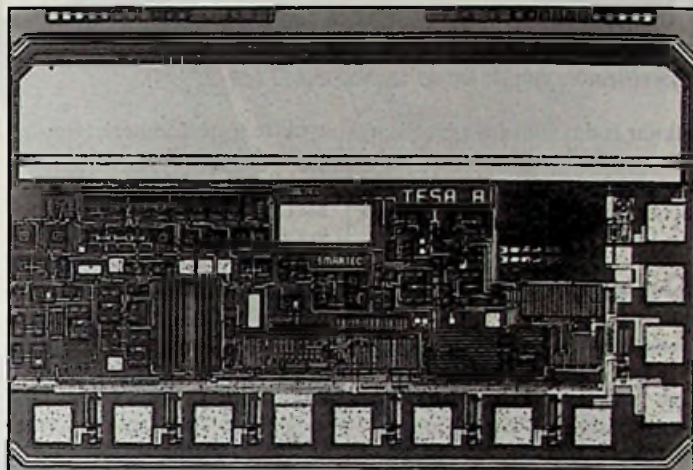
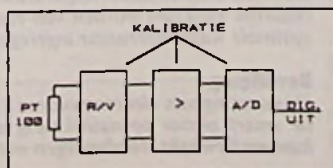
- omzetting van de analoge uitgangsspanning naar een digitale code. Deze A/D conversie is een onmisbare interface tussen de analoge omgeving en de computer;

En in de computer:

- linearisatie van de 'kromme' karakteristiek van het PT100 element.

Uiteraard kan deze linearisatie ook 'analoog' gebeuren, doch softwarematig is dit handiger (en goedkoper). Indien er gemeten wordt met bijvoorbeeld een thermokoppel element dan wordt dit nog gecompliceerder door de noodzaak van de zogenaamde koude-las compensatie. Het is derhalve dus niet eenvoudig een veel gemeten fysische grootheid (in dit geval de temperatuur) in te lezen in een computer. Tevens dient men te bedenken dat nauwkeurige calibratie van een temperatuuropmeter geen simpele zaak is. Een smart temperatuursensor doet de bovengenoemde vier stappen volledig geïntegreerd in één keer

Fig. 1 Geïntegreerde werking van de smart temperatuur sensor, met overzicht van PT100 naar mikrocomputer.



(fig. 1). Deze sensor meet dus niet alleen de temperatuur doch zet deze ook om naar een bruikbaar digitaal signaal. Tevens zijn deze sensoren allemaal gelijk en hoeven dus niet gecalibreerd te worden.

Smart temperatuur sensor

Onlangs vond de marktintroductie plaats van 'de eerste smart temperatuur sensor'. Deze sensor meet de temperatuur en zet deze om naar een eenvoudig digitaal signaal. In figuur 2 is de inhoud van de chip geschetst. De temperatuur wordt gemeten met behulp van een halfgeleider element (PTAT). Na versterking en linearisatie wordt deze spanning toegevoerd aan de A/D converter die van deze spanning een 'duty cycle' maakt. Deze duty cycle is recht evenredig met de temperatuur (niet de frequentie). De duty cycle heeft een groot aantal voordelen boven vele andere vormen van digitaliseren:

- het is een enkele draad waarover de informatie loopt, hetgeen een hoge betrouwbaarheid inhoudt. Er lopen dus slechts drie draden naar de sensor (0 V, +5 V en de uitgang);
- omdat het een relatief lage frequentie betreft, is de werking van de sensor eenvoudig

te controleren met een oscilloscoop, e.d.;

- bij gebruik van een duty cycle blijft de analoge informatie bewaard: in geval van service kan men met een eenvoudige universeelmeter de gemiddelde waarde van de uitgangsspanning nemen, dit is een maat voor de temperatuur;
- deze digitale uitgang gebruikt maar één ingang van de computer. Hoewel het wel wat meer rekentijd vergt dan bijvoorbeeld een 12 bits digitale code kan voor de meeste industriële applicaties gesteld worden dat de hoeveelheid ingangen een groter probleem is dan de beschikbare hoeveelheid rekentijd;
- omdat gemeten kan worden over een relatief groot aantal perioden worden kleine verstoringen uitgemiddeld.

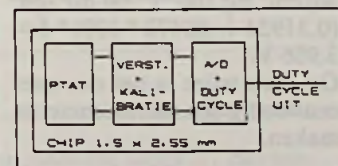


Fig. 2 De chip van de smart sensor.

Een beperking van deze vorm van digitale uitgang is dat bij zeer hoge capacatieve belastingen (1000 pF.) de uitgangsblokgolf enigszins 'afgerond' wordt; hierdoor wordt de duty cycle beïnvloed. Bij de meeste applicaties bevinden de temperatuursensor en de computer zich niet meer dan 10 meter van

	Min.	Typ.	Max.	Eenheden
Voedingsspanning	4.7	5.0	7.0	V.
Voedingstroom			<200	μA.
Temperatuurgebied	-30	-	130	°C.
Nauwkeurigheid	-30	+100°C.	0.5	°C.
	100	1.0°C.	1.0	°C.
Niet-lineariteit			<0.2	°C.
Voedingsspanningsafhankelijkheid				°C/V.
Outputfrequentie	1	-	4.0	KHz.

Specificaties van de smart sensor (SMT160/30/18).

elkaar zodat men daar geen last van heeft. In de tabel zijn de volgende specificaties van de sensor gegeven.

De praktijk

Analoog

De meest simpele methode van het uitlezen van de gemeten temperatuur is het meten van de gemiddelde uitgangsspanning met behulp van een universeelmeter. (Let op: een universeelmeter geeft de gemiddelde waarde aan, een digitale voltmeter in het algemeen niet!). Uiteraard is deze methode niet zo nauwkeurig als de digitale meetmethode doch ter illustratie is het aardig deze toepassing door te rekenen (fig. 3). Uit de gegevens van de sensor blijkt:

$$D.C. = 0.31924 + .00472 * T$$

met T in °C.

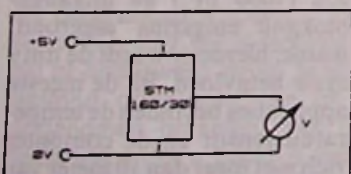
Bij nul graden Celcius is de duty cycle 0.31924 ofwel 31.924%. De universeelmeter zal dus bij 0 °C 31.924% van de voedingsspanning aanwijzen. Bij een voeding van 5 volt is dit 0.31924 * 5 = 1.596 V. Uit de formule blijkt dat er per graad Celcius dus .00472 * 5 = 23.6 mV bij of af gaat. Bij een kamertemperatuur (20 °C) zal de universeelmeter 1.596 + 20 * 0.00472 * 5 = 2.068 V aanwijzen. Bij 100 °C zal dit zijn: (0.31924 + .00472 * 100) * 5 = 3.956 V.

Op deze wijze is het dus zeer eenvoudig een thermometer te maken.

Digitaal

Met behulp van een computer is het eenvoudig om de duty cycle te meten. Om de duty

Fig. 3 Praktijkvoorbeeld: toepassing analoge meter.



cycle te meten dient het sensor-sig-naal aangesloten te worden op één van de ingangen.

Met behulp van een programma zal bekeken moeten worden wanneer deze ingang hoog ('1') dan wel laag ('0') is ('bemonsteren'). Omdat de instruktietijd van een computer niet oneindig hoog is, kan dit bemonsteren maar per periode van het sensor-sig-naal een beperkt aantal keer gedaan worden. De nauwkeurigheid van meten wordt in dit geval beperkt door de snelheid van bemonsteren. Om voldoende meetnauwkeurigheid te verkrijgen is het noodzakelijk te bemonsteren over meerdere perioden van het sensor-sig-naal.

Dit heeft tevens als voordeel dat eventuele ruis en signaalverstoringen over deze meetperioden uitgemiddeld worden. Uit de theorie van signaalverwerking is bekend dat er een vaste relatie bestaat tussen de gemeten duty cycle, de sensor-sig-naalfrequentie, de bemonsteringsfrequentie en de meetnauwkeurigheid. Deze relatie, omgerekend naar de temperatuur, luidt als volgt:

$$T_{error} = T_{range} * ts / \sqrt{6 * tm * tp}$$

met:
 T_{error} = meetnauwkeurigheid in °C
 T_{range} = gewenste temperatuurbereik in °C
 ts = bemonsteringstijd
 tm = totale meettijd
 tp = periode tijd van het sensor-sig-naal.

(zie fig. 4).

Voor een moderne computer geldt:

$$ts = 3 \mu s$$

$$tp = 100 - 300 \mu s$$

$$\text{Stel: } T_{range} = 150 \text{ } ^\circ C$$

$$tm = 50 \text{ ms.}$$

Uit berekening blijkt dan een meetfout van de computer die veel kleiner is dan 0.1 °C. Uit dit rekenvoorbeeld blijkt dus

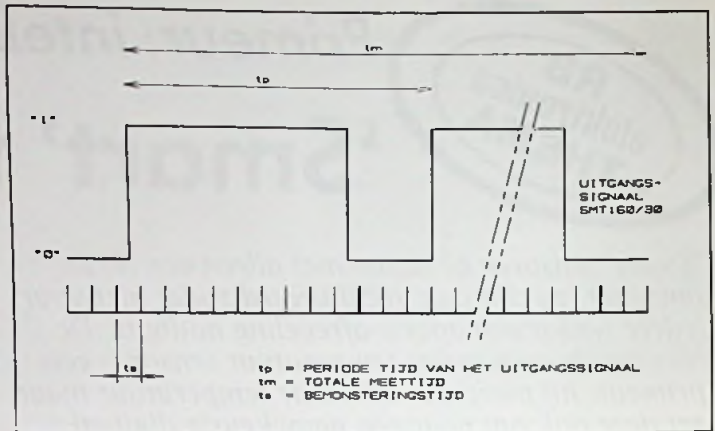


Fig. 4 Het proces van bemonsteren.

dat het voldoende is om het sensorsig-naal over een tijd van 50 ms. te bemonsteren, bij een bemonsteringstijd van 3 μs, hieruit volgt dan een meetnauwkeurigheid (van de computer) die beter is dan 0.1 °C.

Het zou hier te ver voeren een groot aantal computer applicaties te geven. Daarom wordt volstaan met een weergave van een programma in zogenaamde 'pseudo code'.

In onderstaand programma is een meetmethode beschreven hoe over een aantal perioden een ingangsschaal bemonsterd wordt en dat uit de meting de temperatuur blijkt.

```

FOR I=1 TO totaal aantal samples
  BEGIN IF (smartsig-naal = high) THEN
    highcounter = highcounter + 1
  ELSE
    lowcounter = lowcounter + 1
  END
duty cycle = highcounter / totaal aantal samples
temperatuur = (duty cycle - 0.31924) / 0.00472
    
```

In het bovenstaande eenvoudige voorbeeld is de totale meettijd omgewerkt naar een aantal te nemen samples. Bij het ont-

wikkelen van software moet speciaal gelet worden op het feit dat het meten van een '0' of een '1' met daarbij de verhoging van de tellerstanden een gelijke hoeveelheid tijd kost. Indien dit niet het geval is, zal dit invloed hebben op de meting en de daaruit berekende temperatuur. In het bovenstaande pseudo programma is deze invloed gecompenseerd door zowel een highcounter te incrementeren als ook een lowcounter terwijl deze laatste voor het berekenen van de temperatuur niet gebruikt wordt.

Inl.: Nijkerk Elektronika, Amsterdam, tel. 020-5495969.

Toepassingen

De smart temperatuur sensor maakt veel toepassingen mogelijk:

CV-systemen

In de moderne CV-ketels zit een behoorlijk stuk intelligentie. De feitelijke regeling van een temperatuur in een ruimte wordt echter meestal nog overgelaten aan een bi-metaal schakelaar met een versnellingsweerstandje. Dit meetelement geeft alleen aan of de temperatuur te hoog is dan wel te laag. Wanneer de echte temperatuur aan een computer ter beschikking zou staan dan kan deze in staat zijn tot optimalisatie. Er valt hierbij te denken aan optimum stookcurve, ketelwatertemperatuur, e.d. Dit betekent dat de CV-ontwerper de ketel met behulp van deze regelingen optimaal kan aanpassen aan de ruimte die verwarmd dient te worden.

Wasmachines

Door het meten van de temperatuur van het waswater kan de wasmachine eindelijk voorzien worden van een echte temperatuurregeling zodat de optimale wastemperatuur ingeregeld kan worden.

Beveiliging

Opwarming van elektromotoren kan vroegtijdig ontdekt worden omdat de smart sensor zo nauwkeurig en goedkoop is. Computervoedingen kunnen bewaakt worden tegen oververhitting.

PRIJS-PUZZELAKTIE VOOR AL ONZE ABONNEES

Wat moet U doen?

U lost de puzzel op. U vult het linker gedeelte van de bon in en zendt deze voor 31 december 1990 in een voldoende gefrankeerde envelop naar:

De Muiderkring B.V., Postbus 313, 1380 AH Weesp.

- * Een twee kanaals/vier sporen
40 Mhz Oscilloscoop CS-5135
van Kenwood t.w.v. fl. 2500,-
(Koning en Hartman)
- * **Satellietontvangstinstallatie**
t.w.v. fl. 1000,- (Boco)
- * **Autoradio** t.w.v. fl 500,- (Boco)
- * **Avo M2004 multimeter**
t.w.v. fl. 450,- (Amroh)
- * **4-phone telefooncentrale**
t.w.v. fl. 300,- (Tele 2000)
- * **Twee Escort-multimeters**
t.w.v. fl. 270,- (Air Parts)



Nieuwe abonnees sturen ons voor 31 december 1990 het rechter gedeelte van de ingevulde coupon in, alsmede de oplossing van de puzzel en dingen daardoor tevens mee naar een van de zeven fantastische prijzen.

De abonnementsprijs wordt onder invloed van de hogere kosten, die de reeds gestarte kwaliteitsverbetering van RB Elektronica meebrengt, vastgesteld op f 72,-/Bfr. 1440.

Door zich nog voor 1 januari 1991 te abonneren valt u onder het "trouwe lezers tarief" van f 66,-/Bfr. 1320.

De prijspuzzel:

Elke letter in het alfabet heeft een cijferwaarde, zoals A=1, B=2, enz. Decodeer nu de hieronder afgedrukte reeks cijfers tot een bekend motto en stuur ons uw oplossing toe.

De opgave:

18-2 5-12-5-11-20-18-15-14-9-3-1 22-5-18-20-1-1-12-20
4-5 20-8-5-15-18-9-5 14-1-1-18 4-5 16-18-1-11-20-25-11

Voor onze Belgische lezers:
Uitg. Keesing N.V. - Keesinglaan 2-20
2100 Deurne - Antwerpen.

Hiermede komen alle voorgaande acties te vervallen.



Mijn oplossing luidt: _____

De Muiderkring BV
Postbus 313 - 1380 AH Weesp

Ik ben abonnee en verleng voor f 66,-/Bfr. 1320 mijn abonnement in 1991.

Ik maak kans op een van de fantastische prijzen:

naam _____

adres _____

pc en plaats _____

Ik ben losse-nummer-lezer en geef mij (voor 31 december 1990) op als abonnee van RB Elektronica.

Ik betaal geen f 72,-/Bfr. 1440, maar f 66,-/Bfr. 1320 (f 55,-/Bfr. 1100 voor studenten. Stuur schoolverklaring mee!) en ding mee naar de prijzen.

naam _____

adres _____

pc en plaats _____

Overleven met ASIC's (3)

Een eigen IC, maar welk?

Na de vraag „Waarom een eigen IC?” (RB 9/90) volgt automatisch de keuze „Welk eigen IC dan?”. Om daar antwoord op te kunnen geven wordt in deze aflevering uit de serie 'Overleven met ASIC's' de ontwikkelcomplexiteit en realiseerbaarheid bekeken van 'echte' ASIC's: full-custom IC's, macro cell IC's, standard cell IC's en gate-array/sea-of-gates.

Gedurende het ontwerptraject van een digitale schakeling is het nagestreefde doel om te komen tot een geïntegreerd circuit dat een bepaalde functie uitvoert, die in een specificatie is gedefinieerd. De schakeling moet daartoe worden opgedeeld in een reeks logische functies. Daarna moeten deze functies of componenten op een imaginair chipoppervlak worden geplaatst en gerouteerd. Dit routeren is het leggen van verbindingen tussen de componenten in bijvoorbeeld een metaallaag van aluminium- of in polysilicon-sporen. De testbaarheid van de uiteindelijke schakeling mag daarbij niet uit het oog worden verloren. Na realisatie van de chip is het niet meer mogelijk elke component afzonderlijk te testen, daar de aansluitpunten van elke component niet afzonderlijk naar externe pennen kunnen worden uitgevoerd. Voorzorgsmaatregelen zijn nodig, om eventuele productiefouten in de chip te kunnen waarnemen. Bij het implementeren van elektronische functies is een onderscheid te maken tussen digitale en analoge technieken. De digitale functies zijn over het algemeen beschikbaar in de bibliotheken van de halfgeleiderfabrikanten. We mogen ervan uitgaan dat deze functies voldoende zijn getest en naar behoren zullen werken als bij het gebruik een aantal randvoorwaarden worden aangehouden. Voor analoge functies bestaan er nog maar weinig bibliotheekfuncties. Meestal zal elke functie hierbij tot op fysisch niveau geheel geïmplementeerd worden. Dat houdt in dat er gemakkelijk

fouten kunnen ontstaan, omdat de functies hier veel complexer zijn. Er treedt nu gelukkig een tendens op dat ook analoge functies als cel beschikbaar komen voor de meest gevraagde functies.

Realisatietechnieken

Bij de realisatietechnieken moet een onderverdeling worden gemaakt tussen digitale en analoge circuits. De oudste realisatietechniek van digitale geïntegreerde circuits is de full-custom chip en een van de modernste het zogenaamde logic-cell-array (LCA). Bij analoge circuits wordt aan de ene kant ook weer de full custom chip en aan de andere kant de bibliotheken van analoge cellen onderscheiden.

In volgorde van afnemende ontwikkelcomplexiteit en toenemende realiseerbaarheid in eigen laboratorium zijn er:

1. Digitale custom designed chip (circuits op klantenspecificatie):
 - a. „echte" ASIC's:
 - full custom-IC's; - macro cell-IC's;
 - standard cell-IC's;
 - gate-array/sea-of-gates (GA).
 - b. programmeerbare standaardbouwstenen:
 - logic-cell-array (LCA);
 - programmable logic devices (PLD);
 - fuse programmable controller (FPC);
 - single chip microprocessor.

2. Analoge custom designed chips:

- full-custom-IC's;
- standard cell-IC's;

alleen de in groep a. genoemde ASIC's komen in dit deel aan bod.

Full-custom IC's

In het geval van full-custom IC's is het niet correct een scheiding te maken tussen analoge en digitale schakelingen. Omdat we hierbij alle deelfuncties geheel zelf in silicium ontwikkelen, hebben we te maken met de basistechnologie. Dat wil zeggen dat analoge wordt gewerkt. Bij een full-custom ontwerp staan in principe alle ontwerp- en productiefaciliteiten die een halfgeleiderhuis biedt ter beschikking. Ondersteund door een fabrikant kan een ontwerper hierbij een geïntegreerd circuit maken, waarbij alle stadia van het klassieke 'chip-ontwerpen' worden doorlopen, beginnend bij de keuze van een architectuur en eindigend bij het ontwikkelen en plaatsen van de afzonderlijke transistoren. In feite heeft de ontwerper hierbij alle mogelijkheden ter beschikking, die de foundry ook heeft voor de constructie van haar IC's.

Het voordeel van de full-custom techniek is de grote mate van vrijheid die beschikbaar is in het benutten van de ontwerp-faciliteiten van de fabrikant. Het proces om silicium te maken, kan ten volle worden uitgebuit. Zo kan bijvoorbeeld de snelheid van een poort worden geoptimaliseerd, het stroomverbruik geminimaliseerd (wat meestal ten koste van de snelheid zal gaan) of extra sterke drivers worden gemaakt. Bij een andere realisatiemethode bestaan die mogelijkheden niet. Er moet dan gekozen worden uit een vast aantal geboden oplossingen voor wat betreft snelheid, stroomverbruik en fanout van de drivers.

Het grote nadeel van een full-custom-ontwerp is dat het in feite alleen maar gebruik van de analoge ontwerpstechnieken maakt. Overigens is het goed hier op te merken, dat digitale circuits altijd een bijzonder geval van analoge schakelingen zijn geweest.

Het simuleren van de schakeling ter controle van de correcte werking moet dan ook op transistorniveau gebeuren, met bijvoorbeeld programma's als SPICE en PHILPAC. Elke ontworpen transistor-poort kan en zal nu door het verschil in lay-out een ander gedrag vertonen. Een tweede nadeel is dat het aantal werkende onderdelen dat een ontwerper per tijdseenheid kan ontwikkelen en op een correcte manier met elkaar kan verbinden, niet of nauwelijks afhangt van de complexiteit van die onderdelen.

Bij halfgeleiderhuizen worden deze full-custom faciliteiten vaak gebruikt om zogenaamde 'bibliotheekcellen' te ontwikkelen, die dan ter beschikking staan voor nieuwe gecompliceerdere bouwstenen. Deze cellen worden namelijk als elementaire (primitieve) bouwblokken aangeboden. Ze worden ook in full-custom techniek ontwikkeld, om zo optimale prestaties en minimaal siliciumgebruik te garanderen. Nadat deze bouwblokken tot op transistorniveau zijn gesimuleerd, kunnen ze worden gerealiseerd in silicium en bij goed functioneren worden ze als 'gegarandeerd' elementair bouwblok ter beschikking gesteld van andere ontwerpers. Wanneer bij full-custom faciliteiten een bibliotheek wordt aangeboden, is dat vaak een verzameling van (deel)ontwerpen die al eens zijn gerealiseerd.

Als gebruiker kan men deze deelfuncties als losse stukjes in het ontwerp opnemen door ze te plaatsen op het chipoppervlak. Het blijft dan geen component, maar is een verzameling componenten die moet samenwerken met de rest van

het design. Het zijn in feite losse transistoren, die door de ontwerper worden samengevoegd. Het gevolg is dat er dan toch ook op dat niveau van het ontwerp moet worden gesimuleerd. Na plaatsing kunnen we in de 'bibliotheekcel' nog naar wens veranderingen aanbrengen. Daardoor kunnen de functies uiteraard sterk veranderen. Elke verandering houdt een hersimulatie in. Overigens kunnen naast de door de fabrikant aangeleverde bouwblokken ook door andere ontwerpers gemaakte bouwblokken worden gebruikt. Dat zijn full-custom (deel)designs die de klant, naar verwacht, wat vaker zal gaan gebruiken. De klant maakt in feite een eigen bibliotheek. De verantwoordelijkheid is daarbij altijd voor de ontwerper zelf. Hij zal moeten controleren of de gebruikte cellen aan zijn eisen voldoen. Bekende functies, zoals analoog naar digitaal converters (ADC's), digitaal naar analoog converters (DAC's), operationele versterkers en andere kritieke analoge functies, zijn vaak alleen maar in full-custom techniek te ontwerpen. Moeten deze met digitale schakelingen worden gecombineerd, dan kan vaak van de nog te bespreken technieken als macro cell, standard cell voor het digitale gedeelte gebruik worden gemaakt.

De afmetingen van de full-custom chip worden (net als bij de later te behandelen macro cell en standard cell-IC's) alleen begrensd door de technologie die een bepaald halfgeleiderhuis toepast of liever beheerst. De behuizing waar de te ontwikkelen chip in moet worden geplaatst, kan wel een beperking zijn. Hier zullen kostenoverwegingen, aantal aansluitpennen, e.d. beperkingen zijn. Ook de opbrengst van het productieproces speelt bij groter wordend oppervlak een belangrijke rol. De schakelingen, die een groot oppervlak hebben, zullen meer uitval vertonen door kristalfouten in het silicium. De kosten per chip worden hoger, niet alleen door meer siliciumgebruik, maar ook doordat de defekte chips betaald moeten worden.

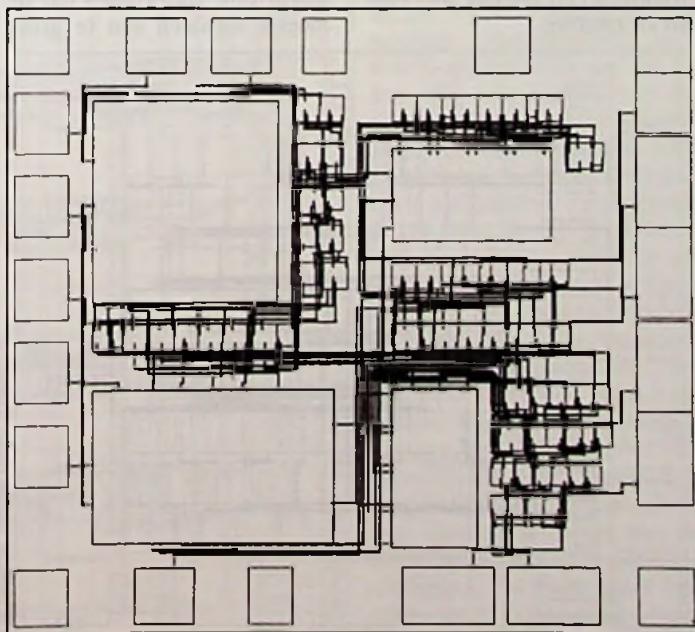
Een full-custom IC-ontwerp neemt, doordat alle details van elke transistor volledig ontwikkeld moeten worden, veel meer tijd in beslag (bij gelijkblijvende complexiteit van het eindresultaat) dan bijvoorbeeld datzelfde ontwerp met

een standard of macro cell benadering, waar een subfunctie (bestaande uit vele duizenden transistoren) met een druk op de knop gegarandeerd goed ontworpen is.

Macro cell IC's

Na het full-custom ontwerpen van IC's komen we op het niveau waar we reeds eerder gemaakte, veel voorkomende bibliotheekfuncties gaan gebruiken. In het geval van macro cell IC's (ook vaak mega cell genoemd) hebben we te maken met complexe cellen, die een op zich zelf staande eenheid vormen. Denk hierbij aan bouwblokken, zoals complete microprocessoren, i/o-functies (bijvoorbeeld protocellen voor datacommunicatie). Er wordt hier uitgegaan van cellen die op zichzelf reeds de VLSI-complexiteit hebben. Het ontwikkelen van IC's gebaseerd op macro cellen is, in tegenstelling tot het full-custom design, niet het maken van elke transistor afzonderlijk, maar vergelijkbaar met het bouwen van een schakeling met losse IC's; nu echter niet op een printed circuit board niveau maar op een chipniveau. De componenten worden nu niet door koperbanen, maar door aluminium- of polysiliciumsporen met elkaar verbonden, net als bij full-custom IC's. Intern in de gebruikte cellen kan niets meer gewijzigd of aangepast worden, het gaat immers om een voor de gekozen functie gegeven masker-

Macro cell lay-out met cellen en routing.



layout. Dat betekent dat flexibiliteit moet worden ingeleverd in de mogelijkheden om op het allerlaagste niveau nog prestatieverbeteringen aan te brengen. Dit levert wel een aanzienlijke korting van de ontwikkeltijd op.

Veelal heeft de ontwerper het design al eens gebouwd op een pcb of als breadboard.

Zijn de gebruikte IC's of logische compatibele functies als macro aanwezig in de bibliotheek, dan gaat de 'vertaling' naar een ASIC erg snel. De componenten kunnen complete microprocessoren cores zijn, i/o-devices, RAM tot enkele kilobytes, etc. Vaak zijn de macro cellen delen van (full-custom)designs. Meestal zijn ze direkt afgeleid van door de fabrikant reeds op de markt gebrachte schakelingen. Zo kunnen we onder meer 8031/51, 2901, 68xx cellen verkrijgen. Veelal ontbreken hieraan de ingangs- en uitgangscircuits. Deze kunnen dan eventueel naar behoefte uit de bibliotheek worden gehaald. Doordat het al kant-en-klare ontwerpen zijn, liggen de afmetingen vast. Daardoor is het vaak moeilijk zonder ruimteverlies (economisch) het chipoppervlak te vullen. De cellen zijn soms wat ongelijk gevormd. Anders dan bij de nog te bespreken 'standard cell' zijn er geen vaste maten voor de hoogte vastgelegd.

Pure macro cellen worden slechts zelden alleen gebruikt. Er is altijd wel wat verbindingen nodig tussen de bouwblokken. Dat zijn de normale bibliotheekfuncties, meestal op poort-niveau, SSI-en MSI-bouwblokken zoals

latches, octal busdrivers, 16 bit binary counters.

Naast de VLSI complexiteit in de bibliotheekcellen is het kenmerk van macro cell vooral dat diverse cellen parametriseerbaar zijn. Parametriserbare cellen zijn bouwblokken met macro cell-complexiteit, die aan de hand van door de ontwerper op te geven parameters op maat kunnen worden gegenereerd door een computerprogramma. Dit programma maakt deel uit van de software-ondersteuning, dat een foundry aan z'n macro cell-bibliotheek geeft. Zo kan bijvoorbeeld RAM en ROM gegenereerd worden, inclusief adresdecoding, die 2, 3, 8, 9, 16 of 36 breed is, terwijl de woordbreedte ook elke willekeurige waarde kan hebben. Bij de later nog te bespreken standard cell IC's geldt de beperking van de breedte die in de bibliotheekcel is vastgelegd (meestal 4 of 8 bit) en tot de diepte die de RAM- en ROM-blokken hebben. Grotere geheugens kan men dan realiseren door veelvouden van deze bouwblokken te gebruiken met additionele adreslogica. Macro cell verlost de ontwerper daarvan en geeft vaak nog de mogelijkheid de begrenzing van de nieuw te genereren cel te beïnvloeden. Een parametriserbare macro cellbibliotheek geeft de mogelijkheid, precies aan de gewenste specificaties te voldoen. Zouden we slechts de beschikking over een blok RAM van 128 woorden, 1 byte breed hebben en behoefte aan 83 stuks 7 bits brede woorden, dan zou van deze macro cell zo'n 43% ongebruikt blijven. Oftewel ca. 443 bits in tegenstelling tot een optimaal gebruik bij parametriserbare cellen.

Bij de mogelijkheid van macro cellen kan ook als parametriseerbaar bouwblok programmeerbare logische array (PLA) worden aangetroffen, waar logische functies mee te realiseren zijn. Daarbij is meestal een uitgebreid optimalisatieprogramma beschikbaar, om het gegenereerde PLA zo compact mogelijk te kunnen maken. Onlangs zijn ook data-verwerkingsbouwblokken (zogenoemde bit slices) als parametriserbare cellen verschenen. Zo kunnen eenvoudige rekenkundige of logische functies worden ingevoerd, waarbij de woordbreedte en de uit te voeren functie variabel zijn.

Een programma levert dan uit de opgegeven specificatie de gewenste macro cell af.

Als verregaande parametrisering is bijvoorbeeld een Silicon Compiler te beschouwen.

Aan de Silicon Compiler wordt een probleembeschrijving aangeboden. De software genereert dan zelf een logische oplossing, inclusief alle maskers uit een scala van bibliothekelementen met een gevraagde woordbreedte etc.

Bij macro cellen (parametriseerbaar of niet) hebben we een contour met aansluitpunten op de rand ter beschikking, die op een chipoppervlak (het floor plan) kan worden geplaatst. De interne structuur van de cel hoeft niet meer te worden gezien, die is gegarandeerd goed. Dit werkt uiteraard veel sneller dan bij het ontwerpen in full-custom techniek. Ook het simuleren op analogoos niveau van de gebruikte cellen is niet meer noodzakelijk. Een goede digitale simulatie is voldoende. Het houdt een enorme tijdswinst in. Overigens moet een parametriseerbare macro cellgenerator naast een contour en een lay-out ook een digitaal simulatiemodel opleveren, samen met een symbool voor schematic entry.

Behalve over digitale kan men soms ook de beschikking hebben over analoge functies. Het simulatie-model is dan wel veel ingewikkelder.

De levertijd van een ASIC, die met behulp van de macro cell-techniek is geconstrueerd, kan in principe vergeleken worden met die van een full-custom design. Alle maskers moeten namelijk na de ontwerpfasen nog worden gemaakt. Het ontwerp moet de gehele procesgang doormaken. De hiervoor benodigde tijd is sterk afhankelijk van de hoeveelheid werk die een ontwerper heeft verricht. (Is hij gestopt bij het logisch ontwerp of heeft hij de placement of zelfs de routing verricht?). Het gebruik van de ruimte op de chip is wat minder economisch dan bij full-custom technieken (waar we in elk hoekje nog een transistor bij kunnen stoppen), maar daar staat een enorme versnelling van de ontwikkeltijd tegenover.

De halfgeleiderhuizen hebben overigens de afmetingen van de meer normale functies (poorten, latches, shiftregisters, e.d.) wel gestandaardiseerd op een vaste hoogte, zodat tussen de wat grillig

gevormde grote macrocellen, zoals ze uit de generator of het full-customdesign komen, toch op een zuiniger manier de overblijvende ruimte kan worden gevuld.

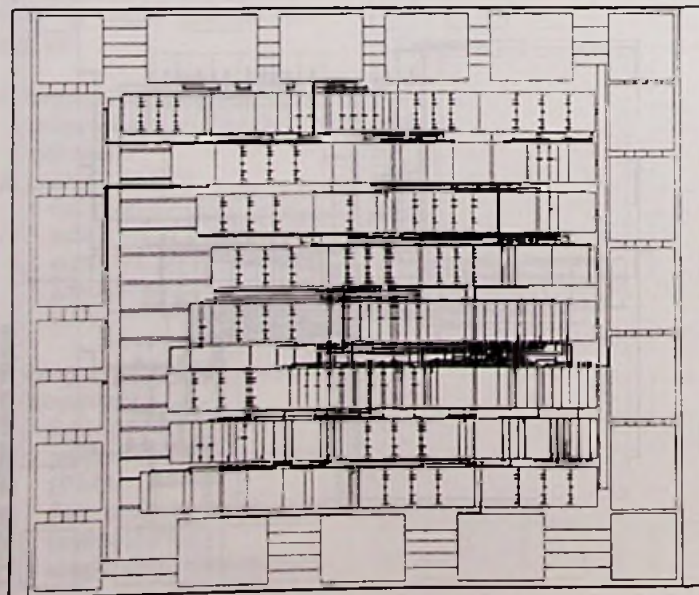
Standard cell IC's

De standard cell-methode is een mogelijke techniek waarbij alle maskers, zoals bij full-custom en macro cell, volledig moeten worden gemaakt bij een ontwerp. Dit in tegenstelling tot de later te bespreken gate-array technieken. We hebben ook nu weer de beschikking over een bibliotheek van realiseerbare functies op SSI- en MSI-niveau (poorten, flipflop, tellers, registers, e.d.) met een complexiteit van enkele tientallen poorten per cel. Voor elk van deze functies heeft de foundry een geoptimaliseerde lay-out, te vergelijken met de macro cell, waarbij alleen de contour met de aansluitpunten ter beschikking van de ontwerper staan.

De inhoud kan, net zo min als bij macro cell en in tegenstelling tot het full-custom-ontwerpen, niet meer beïnvloed worden. Bij standard cell staat de hoogte voor alle cellen vast. De breedte varieert met de functie. Zo zal een 16 bits graycode counter nu eenmaal meer logica bevatten dan een master-slave D-flipflop. Een enkele poort-cel is dan ook uitermate smal van opbouw, teneinde geen ruimte in de breedte te verspillen.

Het standaardiseren van de hoogte van de cellen, al bij de macro celltechniek genoemd,

Standard cell lay-out met cellen en routing.



T.U. Eindhoven, vakgroep Digitale Systemen.

vereenvoudigt het plaatsen en layouts van de schakeling. Over het algemeen worden de cellen aaneengevoegd tot een groot aantal rijen, verdeeld in een of twee kolommen. De tussen deze rijen van cellen overblijvende kanalen worden dan voor horizontale routing (onderlinge interconnecties) benut. De tussen de kolommen aanwezige ruimte wordt samen met de ruimte bij de i/o-pads voor de verticale interconnecties gebruikt. Het plaatsen van componenten is vergelijkbaar met het in elkaar leggen van een puzzel. Hebben alle puzzelstukjes dezelfde afmetingen, dan is het erg eenvoudig een vierkant te construeren (de meest gewenste vorm bij een chip design). Van plaats wisselen van componenten ten behoeve van een goede routing is zo ook eenvoudig mogelijk. Zouden we niet gestandaardiseerd hebben op een vaste hoogte, dan was het onderling doorverbinden van cellen veel moeilijker. De bouwblokken kunnen daarnaast ook niet geheel tegen elkaar worden gelegd, waardoor er te kleine verticale kanalen overblijven ten behoeve van routing.

Doordat de aansluitpunten van de blokken meestal aan de boven- en onderkant van de cellen liggen, lopen de meeste verbindingen van een blok via het boven- en onderliggende horizontale routeringskanaal. Dat kan men beïnvloeden door de blokken, die veel onderlinge verbindingen hebben, bij elkaar in de buurt te plaatsen; bijvoorbeeld in dezelfde rij. Daardoor blijft het aantal verticale verbindingen beperkt en wordt ook voorkomen dat de meeste signalen een te grote

looptijd krijgen. Overigens zijn dit overwegingen die voor elke realisatietechniek gelden.

Wanneer men een speciale input- of outputcel aan de rand van de chip willen opnemen, is dat mogelijk. We kunnen ook hiervoor op uitgebreide schaal uit de bibliotheek putten.

Vandaag de dag gebeurt het dat technieken in elkaar gaan overvloeien. Ook bij macro cell bestaat soms de mogelijkheid nog wat kleine full-custom-schakelingen in te voeren. Het gehele ontwerp wordt daardoor nu een full-custom-ontwerp. Bij standard cell verschijnen ook grotere bouwblokken als microprocessors, seriële bouwstenen, RAM- en ROM-blokken. Het academische onderscheid tussen standard cell en macro cell is het al dan niet hebben van parametriseerbare bouwblokken. In de industriële praktijk vervaagt dit onderscheid vaak en noemen ze al deze technieken 'standard cell'. De naam 'system cell', die ook wordt gebruikt, is overigens een merknaam van Philips en Texas Instruments. Deze naam wordt ook veel gebruikt bij fabrikanten die deze 'system cell'-bibliotheek (die in feite steeds meer macro cell wordt) ondersteunen.

Gate-arrays en sea of gates

De turnaroundtijd van een chipontwerp bij standard cell, macro cell of full-custom kan variëren van circa drie maanden tot bijna een jaar. Daarbij komt in geval van full-custom-ontwerp nog een aanzienlijke ontwikkeltijd. Dat dit de snelle omzetting van een idee in een produkt enorm in de weg staat, is duidelijk. De oorzaak is te vinden in het grote aantal processtappen dat tijdens de productie moet worden uitgevoerd. Voor al die stappen moeten namelijk speciale maskers worden gemaakt. Een oplossing is het vooraf uitvoeren van een groot aantal van deze processtappen en het pas op het laatste moment aanbrengen van de klantspecifieke functie. We hebben daarbij te maken met een soort standaardcomponenten, die is voorbereid voor het ASIC-ontwerp. Deze componenten hebben de naam 'gate-array' gekregen.

Gate-arrays bestaan uit een door de fabrikant geleverde

matrix van poorten, verbindingkanalen, om de interconnecties tussen de blokken te kunnen maken en i/o-blokken aan de rand van de chip. De voorgeproduceerde gate-array chips worden gekarakteriseerd door de beschikbare poorten en i/o-cellen naar klantenwens onderling door te verbinden. Deze ingangs/uitgangsblokken hebben voorgedefinieerde functies. Een gate-array 'die' (het ASIC-silicium-oppervlak voordat het de behuizing ingaat) is op de wafer voorgeproduceerd. Hier behoeven nog slechts een of soms twee niveaus bedrading op te worden aangebracht. Het aantal ingangen, uitgangen en gecombineerde blokken ligt door de gekozen structuur van tevoren vast.

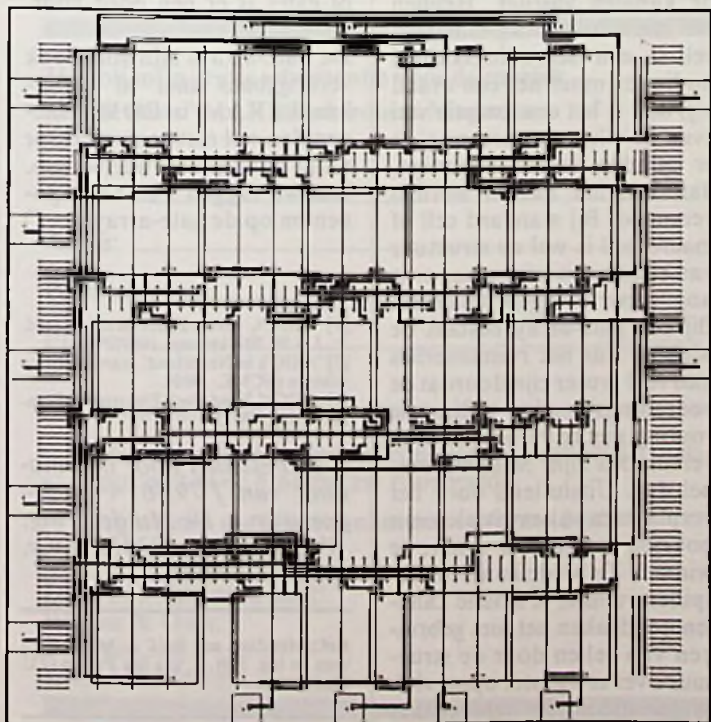
De ontwerper levert een design en de fabrikant zorgt ervoor dat in een aantal laatste processtappen een of meer aluminiumlagen de verbindingen vormen om dit design te verwezenlijken. Doordat de klant alleen het sporenpatroon kan specificeren, bedraagt de levertijd van de gate-arrays soms maar enkele weken, soms ook maar een week (waar uiteraard ook een wat ander prijskaartje aan hangt).

Voor de fabrikant ligt het voordeel in het feit dat hij plakken met gate-arrays op voorraad kan houden. De verbindingen kunnen dan voor iedere klant (bij een bepaalde grootte van een gate-array)

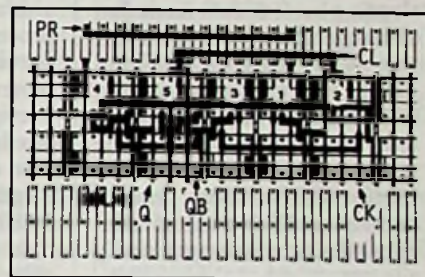
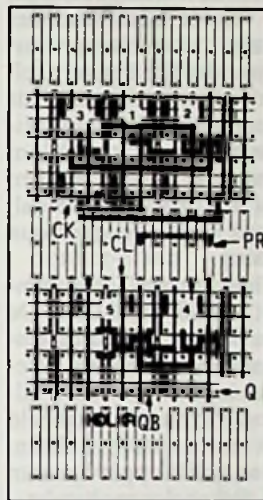
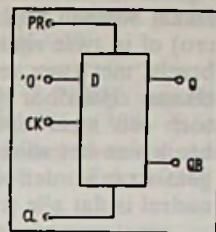
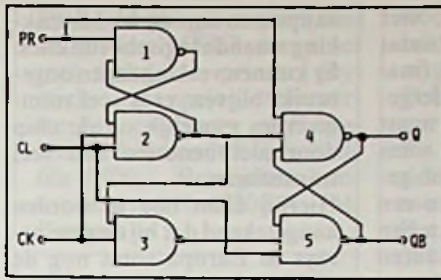
Gate-array lay-out met cellen en routing.

snel worden aangebracht. Na ontvangst van een opdracht is dat snel gebeurd. De chip kan worden getest, losgesneden uit de wafer, in de behuizing worden gemonteerd en van aansluitdraden voorzien. Door de uniforme eerste productiestappen van de gate-array wafers kan de opbrengst worden geoptimaliseerd. Dat vraagt veel minder kosten dan in het geval van een produkt bestaande uit slechts enkele stuks voor een enkele klant.

Zoals reeds is besproken, liggen de basiscellen, waar de logische functies binnen het array mee worden gerealiseerd, vast door de interne structuur van deze basiscellen. Soms kan de configuratie in een i/o-pad nog worden veranderd, maar wat ingang en uitgang wordt, is vooraf bepaald. Gecombineerde i/o-cellen kunnen voor bidirectioneel verkeer (over bussen bijvoorbeeld) worden gebruikt. We kunnen ze in een bepaalde richting instellen. De ingebouwde logica voor de andere richting is als verspilling te aanvaarden. Die kan nogal omvangrijk zijn, daar met name i/o-circuits met nogal forse (oppervlak!) transistoren kunnen zijn uitgerust. Het kan ook voorkomen dat een aantal periferieblokken niet nodig is. We gebruiken die simpelweg niet. Het kan betekenen dat we dan voor een kleine gate-array kunnen kiezen. Een gate-array met 64 pads, waarvan slechts 37 pennen worden gebruikt, is veel duurder dan een gate-array en 40-pens behuizing.



T.U. Eindhoven, vakgroep Digitale Systemen



	CK	PR	CL	Q	QB
f	H	H	L	H	
L	H	H	Q ₀	QB ₀	
X	H	L	L	H	
X	L	L	H	H	

Inhoud Gate-array cell (Texas Instruments High Speed CMOS gate arrays).

De cellen in een gate-array bestaan over het algemeen uit een grote hoeveelheid losse transistoren, waar gemakkelijk logische poorten mee kunnen worden gemaakt. Deze cellen zijn in rijen en kolommen gerangschikt met daartussen de kanalen voor interconnecties. Wanneer de ontwerper bijvoorbeeld een NAND-functie kiest, genereert de ontwerpsoftware een zogenaamde soft macro waar automatisch het bij die NAND behorende aluminium sporenpatroon mee wordt gegenereerd en die is dan nog afhankelijk van de plaats waarop deze macro wordt geprojecteerd. De voedingslijnen worden automatisch aangesloten op de lijnen die al over de cel heen of er vlak langs lopen. De in de cel aanwezige transistoren krijgen daarmee hun functie: NAND of NOR, etc. Deze functies, die in zo'n cel kunnen worden geplaatst, zijn klein. Vaak is de functie begrensd tot de logica van twee tot drie input NAND poorten. De halfgeleiderfabrikanten hebben bibliotheken van functies die met een of meer cellen kunnen worden gerealiseerd. De klant moet opgeven welke functies hij wil gebruiken. Deze cellen worden

automatisch of met de hand geplaatst, waarna de verbinding ook weer manueel of automatisch kan geschieden.

De meest simpele bouwblokken bij gate-array-realisatie vullen precies een cel. Latches, flipflop, e.d. vullen meestal meer dan een cel. Complexere elementen als decoders, schuifregisters en tellers worden met soms vele tientallen poorten gerealiseerd en kunnen daarbij bijvoorbeeld tussen de tien en dertig cellen in de gate array beslaan. Vaak worden deze ook niet meer met afzonderlijke transistoren opgebouwd met een eigen masker, maar zijn het soft macro's, waarbij inderdaad eerst NAND's en NOR's, e.d. worden gevormd. Daarmee construeren we een Johnson-counter of barrel shifter. De in de gate-arrays beschikbare functies: SSI en MSI-verters en niet zoals bij standard cell en macro cell van LSI of VLSI complexiteit. Een complexer geheel moeten we hierbij zelf samenstellen. Bouwblokken kunnen verschillende afmetingen hebben en toch dezelfde functionaliteit. Dit in tegenstelling tot de standard cell- of full-custom-implemantaties, door andere afmetingen van de transistoren, door andere positionering van onderdelen in de cel. Bij een gate-array kunnen bijvoorbeeld voor een bepaalde

funktie, bestaande uit vier NAND's, vier cellen naast elkaar worden geplaatst (macro) of in twee rijen ondergebracht met twee cellen naast elkaar. Hierdoor kan soms toch een meer optimaal gebruik van het silicium in een gate-array worden bereikt. Een nadeel is dat alle transistoren zo groot moeten zijn dat ze voor elke functie kunnen worden gebruikt. Dat vraagt weer extra silicium.

Een steeds verder afnemende groep foundries houdt het originele gate-array nog steeds in ere. Dat wil zeggen dat de cellen in de gate-array een al aangesloten NAND of groepje poorten bevat, een al ingevulde logische functie. Ook de voeding heeft de fabrikant dan al aangesloten vóór de klant met zijn logische diagram komt. Het gate-array is dan inderdaad een array van poorten. We kunnen dus niet de transistoren in een cel door een bibliotheekaanroep anders aansluiten. Een voordeel is dat er minder processtappen nodig zijn om een schakeling te realiseren. Dat kan snelheidswinst opleveren bij de fabricage. De klant moet zijn specificatie wel

aanpassen aan de ter beschikking staande logische functies. Er kunnen veel ingangen ongebruikt blijven; er is veel ruimteverlies mogelijk op de chip door niet benutten van veel transistoren.

Hierbij dient nog te worden aangetekend dat bij de gate-arrays in Europa soms nog de mogelijkheid wordt geboden, in éénlaags aluminium te bedraden, de tweede laag in polysilicon. In de Verenigde Staten is dat vrijwel uitsluitend het tweelaags aluminiumproces. Bij de standard cell, macro cell en full custom realisatie geldt altijd een zodanige complexiteit dat tweelaags aluminium noodzakelijk is. Ze werken zelfs al met drielaags metaal; uiteraard veel moeilijker qua processing.

De vulling van een IC met component is vaak maar 20%. De overige 80% is bedrading tussen de componenten. Dit betekent dat indien we een bepaalde gate-array van bijvoorbeeld 10.000 gates nodig hebben, daar een groot oppervlak aan routeringskanalen moeten worden bijgeteld. Vaak geven ze, door ervaring wijs geworden, de hoeveelheid te plaatsen

logica niet meer aan in celruimte, maar in statistisch te gebruiken hoeveelheid gates. De term 2.000 usable gates geeft dan aan dat met een gemiddeld ontwerp op die gate-array zo'n 2.000 gates zinnig te plaatsen en te routen zijn. Sommige ontwerpen kunnen meer gates benutten, andere zijn zo complex dat er soms zelfs iets minder dan het aantal opgegeven usable gates kunnen worden geplaatst. Gebruikelijke gate-array-omvang varieert van 2k, 4k, 10k, 20k gates tot 50k en 100k gates (overkill?). De overgang van de ene naar de andere (grotere) gate-array kan bijzonder kostbaar zijn. Een grotere behuizing kan daardoor nodig worden. Om slechts enkele tientallen gates nog te kunnen plaatsen, is een 50% grotere chip nodig. Bij standard cell en full-custom kunnen we de chip een weinig groter maken. Bij een al vorgeproduceerde gate-array kan dat niet en moet een groter broertje worden gekozen.

Voor de verbindingen tussen de poorten worden aluminium sporen op het chipoppervlak gelegd. In de gate-arrays moeten deze in de door de fabrikant opengelaten ruimten tussen de rijen en kolommen cellen worden gelegd. De bedradingskanalen nemen soms tot 50% van het chipoppervlak in. Dat is relatief erg veel. Het probleem bij gate-arrays in tegenstelling tot bijvoorbeeld dezelfde rijentechniek bij standard cell, is dat de breedte van de kanalen vastligt. Hebben we meer ruimte bij standard cell in een bedradingskanaal nodig (er moet net een draad bij) dan is het een kwestie van even de ellebogen ertussen. Is er minder ruimte benodigd, dan kan het kanaal worden versmald. Bij standard cell of macro cell is wel de structuur van rijen aanwezig, maar er is nog niets vorgeproduceerd. Bij een gate-array bestaat de plak al, dus het ruimteverlies kan veel groter zijn doordat de bedradingskanalen tijdens de routing niet te verbreden of te versmallen zijn. Minder flexibel dus. Uitsluitend door het verplaatsen en omwisselen van poorten in cellen is ruimte te winnen. Te brede kanalen verspillen ruimte, te smalle kanalen noodzakelijk het niet gebruiken van cellen door de structuur over een groter oppervlak te spreiden. Dit veroorzaakt

dan gelijk bij een omweg een vertraging in het signaal.

Om de flexibiliteit te kunnen vergroten, is bij de gate-arrays een nieuwe techniek geïntroduceerd: de 'zee van poorten' oftewel 'sea-of-gates'. Daarbij heeft de fabrikant zijn cellen zodanig in elkaar gezet, dat het mogelijk is verbindingen over niet gebruikte cellen heen te leggen. Doordat de routeringskanalen bij het dwars over een cel heen kunnen leggen van bedrading niet nodig zijn, kan de chip van rand tot rand worden gevuld met cellen. Bij het leggen van verbindingen worden simpelweg rijen en kolommen opgeofferd. Dat is in feite een flexibiliteitsverhoging op de manier die we bij standard gewend zijn. Bedacht moet worden dat de sea-of-gates chip al is geproduceerd op een wafer. De buitenafmetingen van de chip liggen vast, evenals de grootte van de transistoren. Poorten moeten qua hoeveelheid en drive-capaciteit dus toch nog steeds in de beschikbare cellen worden gepast. Overigens komt de sea-of-gates fabrikant de ontwerper vaak tegemoet door zijn chip te voorzien van een paar cellen met een aantal steviger uitgevoerde transistoren of de mogelijkheid enkele transistoren in de cellen parallel te schakelen. Zoals het onderscheid tussen macro cell en standard cell vervaagt door steeds meer mogelijkheden bij de standard cellen, zo is er ook een naar elkaar toegroeien van de mogelijkheden van de gate-arrays naar de standard cell. De sea-of-gates is er een goed voorbeeld van.

De gate-arrays zijn soms ook verkrijgbaar met al aangebrachte RAM- of ROM-gebieden dan wel met een processor naast de nog in te vullen cellen. Dat wil zeggen VLSI-componenten op de gate-array. □

Literatuur:

- [1] 'ASIC's, invoeringservaringen' (red. Ir. J.G.W. Stikkelman, 1989).
- [2] 'ASIC's in Nederland', ontwerpen op silicium (SCME, 1989).
- [3] 'ASIC's', Sonderheft Elektronik (Franz Verlag, 1988).

* *Te bestellen door overmaking van f 79,50 + f 5,- porto t.n.v. De Muiderkring, Weesp, gironr. 83214 o.v.v. bestelnr. 590900.*

Ref.: Met dank aan Prof. ir. M.P.J. Stevens en ing. P.H.A. van der Putten (TU Eindhoven).

FLUKE THERMOMETERS



- Temperatuurmetingen met 1° of 0,1° resolutie
- Groot meetbereik: -200 tot +2498°C met K-thermokoppel
- Uitlezing omschakelbaar: °C en °F
- Geschikt voor K en J thermokoppels
- Voorzien van 2 meetingen: T1 en T2
- Verschil meting: T1-T2
- Met data-logger (Min-Max)
- Inclusief SCAN functie
- Fluke 52 f 550,00 exkl. BTW

POSTBUS 9299 3506 GG UTRECHT
TEL. 030-611855 FAX. 030-623464
Filiaal in Apeldoorn, Arnhem, Eindhoven,
Enschede, Haarlem, Utrecht en Zwolle.

display
Elektronika

* De rubriek *Ins & Outs* is uitsluitend bestemd voor mini-advertenties van particulieren.

* Advertenties voor deze rubriek kunnen uitsluitend door middel van onderstaande bon of een copie daarvan worden opgegeven. Onvolle-

dig ingevulde of onleesbare bonnen worden geweigerd.

* Het onderwerp moet verband houden met elektronica. Daaronder valt ook audio-, video-, communicatie- en computerapparatuur.

* De redactie beslist over plaatsing en definitieve tekst.

Ins:

Gevraagd: scoop 20 MHz Hameg, Philips, Dynatek of Tektronic, maximaal f 500,-
Tel.: 080-560263.

Gezocht voor Juki 6100: sheet- en tractorfeeder. H. de Vries, tel. 070-3877288 (na 18.00 uur).

Gevraagd: Interface-schema Casio-FX850P (zakcomputer) met PC (RS-232C). Tel.: 01659-3584.

Gevraagd: schema's voor **Teleequipment** scoop, type D43 ser. no. 39181 of (eventueel) adres van importeur. En wie kan mij helpen aan de schema's van een Philips audio installatie (plat model) nr. NF01819047 of 087580 of AH02807G2 (0000131)? Tel.: 05700-24183.

Gevraagd: zeer oude televisie en boeken hierover; beeldbuis 22 cm, doc. beeldbuister Stolle 7402S. Tel.: 01623-18158 (J. Janssen).

Gezocht: schema van tuner versterker STR-V3L Sonny. Tel.: 091-725657 (B).

Gevraagd: X-tals RX+TX voor TR7200G 145.425 + 450+475 repeaters Venlo + Roosendaal + R2+R4+R5. Tel.: 02510-34325.

Te koop gevraagd: Philips MFB boxen, bij voorkeur type 22 AH 587. Tevens gezocht: Philips luidsprekers, type AD 81671/MFB4 of AD 10100/MFB. Tel.: 02270-2312.

Outs:

Te koop: Peekel 12a Lf gen. f50,-; Philips GM6015 BVM f50,-; Solatron unimeter VAC/VDC/ Ω f 40,-; Variac 220 V/1A f 50,-; voeding Philips PE1207, 5-30 V/10A f 75,-. Tel.: 02152-61444.

Te koop: Compact Disc speler, merk Aristona/Philips, type TK619, garantie 1 jaar v.a. 29-06-90, normale prijs f349,-, vraagprijs f225,-, inclusief org. verpakking, kabels en papieren. Bel: 02510-26872 (Frank).

Te koop: zware voeding met meerder uitg. f25,-;

EPRM-programmer + wisser f50,-; MSX2 computer met diskdrive, printer, joystick, cass.speler, tekstwerker; computer, veel spelen, 11 boeken, 69 tijdschriften f800,-. Bel tijdens kantooruren 010-4330844 (M. Perdeck).

Te koop aangeboden: Philips TV, defect, bouwjaar \pm 1960, type 247279, vraagprijs f100,-. Tel.: 03404-53346 (na 18.00 uur).

Te koop: Elektr. orgel voor elke elektronica hobbyist, 2x4 oktaven, 7/8 voetmaten, elektronische contactbak met sustain en percussie, eventueel met Lesley-unit en ritme apparaat (15). Mooie donker-eiken kast, uitbreiding mogelijk. T.e.a.b. Tel.: 070-3272004.

Te koop diverse transformatoren, verschillende spanningen, vanaf f5,-; 2 relais 24V in kastje, 3x wisselcontact f10,-; 2 Philips elektronica dozen A + AB, f 100,-. Tel.: 03480-18813.

Repro (master) camera, geheel compleet, met onder andere 2 lenzen, vacuümzuiginrichting, etc. Ideaal voor printen. Alle onderdelen verkrijgbaar. Nieuwprijs f14.000,-, vraagprijs f2.000,-. Tel.: 02153-86549.

Te koop: ca. 12 (stereo) radio-inbouwchassis (w.o. buizen), compleet met sp. en P.V., allen spelend, in één

koop f100,-; tevens diverse luidsprekers + voeding + uitg. trafo's, samen f100,-. Tel.: 04136-993.

Te koop: 2 Philips cassette-decks FC 566, f300,- p/st.; monochroom monitor Amber, f100,-. Tel.: 03402-39851.

Te koop: Filmnet decoder, werkt via een schotelantenne en ook via de kabel. Prijs: f400,-. Tel.: 05127-1810.

Te koop: PRO 12, weinig gebruikt, 18 + 15 cm tapes, EL 3517/20 bandrecorder; buizen 3x ECLL800, 1x EL84. Tel.: 055-421053.

Buizen-freaks opgelet: Amroh uitgangstrafo's U70BN, U73N, U60U, respectievelijk f 150,-, f 125,- en f 100,- per paar. Tel.: 050-266119 ('s avonds).

Port. cassettedeck/rek. met dolby B én 4-kan. tapedeck/rek. (quadrafonie). Tel.: 020-6003633 (tot 18.00 uur).

Te koop: 450 nieuwe en oude radio- en televisiebuizen. Vraagprijs f 1.000,- (in doosjes). Tel.: 045-216793.

Te koop: XT-motherbrd. 4.77/8 MHz & 256 Kb (640 max.) f125,-; HD contr. DTC5150 f75,-; Multi I/O card f60,-, alles met documentatie. NEC V20 processor f10,-; floppy drive 360 Kb f50,-. Tel.: 010-4803031 (na 19.00 uur).

Hierbij mijn gratis advertentie voor de rubriek „Ins & Outs” van RB Elektronica Magazine.

Naam: _____
Adres: _____
Postcode: _____
Plaats: _____

- 1 letter, spatie of leesteken per vakje.
- Tekst die vet gezet moet worden (extra aandacht!) markeren met twee blokjes (zie voorbeeld).
- Vergeet niet uw telefoonnummer te vermelden!

Deze bon opsturen naar:
RB Ins & Outs,
Postbus 313,
1380 AH Weesp

■	V	E	T	T	E	T	E	K	S	T	Z	ó	M	A	R	K	E	R	E	N	■

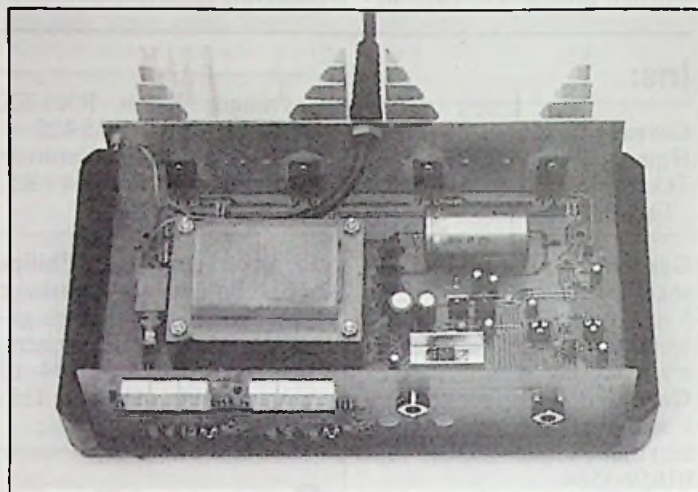
0-40V bij 0 tot 1,5 A met digitale indicatoren

Universele lab-voeding

Een goede voeding is de basis van iedere laboratorium uitrusting. De eisen aan voedingen zijn steeds strenger geworden. Had men vroeger genoeg aan een maximale uitgangsspanning van 20 V, nu moet voor veel toepassingen met minstens 30 V gerekend worden. Dit ontwerp voldoet met een maximale spanning van 40 V en een maximale stroom van 1,5 A aan alle huidige eisen. Bovendien heeft deze voeding twee ingebouwde digitale meters voor stroom en spanning en is de inwendige weerstand als spanningsbron kleiner dan $0,01 \Omega$ en als stroombron groter dan $20 \text{ k}\Omega$!

De basis van de voeding is een forse voedings-transformator met drie secundaire wikkelingen. De twee bovenste zijn in serie geschakeld en leveren $2 \times 9 \text{ V}$ af bij $2 \times 0,5 \text{ A}$ voor het voeden van de hulpschakelingen. Uit deze wikkelingen worden op

de gebruikelijke manier gestabiliseerde spanningen van $+5 \text{ V}$ en -5 V afgeleid. Er zijn echter twee $+5 \text{ V}$ stabilisatoren in gebruik. Dat heeft een duidelijke, maar misschien niet zo voor de hand liggende reden. Uit de $+5 \text{ V}$ voeding worden de LED-display's van de twee



digitale uitlezingen gevoed. De stroom die deze onderdelen trekken is uiteraard sterk afhankelijk van het aantal ingeschakelde segmenten. Wijst de voltmeter bijvoorbeeld een spanning van $11,1 \text{ V}$

aan, dan zijn slechts zes segmenten ingeschakeld. Wijst de meter $28,8 \text{ V}$ aan, dan zijn niet minder dan 21 segmenten actief. Zou men deze sterk variërende stroom uit dezelfde voeding afleiden als de referentiespanning voor de voeding, dan zou de nauwkeurigheid van de spanningsinstelling twijfelachtig worden. Vandaar dat er twee $+5 \text{ V}$ stabilisatoren worden ingezet, waarbij IC1 verantwoordelijk wordt gesteld voor het voeden van de uitlezing en IC2 wordt gebruikt voor het voeden van de kritische schakelingen van de voeding.

De derde secundaire wikkeling levert een spanning van 40 V en moet een stroom van $2,25 \text{ A}$ kunnen verwerken. Na gelijkrichting met D5 tot en met D8, 4 A silicium dioden, en afvlakking met C7 staat de ongestabiliseerde spanning ter beschikking aan de regelschakeling. De schakeling werkt op de traditionele manier met een serieregeling. De serietransistor is hier viervoudig uitgevoerd. Dat heeft niet zo zeer te maken met de maximale stroom die de voeding moet leveren, maar met het maximale vermogen dat in deze trap verwerkt moet worden als de voeding op bijvoorbeeld 5 V ingesteld wordt. De vier serietransistoren worden parallel geschakeld. Uiteraard zijn klei-

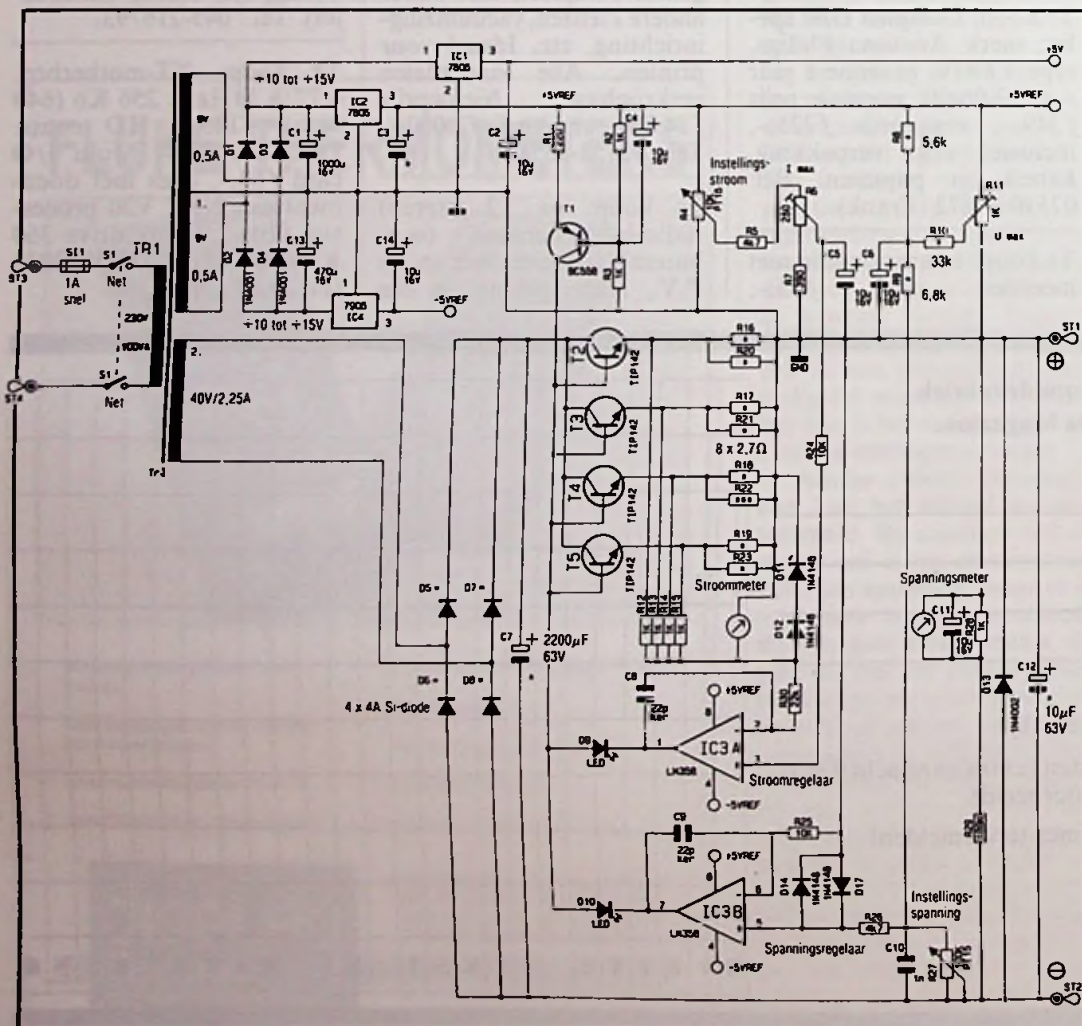


Fig. 1 Basisschema van de PS70xx voeding.

ne emitterweerstand nodig om de stromen evenredig tussen de vier transistoren te verdelen. Dat systeem werkt zelfregulerend. Zou een van de transistoren meer stroom gaan verwerken dan de overige drie, dan zal er door deze grotere stroom een grotere spanning vallen over de emitterweerstand. Het gevolg is dat de basis-emitterspanning voor deze ene transistor kleiner wordt en dat de halfgeleider daardoor minder gaat geleiden. Een tweede voordeel van het gebruik van deze weerstanden is dat er automatisch een stroomsensor ontstaat. Over deze weerstanden valt immers een spanning die recht evenredig is met de stroom die de voeding levert. Men kan deze kleine spanning zonder meer gebruiken voor het sturen van de stroommeter, die hier symbolisch door een klassiek meetinstrument is voorgesteld, maar uiteraard vervangen wordt door de digitale paneelmeter. Een derde voordeel van het gebruik van deze weerstanden is dat deze gebruikt kunnen worden als basis van de instelbare stroombegrenzing.

De spanningen over de emitterweerstand gaan via de voor de onderlinge ont koppeling noodzakelijke serieweerstanden R12 tot en met R15 naar de inverterende ingang van de operationele versterker IC3a. De twee dioden D11 en D12 zijn noodzakelijk om de schakeling in geval van kortsluiting tegen overbelasting te beschermen.

De operationele versterker is door middel van de condensator C8 ont koppeld. Dit onderdeel onderdrukt eventueel aanwezige oscillatieverschijnselen.

Voor het instellen van de maximaal te leveren stroom wordt gebruik gemaakt van de potentiometer R4. Deze takt een gedeelte van de referentiespanning van +5 V af en voert deze via de serieweerstanden R5 tot en met R7 en R24 toe aan de niet-inverterende ingang van de operationele versterker. De schakeling R5 tot en met R7 is een extra regeling die ervoor zorgt dat men met R6 de maximaal te leveren stroom eenmalig kan instellen.

De spanningsregelaar is opgebouwd rond operationele versterker IC3b. Deze werkt in principe op dezelfde manier. De inverterende ingang is aangesloten op de uitgang van de voeding. De niet-inverterende

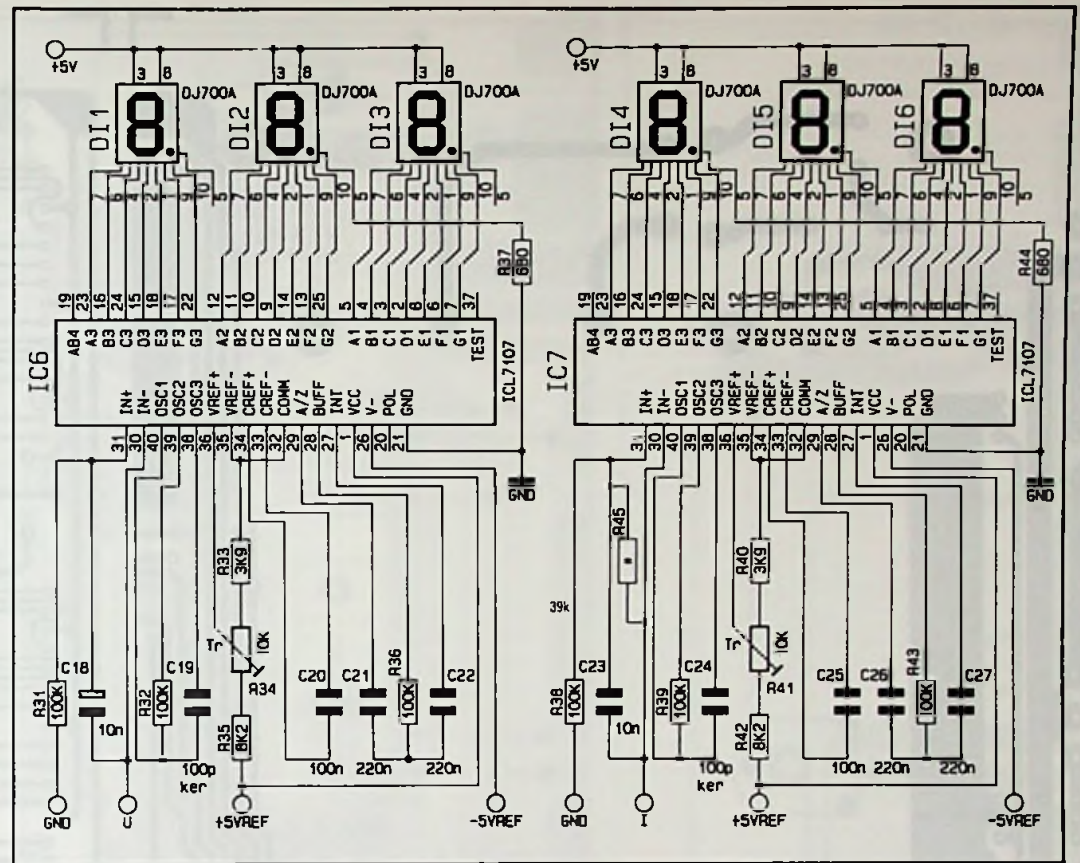


Fig. 2 Schema van de digitale uitlezing van spanning (I) en stroom.

ingang gaat via R26, R9 en R10 naar de instelpotentiometer R11 waarmee men de maximale waarde van de uitgangsspanning van de voeding kan instellen. Ook deze potentiometer wordt uit de referentiespanning van +5 V gevoed. Met behulp van de potentiometer R27 kan men de uitgangsspanning tussen 0 en de ingestelde maximale waarde regelen.

Ook deze operationele versterker is flink tegengekoppeld (C22), zodat de schakeling absoluut vrij is van oscillaties. De twee dioden D14 en D17 beschermen de operationele versterker tegen kortsluitomstandigheden.

De uitgangen van de twee operationele versterkers zijn via de LED's D9 en D10 parallel geschakeld en besturen de basissen van de vier serietransistoren.

Het regelsysteem werkt als volgt. Transistor T1 vormt een constante stroombron die een stroom van ongeveer 8 mA levert. Als de dioden D9 en D10 gesperd zijn doordat de twee operationele versterkers een hoge uitgangsspanning afleveren, dan kan deze stroom alleen afvloeien via de basissen

van de vier serietransistoren. Deze worden volledig in verzadiging gestuurd en de uitgangsspanning van de voeding is gelijk aan de waarde van de ongestabiliseerde spanning. Zover komt het uiteraard in de praktijk niet!

Het gevolg zou namelijk zijn dat op de inverterende ingang van IC3b een veel grotere spanning verschijnt dan op de niet-inverterende. De uitgangsspanning van de operationele versterker gaat dalen en het gevolg is dat de diode D10 gaat geleiden. Een deel van de door T1 geleverde constante stroom gaat nu via de LED en de uitgang van de operationele versterker afvloeien. Het gevolg is dat er minder stroom voor de basissen van de serietransistoren overblijft. Deze onderdelen gaan minder geleiden, de uitgangsspanning van de voeding daalt.

Het systeem zal nu een evenwichtsituatie opzoeken, waarbij de serietransistoren zover open gestuurd worden dat de spanning op de inverterende ingang van IC3b gelijk is aan de spanning op de niet-inverterende ingang. Op deze manier zal de voeding zichzelf altijd instellen op de uitgangsspanning die wordt bepaald door de stand van de loper van potentiometer R27.

De stroomregulator werkt op

identieke wijze. Als de geleverde stroom groter wordt dan de waarde die met de potentiometer R4 is ingesteld, dan zal de uitgangsspanning van operationele versterker IC3a gaan dalen. Nu gaat de diode D9 geleiden, met als resultaat dat er nog een groter deel van de constante stroom niet voor de serietransistoren beschikbaar is. Deze gaan minder geleiden en de uitgangsspanning gaat zover dalen totdat de geleverde stroom gelijk is aan de waarde die met de potentiometer R4 werd ingesteld.

Het zal duidelijk zijn dat de twee regelsystemen nooit gelijktijdig actief kunnen zijn. Stel dat men bijvoorbeeld de voeding instelt op een uitgangsspanning van 12 V met een maximale stroom van 1 A. Zolang de geleverde stroom onder deze waarde blijft zal de schakeling rond IC3a niet actief zijn en zal de verdeling van de constante stroom tussen serietransistoren en regelsysteem geregeld worden door IC3b.

Stijgt de belasting van de voeding tot over de 1 A, dan zal IC3a de taak van IC3b overnemen.

De voeding heeft dus twee werkingsmodi, namelijk ofwel constante spanningsbron (LED D10 licht op) ofwel constante stroombron (LED D9 licht op).

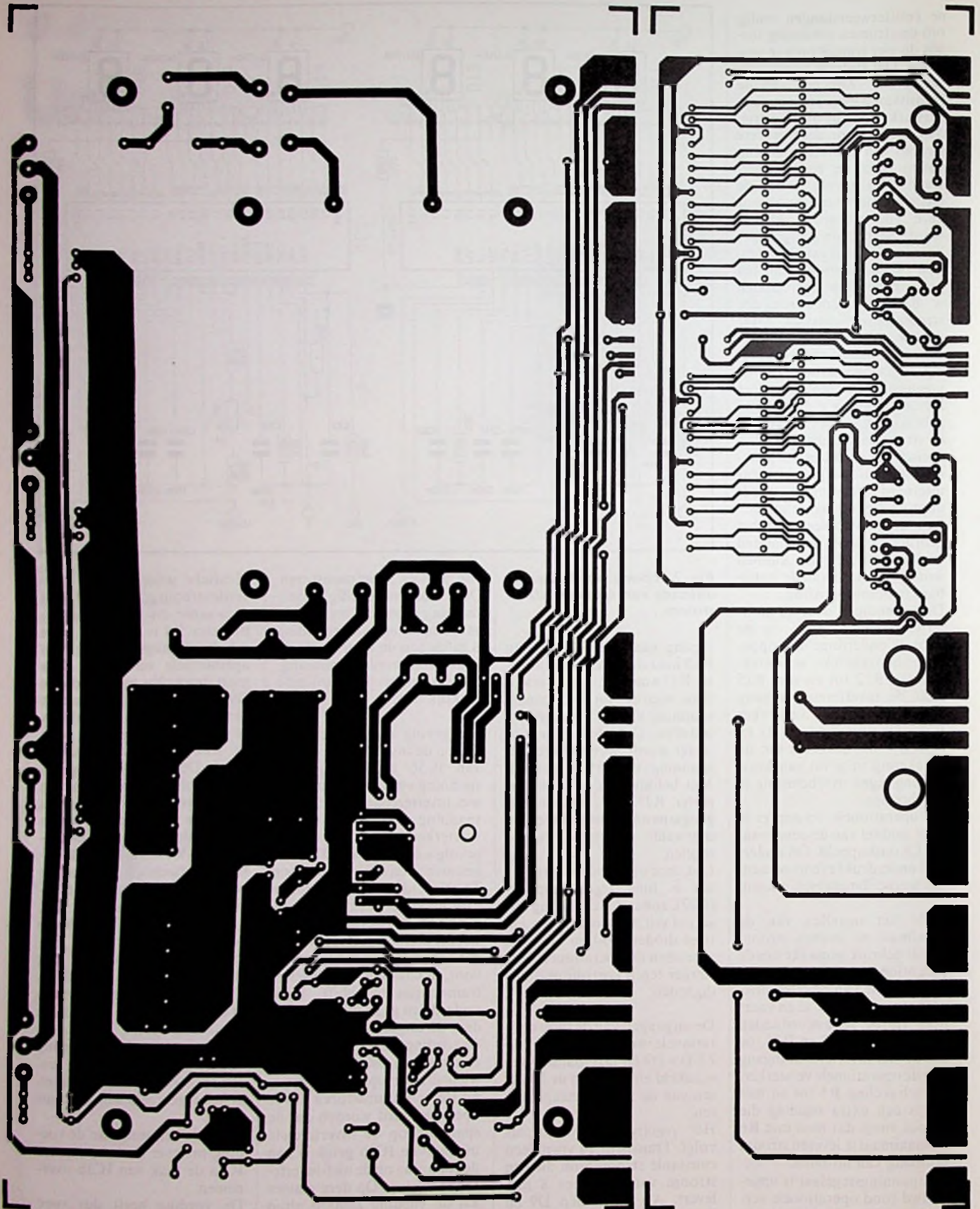


Fig. 3 Print lay-out van de voeding.

Fig. 4 Print lay-out van de twee digitale paneelmeters.

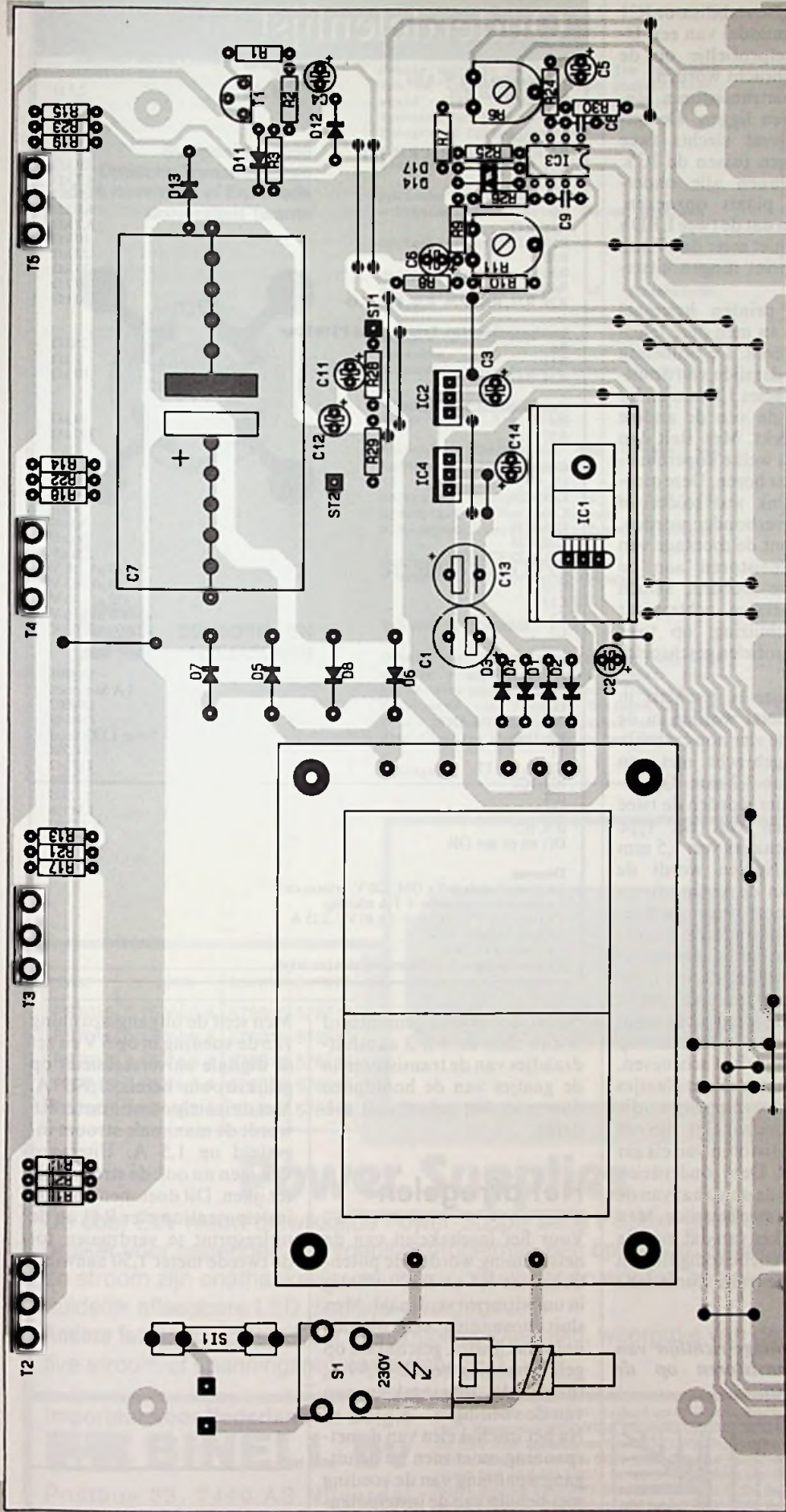


Fig. 5 Componentenopstelling van de voeding.

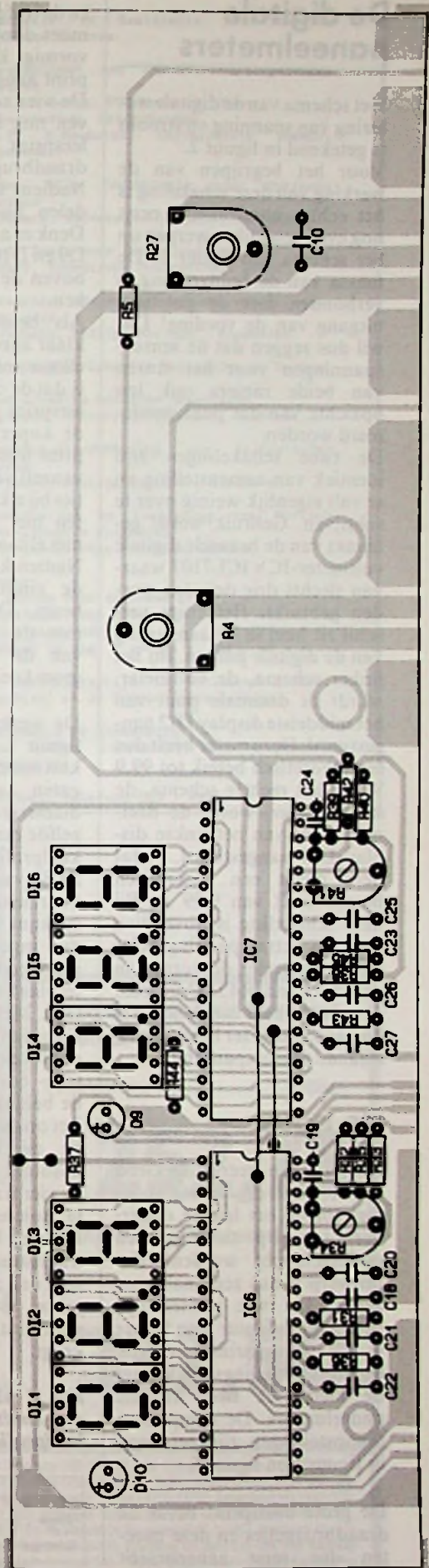


Fig. 6 Componentenopstelling van de twee digitale paneelmeeters.

De digitale paneelmeters

Het schema van de digitale uitlezing van spanning en stroom is getekend in figuur 2.

Voor het begrijpen van de werking van deze schakeling is het echter noodzakelijk eerst nog even een blik te werpen op het schema van figuur 1. De massa van de hulpvoeding is verbonden met de positieve uitgang van de voeding! Dat wil dus zeggen dat de sensorspanningen voor het sturen van beide meters ook ten opzichte van dat punt gerefereerd worden.

De twee schakelingen zijn identiek van samenstelling en er valt eigenlijk weinig over te schrijven. Gebruik wordt gemaakt van de bekende digitale voltmeter-IC's ICL7107 waarvan slechts drie decaden worden gebruikt. Het enige verschil zit hem in de aansturing van de digitale punten. Bij het linker schema, de voltmeter, wordt de decimale punt van het middelste display DI2 aangestuurd. Deze meter heeft dus een theoretisch bereik tot 99,9 V. Bij het rechter schema, de stroommeter, wordt de decimale punt van het linkse display DI4 aangestuurd, zodat deze meter een theoretisch bereik heeft van 9,99 A. Bij deze schakeling is bovendien nog een extra spanningsdeler aanwezig onder de vorm van de weerstand R45. Deze past de gevoeligheid van de schakeling aan aan de ter beschikking staande sensorspanning.

De bouw

Dankzij een zeer uitgekend ontwerp kan de voeding volledig, tot op het laatste onderdeel toe, op twee printen ondergebracht worden! Het ontwerp is dus zeer 'nabouwzeker'. De twee printen zijn getekend in figuur 3 en figuur 4. De grote print bevat de eigenlijke voedingsschakeling, de kleine de twee digitale paneelmeters. De componentenopstellingen zijn getekend in figuur 5 en figuur 6.

De grote basisprint bevat 22 draadbruggetjes en deze moeten dus eerst aangebracht worden. Nadien wordt het kleine grut gemonteerd en gesoldeerd. Tot slot volgen de grote onderdelen zoals de afvlakelco, de netschakelaar

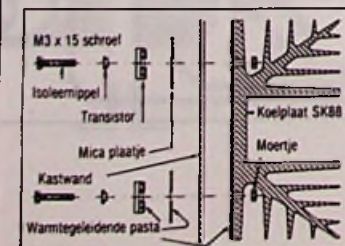
en de trafo. De stabilisator IC1 moet door middel van een U-vormig koelprofieltje op de print aangebracht worden.

De vier serietransistoren blijven nog even liggen. De uitleesprint bevat slechts twee draadbruggen tussen de IC's. Nadien kunnen alle onderdelen hun plaats opzoeken. Denk er aan dat de twee LED's D9 en D10 niet meer dan 7 mm boven de print mogen uitsteken.

Als beide printen helemaal klaar zijn kan men deze tegen elkaar solderen. De bedoeling is dat de onderzijde van de uitleesprint precies 1,5 mm onder de koperzijde van de andere print uitsteekt. Men stelt dan vanzelf vast welke koperbaantjes bij elkaar horen. Deze moeten met flink wat soldeertin met elkaar verbonden worden. Nadien komt de montage van de eindtransistoren aan de beurt. Deze worden, samen met de metalen achterplaat van de behuizing, op twee grote koelprofielen geschroefd.

De werkwijze is geschetst in figuur 7. Eerst worden in de kastwand de vier noodzakelijk gaten aangebracht met een diameter van 3,2 mm. Op dezelfde manier worden de twee koelprofielen van het type SK88 van gaatjes van 3,5 mm voorzien. Nadien wordt de rugkant van de koelprofielen dun ingesmeerd met warmtegeleidende pasta en op de achterplaat van de behuizing gelegd. Men kan nu de vier transistoren met behulp van het in de afbeelding aangegeven montage- en isolatie-materiaal op de behuizingsplaat schroeven. Let op de dunne mica plaatjes en de isoleernippeltjes die absoluut noodzakelijk zijn om de vier transistoren van elkaar te isoleren! Deze onderdelen kan men bij de aanschaf van de transistoren mee bestellen. Men is er dan zeker van dat men de juiste isolatiebenodigheden voor dit type transistor in huis krijgt.

Fig. 7 Montage-richtlijn van de eindtransistoren op de koelprofielen.



Onderdelenlijst

Weerstanden (1/4 W, 5 %)

R16 tot en met R23	2,7 Ω
R1	220 Ω
R7	390 Ω
R37, R44	680 Ω
R2, R3, R12, R13, R14, R15, R28	1 kΩ
R33, R40	3,9 kΩ
R5, R26	4,7 kΩ
R8	5,6 kΩ
R9	6,8 kΩ
R35, R42	8,2 kΩ
R24, R25	10 kΩ
R30	22 kΩ
R10	33 kΩ
R45	39 kΩ
R29, R31, R32, R36, R38, R39, R43	100 kΩ

Instelpotentiometers, liggend model PT10 Piher

R6	250 Ω
R11	1 kΩ
R34, R41	10 kΩ

Potentiometers, lineair mono

R4	10 kΩ
R27	100 kΩ

Condensatoren

C8, C9	22 pF
C19, C24	100 pF
C10	1 nF
C18, C23	10 nF
C20, C25	100 nF
C21, C22, C26, C27	220 nF
C2, C3, C4, C5, C6, C11, C14	10 μF, 16 V
C12	10 μF, 63 V
C13	470 μF, 16 V
C1	1000 μF, 16 V
C7	2200 μF, 63 V

Halfgeleiders

D1, D2, D3, D4	1N4001
D5, D6, D7, D8	4 A Si-dioden
D13	1N4002
D11, D12, D14, D17	1N4148
D9, D10	3 mm LED, rood
T1	BC558
T2, T3, T4, T5	TIP142
IC1, IC2	7805
IC4	7905
IC3	LM358
IC6, IC7	ICL7107
D11 tot en met D16	DJ700A

Diversen

1 x drukschakelaar 2 x OM, 220 V, printmodel
1 x printzekeringhouder + 1 A zekering
1 x trafo 2 x 9 V / 0,5 A + 1 x 40 V / 2,25 A
2 x koelprofielen SK88
1 x koelprofiel SK13
diverse montage- en isolatiematerialen (zie tekst)

Nadat het geheel gemonteerd is kan men de 4 x 3 aansluitdraadjes van de transistoren in de gaatjes van de hoofdprint duwen en het geheel vast solderen.

Het afregelen

Voor het inschakelen van de netspanning worden de potentiometers R4 en R27 volledig in uurwijzerzin verdraaid. Men sluit bovendien een digitale universeelmeter, geschakeld op gelijkspanning bereik 99,99 V, tussen de uitgangsklemmen van de voeding.

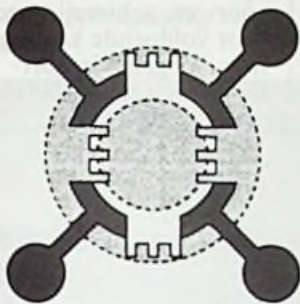
Na het inschakelen van de netspanning moet men nu de uitgangsspanning van de voeding met behulp van de instelpotentiometer R11 afregelen op 40 V. Met de instelpotentiometer R34 op de uitleesprint ijkt men de digitale paneelmeter op een uitlezing van 40,0 V.

Men stelt de uitgangsspanning van de voeding in op 5 V en zet de digitale universeelmeter op gelijkstroom bereik 1,999 A. Met de instelpotentiometer R6 wordt de maximale stroom ingesteld op 1,5 A. Uiteraard kan men nu ook de stroommeter ijken. Dit doet men door de instelpotentiometer R41 op de uitleesprint te verdraaien tot de tweede meter 1,50 aanwijst. □

Inl. onderdelen/bouwkit:
Binell, Nijverdal
Tel.: 05486-17475



Symposium 1990
Optische Transducenten
15-16 november in Enschede
Universiteit Twente



SA **SENSOREN EN**
AKTUATOREN

KORT PROGRAMMAOVERZICHT :

DONDERDAG 15 NOVEMBER

Gehele dag: in de onmiddellijke nabijheid van de symposiumzaal staan posters opgesteld over onderwerpen rond **Optische Sensoren en Molecular Engineering t.b.v. Integrated Optics Devices.**

Lezingen:

Optische Transducenten
 A.Driessen, Universiteit Twente, Enschede.

Optische Sensoren

Optical Sensors
 R.Culshaw, University of Strathclyde, Glasgow.

Integrated Optics voor Chemo-Optische Sensoren
 P.Lambeck, Universiteit Twente, Enschede.

Optische Biosensoren
 J.van Veen, T.N.O. Delft.

Molecular Engineering ten behoeve van Integrated Optics Devices

Molecular Recognition as a Tool for Electrical and Optical Sensors
 D.Reinhoudt, Universiteit Twente, Enschede.

Supramolecular Photochemistry
 V.Balzani, University of Bologna.

VRIJDAG 16 NOVEMBER

Gehele dag: in de onmiddellijke nabijheid van de symposiumzaal staan posters opgesteld over onderwerpen rond **Simulatie en Realisatie van Planaire Optische Devices (o.a. t.b.v. Telecommunicatie) en Optisch Niet-Lineaire Materialen en Devices.**

Lezingen:

Simulatie en Realisatie van Planaire Optische Devices

Berekeningen aan Planaire Lichtgeleider Devices

dl.1: N.Baken, PTT Research Neher Laboratorium, Lelidshendam.

dl.2: H.Hoekstra, Universiteit Twente, Enschede.

Dunne Film Technologie voor Optische Devices

H.Albers, Universiteit Twente, Enschede.

Basic Tools voor Integrated Optics

M.Smit, Technische Universiteit Delft.

Integrated Optics ten behoeve van Telecommunicatie

B.Verbeek, Philips Nat.Lab., Eindhoven.

Optisch Niet-Lineaire Materialen en Devices

Niet-Lineaire Optische Materialen

Th.Popma, Universiteit Twente, Enschede.

Frequentieverdubbeling van Halfgeleider Lasers

R.Visser, Philips Nat.Lab., Eindhoven.

Ontwikkeling en Toepassing van Optisch Niet-Lineaire Polymeren

G.Möhlmann, Akzo Research, Arnhem.

Kosten:

De kosten voor deelname zijn:

- deelname voor 2 dagen: **HF1.300,-**

- deelname voor 1 dag : **HF1.225,-**

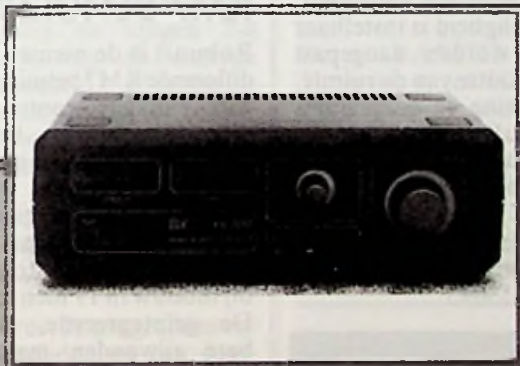
- diner le dag 's avonds : **HF1. 40,-**

De deelnemersprijs is inclusief koffie, lunch(es) en de Symposiumproceedings.

Informatie en aanmelding:

Voor nadere informatie kunt U contact opnemen met:

J.Eljkel, telefoon 053 - 892724.



type	spec.	bouwkit	gemont.
PS7015	0-15 V4,0 A	578B15	578F15
PS7015	0-15 V4,0 A	578B15	578F15
PS7015	0-15 V4,0 A	578B15	578F15
PS7015	0-15 V4,0 A	578B15	578F15
PS7015	0-15 V4,0 A	578B15	578F15

Komplete bouwkit met printen en behuizing

bestelnummer:578Bxx

252,75

Kompleet gemonteerd

bestelnummer:578Fxx

332,50

Power Supplies

De door ELV nieuw ontwikkelde Power-Supply serie PS50xx geeft de gebruiker voor nagenoeg alle voedingsproblemen een oplossing. Spanning en stroom zijn onafhankelijk van elkaar instelbaar en worden op twee duidelijk afleesbare LED displays weergegeven.

Andere features: Kortsluitvast, kontinubelastbaarheid, weergave van de actieve stroom of spanningsregelaars dmv LED.

Importeur voor Nederland en België

BINELL bv

Postbus 83, 7440 AB Nijverdal

Tel: 05486 - 17475, fax 05486 - 12678

VERKOOPADRESSEN: Utrecht Centrum Elektronica 030-319636; Display 030-315655; Rotterdam Dii 010-4854213; Amsterdam Muco 020-183781; Ernst De Weerd 05787-1559; Breda Jacobs 076-212881; Roermond Popular 04750-34394; Dordrecht Peko 078-162381; Leeuwarden

Het elektronicahuis 058-151171; Leiden Groot 071-130974; Groningen Okaphone 050-126819; Telec 050-141616; Assen Baas 05920-14401; Mappel Evers 05220-60069; Hoogeveen Deltronics 05280-68300; Emmen Cresendo 05910-13580; Zwolle Cebra 038-211663; Display 055-214398; Apeldoorn van Essen 055-212485; Display 055-214398; Deventer van Schoor 05700-12760; Amerstfoort van Hove 033-635902; Veenendaal van Hove 08358-18228; Oldenzaal Paul's 05410-21683; Nijmegen Technica 080-225210; Amsterdam Hecke 020-792459; Delft H.E.C. 015-140371; Goris 015-130489; Venlo Baur 077-517154; Maastricht De Regenboog 043-212257; Grootaers 43-253484; Vogelzang 043-214169; Uden Ben v Dijk 04132-51525; Oss Ben v Dijk 04120-34139; Schiedam v/d Bend 010-4267568; Vlaardingen v/d bend 010-4342088; Sittard De Regenboog 04490-12355; Haarlem De Regenboog 045-716829; Vogelzang 045-716055; Alkmaar Elektron 072-113180; Den Bosch Mulders 073-136968; Ben v Dijk 073-216232; Zaandam Othee 075-354854; Gouda Radio Shack 01820-21718; Den Haag Westerveld 070-836480; Meek-it 070-600357/609554; Hilversum H+G 035-45568; Arnhem Radio Piet 085-425950; Display 085-454518; Hoorn Jonker 02290-14790; Bergen op Zoom Rein de Jong 01640-36028; Goes Electronicswinkel 01100-31276; Nijverdal Volkers 05486-12728; Eindhoven Display 040-448827; Telec 040-434449; Vogelzang 040-447955; Haarlem Display 023-322421; Zoetermeer Telec 079-422611; Enschede Display 053-315169; Heerenveen de Jong 05130-25581; Lisse Radiobeurs 02521-12176. BELGIE: Genk Data Elektronica 011-359128; Brugge 8000 Elektra 050-341007; Alken C.C.M. 011-314678; Gent Gentrone 091-218169; Mol Elcom 014-314201; Turnhout Artam 014-425478.

INFRARODE DATACOMMUNICATIE

Het ISD-100 infrarood data-communicatiesysteem bestaat uit twee identieke apparaten, met in elk apparaat zowel een zender als ontvanger en qua werking dus volledig in duplex. De ontvangen data wordt draadloos getransporteerd, waarbij het

ISD-100 infrarood data-communicatiesysteem.



zend/ontvangbereik maximaal 150 meter bedraagt. De overdracht vindt plaats in ASCII-formaat met een snelheid van maximaal 19.200 Baud. Data-interface via RS232, RS422 en RS485 is eveneens mogelijk, zodat de ISD-100 eveneens geschikt is om te opereren in netwerken. Lichtwegonderbreking geschiedt via interface XON-XOFF protocol, waardoor een continu bewaking van de lichtweg is veiliggesteld. Voor speciale toepassingen zijn er uitvoeringen met frontlensverwarming (gebruik in vrieshuizen tot ca. -30 °C). Voor uitrichten zijn optische en elektronische hulpmiddelen ingebouwd. Toepassingen voor data-communicatie zijn onder meer:

Inl.: Erwin Sick B.V. Optik Elektronik, Bilthoven, tel. 030-792544.

19" INBOUWCONSOLES

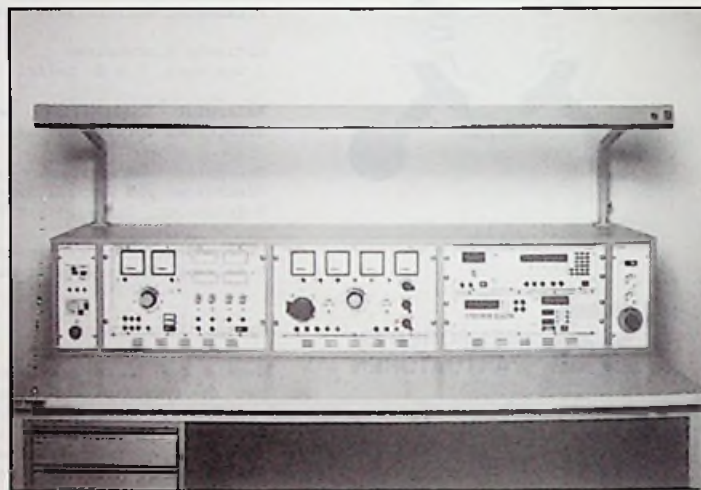
Bijzonder geschikt voor gebruik op de meettafel zijn deze 19" inbouwconsoles, geheel uitgevoerd conform de industriële norm DIN 41494. Ze zijn leverbaar in twee inbouwhoogten (6HE en 9HE) en in diverse standaardlengten, o.a. 1800 mm, 1500 mm en 1200 mm. Maximaal drie 19" instrumenten

Nieuwe consoles, geschikt voor op de meettafel.

van ten hoogste 400 mm diep, kunnen worden ingebouwd. Net als de, eveneens verkrijgbare, hoekconsoles zijn ze uitgerust met een centrale bekabeling voor 220/380V/16A. Afname geschiedt via 5-polige systeemstekers.

Speciale ventilatieroosters in voor- en achterzijde zorgen voor voldoende koeling.

Inl.: Vogels Import B.V., Eindhoven, tel. 040-415546.



SELECTIEVE GLASBREUKDETECTOR

De nieuwe glasbreukdetector, DG-50, van Digital Security Controls heeft een geavanceerd geluidsanalyse-systeem, dat elk waargenomen geluid digitaal analyseert. Het systeem elimineert 'normale' geluiden (telefoonbel, gerinkel van sleutels, e.d.) en identificeert nauwkeurig het breken van glas. Het is verder voorzien van

Deze glasbreukdetector digitaliseert geluiden nauwkeurig.

een anti-schok bevestiging, die de sensor beschermt tegen mechanische schokken en valse alarmen voorkomt. De gevoeligheid is instelbaar en kan worden aangepast aan de grootte van de ruimte, de inrichting en omgevingscondities. De kleine detector, in SMD uitgevoerd, is RFI- en EMI-beveiligd.

Inl.: Alarmering Signalering Beveiliging B.V., Eindhoven, tel. 040-413095.

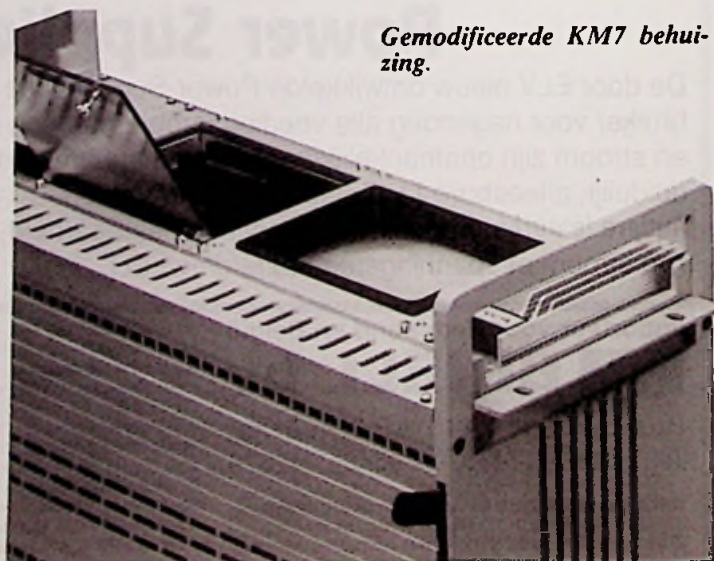
KM7 BEHUIZING

Robuust is de nieuwe gemodificeerde KM7 behuizing van Bicc-Vero Electronics, waarmee de gebruiker beschikt over een behuizing/bouwgroependragers met dubbel-functie. De behuizing kan zowel als tafellapparaat dienst doen als worden toegepast bij inbouw in 19 inch rekken. De geïntegreerde, uitklapbare zijwanden maken 19 inch rekmontage mogelijk, terwijl de verzinkbare en

automatisch blokkerende opstelvoeten uiterst praktisch zijn bij gebruik in vrije opstelling. De behuizing heeft een totale diepte van 300 mm en is geschikt voor 160 en 220 mm steekdiepte. De zijwanden bestaan uit aluminium-spuitsgiet materiaal, terwijl de bovenkant 'poedergelakt' is. De inbouwmaten zijn overeenkomstig DIN 41494, deel 5.

Inl.: Bicc-Vero Electronics, Bremen, (BRD), tel. 0421-8407202.

Gemodificeerde KM7 behuizing.

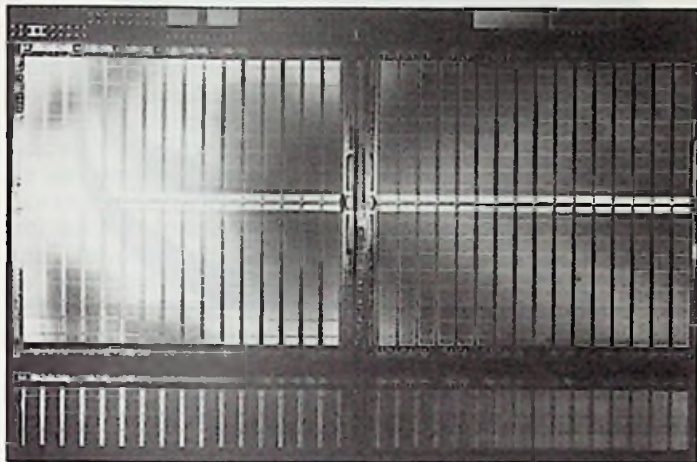


16 Mbit GEHEUGENCHIP

Sinds kort beschikt Siemens over de eerste monsters van een 16 Mbit DRAM chip. Op een 142 mm² siliciumplaatje zijn meer dan 33 miljoen componenten geïntegreerd.

De fijnste structuren zijn iets groter dan een half duizend-

16 MBit geheugenchip van Siemens.



ste millimeter. Na twee jaar is dit resultaat bereikt. De in München-Perlag gerealiseerde Mega-project technologie (1 en 4 Mbit DRAM) vormt de basis hiervan. De chip kan 16.777.216 bits bevatten, hetgeen neerkomt op 1000 pagina's schrijfmachinetekst op A4 formaat.

Inl.: Siemens Nederland, Den Haag, tel. 070-3332268.

RS232 COMPONENTEN

Voor de meeste toepassingen is een standaard RS232 chip met twee zenders en ontvangers afdoende. Bij andere combinaties is een veelvoud van deze componenten nodig, maar dat kan anders met de componenten van Sipex. Deze bevatten in één behuizing 2-5 zenders, gecombineerd met 0-5 ontvangers. De

meeste werken op 5 V, hebben een TTL 3-standen logica-uitgang en vragen 2-4 condensatoren als externe componenten. Afhankelijk van de uitvoering (er zijn 11 typen) heeft de behuizing 14 tot 28 pennen.

Inl.: Koning en Hartman, Delft, tel. 015-609906.

2 Mbit 'FLASH' GEHEUGEN

Als alternatief voor vluchtige data-opslag in DRAM's en op diskettes introduceert Intel een 2 Mbit 'flash' geheugen in CHMOS, de 28F020. De toegangstijd bedraagt 170 ns en de hele chip kan in 2 seconden worden gewist en in 4 seconden worden herschreven met behulp van Intels' Quick Erase en Quick Pulse Programming algoritme en een 12 V voeding. De stroomopname bedraagt 10 mA in de actieve toestand. Er is geen externe spanning nodig om de eenmaal opgeslagen gegevens vast te houden. De als 256 Kbit x 8 georganiseerde chip heeft een ingebouwde microprocessor interface, overschrijfbescherming tijdens in-/uitschakelen,

geïntegreerde programmeer/wis/stoptijden en een commandoregister architectuur. Inl.: Intel Benelux, Rotterdam, tel. 010-4071111.

A/D EN D/A OMZETTERS

De serie 12-bit snelle bemonsterende A/D omzetter van Datel is uitgebreid met een 10 MHz eenheid, de ADS 130. Deze 40-pens omzetter heeft een vermogendissipatie van 3,7 W. De bemonsterende omzetter is geschikt voor spectrum-, trillings- en medische analyse apparatuur en radar-, sonar- en videodigitalisatie, evenals voor data acquisitiesystemen. Ook een 150 MHz, 8-bit flash omzetter is in het programma opgenomen. Deze ADC-33/ 32 is

vooral bestemd voor video-toepassingen. De HDAS-582 heeft een 12-bit 400 kHz bemonsterende A/D omzetter en een multiplexer voor acht analoge ingangskanalen, bestemd voor industriële gegevensverzameling.

Inl.: Simac Electronics, Veldhoven, tel.: 040-582911.

SIMPELE VOEDING

Voor schakelingen die rechtstreeks uit het lichtnet mogen worden gevoed (zonder transformator) en die daarom niet geïsoleerd worden van de netspanning (oppassen!) heeft Harris de HV-2405 spanningregelaar uitgebracht. Het is een gelijkrichter plus schakelende voeding, gevolgd door een seriële regelaar op een enkele chip. De ingangsspanning loopt van 18 V tot 264 V wisselspanning bij een ingangsfrequentie van 48 tot 440 Hz. De uitgangsspanning bedraagt 5 tot 24 V gelijkspanning bij een stroomafname van 50 mA. De schakeling is ondergebracht in

een 8-pens kunststof DIL-behuizing en heeft een temperatuurbereik van 0-70 °C of van -40 tot +85 °C, afhankelijk van de uitvoering. Inl.: TME, Heeswijk-Dinther, tel. 04139-8895.

1 Mbit EPROM

Doordat de CAT27C210 van Catalyst, een 64Kx16 EPROM in CMOS is uitgevoerd, is de stroomopname slechts 50 mA in werking en 100 µA in de paraatstand. Elk 16-bit woord is in 150 ns bereikbaar. Toepassingen zijn de opslag van het besturingsysteem op computer moederborden, het aanleggen van grote gecodeerde vocabulaires voor spraaksynthese of het vastleggen van naslag-tabellen voor constanten die nodig zijn bij het oplossen van vergelijkingen. De component is compatibel met industriële standaard 1 Mbit CMOS EPROM's als de 27210 en de AM27C1024.

Inl.: Tekelec Airtronic, Zoetermeer, tel. 079-310100.

TRIAC STUURSCHAKELING

De UAA4713 van SGS-Thomson is een IC voor het sturen van een triac of relais middels een tijdschakelaar. Door aan dit IC een pyroelektrische opnemer (infrarood detector) te koppelen, reageert de schakeling op lichaamswarmte voor het

inschakelen van de verlichting die na een vooraf in te stellen tijd (4 seconden tot 5 minuten) weer uitschakelt. Met behulp van een LDR werkt de schakeling alleen in het donker.

Inl.: Microtronica, Houten, tel. 03403-91369.

FIRMANIEUWS

* Philips en Texas Instruments gaan gezamenlijk een nieuwe generatie logische bus-interfaceproducten ontwikkelen en produceren. De productfamilies dragen de naam ABT, ofwel 'Advanced BiCMOS TTL interface logic'. Er komen in eerste instantie 39 functies beschikbaar, waaronder 8-, 9- en 10-bit buffers, al dan niet gebufferde zend/ontvangers, tussengeheugens en flipflops.

* De vertegenwoordiging van Schurter AG, fabrikant van zekeringen, zekeringhouders, net-entrees en (verlichte) schakelaars is overgegaan naar Telorex Nederland, Breda, tel.: (076) 715000.

omvatten enkel- en meerlagen trimmers, SIL en DIL weerstandsnetwerken, koolfilmweerstand, vermogen hybriden, keramische hoogspanningsweerstand en halfgeleiderrelais en zijn verkrijgbaar via TME, Den Bosch, tel.: (073) 214545.

* Disticom Electronics, Hengelo, tel.: (074) 501000, distribueert de producten van Analog Devices, het gehele componentenpakket van SGS-Thomson, coprocessoren van IIT, connectoren van Harting, evenals standaardvoedingen en gelijkspanningsomzetter van Power-Technics.

* De producten van General Hybrid en Allen Bradley

4-KANAALS OSCILLOSCOOP

Tektronix heeft een nieuwe laaggeprijsde 4-kanaals oscilloscoop uitgebracht. Het instrument, de 2214, heeft een krachtig geheugen en beschikt over vier complete kanalen, gebaseerd op een conventionele 20 MHz 'real time' oscilloscoop. Met een D/A converter voor elk kanaal kan de oscilloscoop 16.000 samples per kanaal weergeven met een maximale samplingsnelheid van 16 megasamples per seconde. De 2214 is daardoor, mede dankzij de interface voor printers, ideaal voor service en onderhoud in elektromechanische, biofysische en procesbewakings toepassingen.

Elk kanaal heeft een verticaal bereik van 500 microvolt tot 5 V per divisie met 8 bit (256 niveau's) verticale resolutie. Nieuw is de mogelijkheid om differentiaal metingen uit te voeren tussen twee willekeurige kanalen, zowel digitaal als analoog, met een hoge verticale gevoeligheid. Door de geheugenlengte van 16 kByte voor elk kanaal heeft de 2214 een opmerkelijke tijdsresolutie.

Gebeurtenissen van honderden milliseconden kunnen worden geregistreerd met een

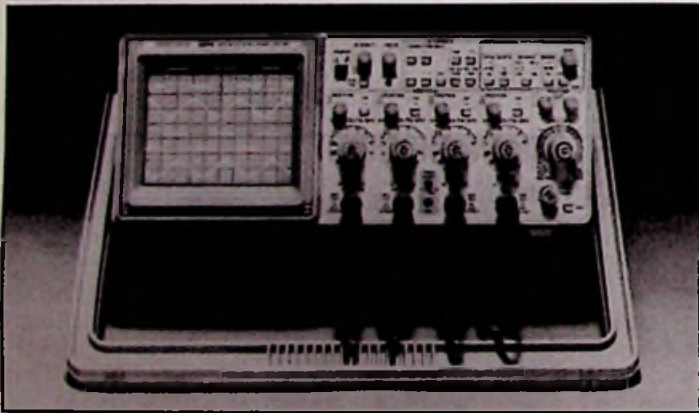
resolutie van microseconden en horizontaal worden vergroot (10 tot 50 maal) om deze gedetailleerd te analyseren. De tijdbasis kan worden ingesteld tot 50 seconden per divisie, zodat ook 'trage' verschijnselen op eenvoudige wijze kunnen worden geregistreerd.

Digitale opslag maakt het eenvoudig om éénmalige of erg trage gebeurtenissen te registreren en ze op het scherm vast te houden voor nadere analyse. Pre-trigger maakt het mogelijk om 50% van elk 'record' te gebruiken voor opslag van gegevens die voorafgaand aan de triggergebeurtenis hebben plaatsgevonden.

Met behulp van de 'hardcopy' interface kan snel alle gewenste informatie worden afgedrukt met seriële Epson compatible printers en HPGL plotters. Omdat golfvormacquisities worden opgeslagen in een niet vluchtig geheugen, kunnen gegevens op elk gewenst moment worden afgedrukt. Met een 2214 wordt standaard een MSDOS software pakket geleverd, waarmee golfvormdata naar een PC kan worden gestuurd voor analyse en/of opslag.

Leverancier: Tektronix Holland N.V., Hoofddorp, tel. 02503-13300.

Tektronix 4-kanaals oscilloscoop 2214.



DRAAGBARE CCD BARCODESCANNER MET OPTISCHE INTERFACE

Nieuw in het barcode assortiment van C.N. Rood B.V. is de BHT-1: een draagbare lichtgewicht barcode decoder met ingebouwde CCD-contactscanner, 2*16 karakter LCD-scherm en een geheugen capaciteit van 128 of 512 kByte. Als standaard extra's

beschikt de BHT-1 over een numeriek toetsenbord, klok/kalender optie, 'low battery' indicatie, 'auto power off' en LCD helderheidsinstelling. Het instrument is met één hand te bedienen en heeft door de rechte leeshoek een uitstekende leesbaarheid.



CCD barcodescanner met optische interface.

Hierdoor worden Code 39, Interleaved 2/5, UPC/EAN-8, EAN-13, Codabar en Code 128 met een maximale breedte van 80 mm moeiteloos gelezen. Via een optische interface wordt de verzamelde data naar de PC gezonden. De BHT-1 wordt

inclusief geleverd met een uitgebreid barcode-leesprogramma, draagtas met riem, oplaadbare Nicad batterij voor acht uur gebruik en een lithium backup batterij. De set kan verder worden uitgebreid met een snellader voor vier Nicad's en een BHT-Basic 2.0 compiler.

Inl.: C.N. Rood B.V., Rijswijk, tel.: 070-996260.

ISOLATIEMETERS

Met het uitbrengen van de Unilap ISO en de Unilap ISO X, wordt de serie veiligheidsmeetinstrumenten uitgebreid met twee nieuwe isolatiemeters. Ook deze zijn gebaseerd op het bekende GO-MAT Electronic concept. De behuizing is uitklapbaar en spuitwaterdicht (IP65). Aan meetfuncties biedt de Unilap ISO een isolatiemeter met uitgebreide meetbereiken: 10 Ohm - 30 GOhm met meetspanningen van 100-250-500-1.000

V of variabel tussen 50 en 1.000 V, alsmede een weerstandsbereik met een hoge resolutie tot in het milli Ohm bereik en een automatische AC/DC spanningsmeting ter controle op aanwezigheid van spanning op het te meten object.

Aanvullend op deze meetbereiken biedt de ISO X een vergroot isolatie weerstandsbereik van 1 Ohm tot 300 GOhm met mogelijkheid voor 'Guard' aansluiting, weerstandsmeting overeenkomstig OVE-EN (VDE 413) ter controle van laagohmige verbindingen.

Norma isolatiemeter Unilap.



dingen,,lekstroom volgens HG701 (VDE 701).

Beide uitvoeringen bezitten een vrij programmeerbare grenswaarde instelling met optische en akoestische indicatie en een automatische spanningscontrole, ook in uitgeschakelde toestand. Ver-

dere voordelen zijn de recalibratie mogelijkheid door de eindgebruiker, een data-bus voor verbinding met printer of PC's alsmede een optionele opnemer met belichtings- en remote startfunctie.

Inl.: Mechalectron B.V., Nieuwegein, tel.: 03402-61414.

ELECTROSTATIC ANALYZER

De EA-2 'Electrostatic Analyzer' is een multifunctioneel meetinstrument voor het evalueren van ionisatie apparatuur zoals 'ruimte ionisatie systemen, ionisatieblowers, ionisatiepistolen en ionisatiesproeiers'. Tevens kunnen de antistatische eigenschappen van onder meer 'vloer- en tafelmatten', 'geleidende bakken', 'antistatische kleding' en 'polsbanden' worden bepaald. Verder is het mogelijk elektrostatische ladingen van

het menselijk lichaam te meten.

De Electrostatic Analyzer is zeer geschikt voor het trainen en opleiden van personen die belast zijn met het voorkomen van problemen die ontstaan door E.S.D. (Electro Static Discharge). Alle functies van het instrument worden via afstandsbediening gekozen. Door een schrijver aan te sluiten kunnen de gegevens gevisualiseerd worden.

Inl.: Simco (Nederland) B.V., Lochem, tel.: 05730-88333.

Electrostatic Analyzer EA-2 ter voorkoming van E.S.D.



VIDEO VOLTMETER

Auvio Prof. Audio Video levert sinds kort een compacte Video voltmeter waarmee piekwaarden kunnen worden gemeten van composiet videosignalen. Het gaat hier om een 'handheld' apparaat waarbij men keuze heeft uit 'Sync', 'White' en 'Composite' metingen. De meetwaarden worden uitgelezen in Volt (p-p) of I.R.E. eenheden. Het is tevens mogelijk om V.I.T.S. testsignalen in de 'vertical interval' te meten, terwijl de verdere beeldinformatie zwart is. Het I.R.E. filter in het apparaat voorkomt foutieve metingen als er eventuele 'subcarriers' aanwezig zijn. Door toepassing van een LCD display is het

stroomverbruik beperkt, waarbij de automatische uitschakeling eveneens zorgt voor optimale levensduur van de 9 V batterij.

Met behulp van een netspanningsadapter kan het apparaat tevens op 220 V worden gebruikt. De hoge ingangsimpedantie van het meetinstrument maakt het mogelijk direct metingen uit te voeren op testpunten van jackfields of het instrument op te nemen in de signaalketen. Door deze mogelijkheden is de Video voltmeter een ideaal meetinstrument op locatie en moeilijk bereikbare plaatsen, alsmede in situaties waarin het niet mogelijk is een Waveform Monitor in te zet-

ten. Voor service technici is het bovendien een waardevolle aanvulling voor metingen in video en 'CATV' systemen. Voor dit laatste zullen in de nabije toekomst 'handheld' apparaten worden uit-

gebracht voor audio en video modulatiemetingen. De Video voltmeter kost f 1.195,-.

Inl.: Auvio Prof. Audio Video, Voorschoten, tel.: 071-313642.

MODULAIRE OPTIC VERZWAKKINGSTESTER

Met de FOT-150B van Exfo kan volledig automatisch verzwakking getest worden op de golflengtes 850 en 1.300 nm (multimode) of 1.300 en 1.550 nm (singlemode). Het instrument bestaat uit een vermogensmeter en een optionele bronmodule (LED of Laser) op enkele of dubbele golflengte voor elk van de transmissie 'windows'. De FOT-150B heeft verder een zeer korte stabilisatietijd, automatische offset nulfunctie en 40 standaard gecalibreerde golflengtes. Het apparaat beschikt tevens over een 'data acquisitie' stand voor

maximaal 300 uitlezingen, een constant geheugen voor opslag van 500 waarden, een groot LCD scherm voor weergave van calibratie golflengtes, transmissie golflengtes, vermogens/verzwakkingsuitlezing, enz.

Optioneel zijn de IEEE-488 en RS232 interfaces leverbaar. Het instrument is geschikt voor zowel nauwkeurige laboratorium metingen als het zwaardere veldwerk. De fabrikant van de FOT-150B, Exfo Electro Optical Engineering uit Canada, wordt sinds kort in ons land vertegenwoordigd door Tekelec Airtronic.

Inl.: Tekelec Airtronic B.V., Zoetermeer, tel.: 079-310100.

FOT-150B modulaire optic verzwakkingstester van Exfo.



NETSPANNINGSANALYZER 'POWERLAB'

Comtest Instrumentation B.V. heeft een gebruiksvriendelijke netspanningsanalyzer op de markt gebracht, waarmee voorkomende netspanningsverstoringen - spanningspieken, variaties, uitval, onderbrekingen, enz. - kunnen worden vastgelegd.

De analyzer met de naam 'Powerlab' kan tevens de gegevens opslaan en in een rapport uitprinten. Ook kan een grafische voorstelling van een storing worden geproduceerd. Vaak voorko-

mend is de 'common mode' storing, die eveneens door de Powerlab wordt geregistreerd. De analyzer heeft buiten de specifieke netspanningsregistraties ingangen voor twee temperatuur sensors en een gelijkspanningsingang. Het instrument wordt compleet geleverd met handboek.

Inl.: Comtest Instrumentation B.V., Zoeterwoude, tel.: 071-417531.

GETUIGEN GEZOCHT!

In 1991 bestaat RB 60 jaar

Het oudste elektroniecablad van de Benelux bewijst met dit jubileum haar belang voor de elektronica vakman, in de industrie én daarbuiten.

Die rol verschilt echter van persoon tot persoon en de redactie is bijzonder benieuwd naar de rol die RB voor U speelt of heeft gespeeld (voor Uw beroep, opleiding of hobby).

Ook anekdotes en verhalen van derden zijn van harte welkom en kunnen in aanmerking komen voor publicatie tijdens het jubileumjaar.

De redactie roept dan ook iedereen op om die persoonlijke ervaring beknopt op papier te zetten en toe te sturen aan:

Redactie RB Elektronica
T.a.v. Rogér van Domburg
Antwoordnummer 6114
1380 VB Weesp

Volgende maand
in **RB elektronica**
magazine

Test:
functiegeneratoren

Reportage:
elektronisch calibratiecentrum

Lab-data:
DC-omzetter

ASIC's:
programmeerbare bouwstenen

Audio:
D/A conversie: nieuwe versies

Laboratoria:
capaciteitsmeter voor accu's

en nog veel meer . . .

NIET TEVREDEN? Schrijf het dan zelf!

RB Elektronica Magazine zou niet kunnen bestaan zonder mensen die bereid zijn te rapporteren over de technische wereld om hen heen.

Ons lezerskring-onderzoek geeft aan dat wanneer U RB/EM leest, er bijna **73%** kans is dat U in de elektronica-sector werkt op professioneel niveau.

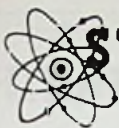
Prima! Waarom dan niet erover schrijven voor ons? Uw werk kan voor anderen net zo interessant zijn als voor U . . .

Belangstelling?
Reageer nu en stuur Uw reactie aan

Redactie RB Elektronica Magazine
Antwoordnummer 6114
1380 VB Weesp

AGENDA

- 28.9-2.10 Instal, vakbeurs voor verwarming, airconditionering en koeltechniek, Napels. Inl.: 020-442351.
- 2-4.10 CAD/CAM vakbeurs, Kortrijk. Inl.: 09-32-56-21-55-51 (B).
- 5-10.10 Efficiency Beurs '90, Amsterdam. Inl.: 020-5491212.
- 15-20.10 Inter/Elec '90, vakbeurs voor professionele elektrotechniek en elektronica, Gent. Inl.: 09-32-2-7323050 (B).
- 22-26.10 Systec '90, Int. vakbeurs voor computerintegratie in de industrie, München. Inl.: 09-49-89-5107-0 (BRD).
- 24-27.10 Laser Asia, Int. Laser Technology Exhibition & Conference, Singapore. Inl.: 09-49-89-51070-0 (BRD).
- 1.11 Symposium 'Integrale procesbeheersing en produktresultaat', Vught. Inl.: VVW, 073-123430.
- 6-10.11 Electronica '90, vakbeurs voor elektronica en componenten, München. Inl.: 09-49-89-5107-0 (BRD).
- 18-22.11 Bedrijven Kontaktdagen Moskou, SU. Inl.: F&C International, 040-461964.
- 25.11 'Non-linear Optical Devices', Int. symposium, Enschede. Inl.: TNSV Arago, 053-893050.



STUUT en BRUIN B.V.

Middelpunt van de elektronica

WIJ LEVEREN UIT VOORRAAD DE FLUKE 80 SERIE MULTIMETER

FLUKE 80 SERIE, DE ECHTE MULTIMETER
MET MEER MULTIMETER-EIGENSCHAPPEN
IN EEN HANDZAAM EN COMPACT
INSTRUMENT.

FLUKE 80 SERIE

83-85-87

3 1/4 DIGIT, 4000 COUNT DISPLAY
DE FLUKE 87 IS ZELFS 4 1/2 DIGIT
ENKELE UNIEKE EIGENSCHAPPEN

- FREQUENTIE, DUTY CYCLE METING
- CAPACITEITMETINGEN
- AC-DC SPANNING EN STROOM METING
- ZEER SNELLE BARGRAPH MET 41 OF 128 SEGMENTEN
- REGISTRATIEMOGELIJKHEID MET WEERGAVE VAN MIN, MAX EN GEMIDDELD
- UITSTEKENDE EMI AFSCHEMING, BEDRIJFSTEMP. VAN -20 TOT +50 C
- BEVEILIGD TEGEN OVERBELASTING OP ALLE BEREIKEN 1000 V EFFECTIEF
- DE GARANTIE OP DEZE METERS IS 3 JAAR OP ONDERDELEN EN ARBEIDSLON
- NU MET VOLLEDIGE NEDERLANDSE GEBRUIKSAANWIJZING



ANDERE FLUKE MULTIMETERS EN ACCESSOIRES LEVEREN WIJ OOK UIT VOORRAAD

UITGEBREID FOLDERMATERIAAL ZENDEN WIJ U GAARNE TOE

STUUT EN BRUIN B.V.

Ook op dit gebied staan wij u met (voor)raad en daad terzijde.
Wij leveren onder rembours op telefonische of schriftelijke bestelling.

Prinsegracht 34 - 2512 GA - DEN HAAG

tel.: 070-604993 - Fax.: 070-639084

Postgiro: 283062 - AMRO-bank: 45.35.75.418

LET 'S TANGO

COMPUTER AIDED DESIGN
FOR PRINTED CIRCUIT BOARDS

PROGRAMMABLE LOGIC

Na de introductie van Tango-PCB, weer

EEN DOORBRAAK !!!!

PLD-Software & universele Programmer voor nog geen

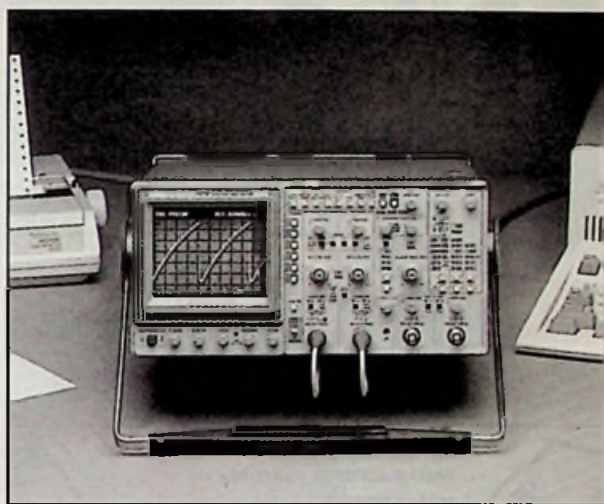
FI 3500,-

- Ontwerpen, testen, simuleren EN programmeren van PALS, GALs, PEELs, (E)PLD's etc.
- Microcontrollers, (E)EPROMs, PROMs.
- Dynamic/Static RAM & TTL/CMOS tester

Inlichtingen: Alopex Elektronica, Voorburg. Tel. 070 - 3855704



DE BESTE ANALOGE 100 MHz OSCILLOSCOPEN



AL VANAF f5.725,-*

De analoge
100 MHz scopes
van Tektronix:

- 4 onafhankelijke kanalen.
- Gevoeligheid vanaf 2mV/div.
- Tot 2 ns/div. dubbele tijdbasis.
- Autosetup.
- TV triggering.
- 3 jaar garantie.

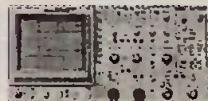
2245A

Frequentie-, tijd- en volt-cursor metingen. 2% verticale/horizontale nauwkeurigheid. Numerieke uitlezing op het scherm. Richtprijs f5.725,-*.



2247A

Alle 2245A eigenschappen plus: Geïntegreerde 8-digit, 100 MHz counter/timer. Automatische stijp- en daaltijd metingen. Ingebouwde voltmeter met Smart Cursors™. Richtprijs f8.440,-*.



2252

Alle 2245A en 2247A eigenschappen plus: Volledige GPIB programmeerbaarheid. Centronics hardcopy output. Tot 10 ps tijdsolutie bij elke tijdbasisstand. Richtprijs f9.995,-*.



Voor documentatie en inlichtingen:
Tektronix Holland N.V.
Tel.: 02503-13300.

WAAROM MET MINDER GENOEGEN NEMEN

Tektronix
COMMITTED TO EXCELLENCE

De 2245A, 2247A en 2252 zijn snel te leveren door:

F.L.E.C (Facet) B.V.
Rotor B.V.
N.I.C.
SOM Nederland B.V.
TME B.V.

Streefkerk
Amsterdam
Zwolle
Hengelo
Den Bosch

Tel.: 01848-4386
Tel.: 020-833187
Tel.: 038-990911
Tel.: 074-492020
Tel.: 073-221010

* richtprijs, excl. BTW

COMPUTERONDERDELEN

COMPUTERONDERDELEN



TELEMOS
INTERNATIONAL B.V.

	Hoofdkantoor: NEBRASKADREEF 23 3565 AE UTRECHT TEL. 030-610263 FAX. 030-610424	Vestigingen: APPELDIJK 51 4201 AG GORINCHEM TEL. 01830-37327 FAX. 01830-37336	
--	--	---	--

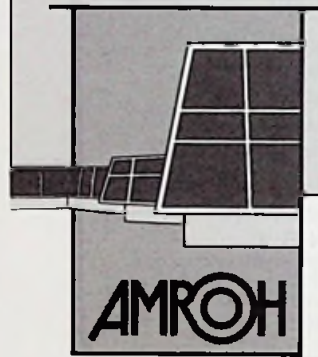
óók voor laboratorium-voedingen



Veelzijdige voedingen voor school, laboratorium en industrieel gebruik uit Zweden. Twee of drie onafhankelijke uitgangspanningen, hoogrendement, zeer goede stabiliteit en regelnauwkeurigheid. De voedingen zijn ondergebracht in zwart geanodiseerde aluminium profielkasten met afdekplaten voorzien van kunststof-pvc-bedekking.

Door de constructie hebben zij een zeer hoog warmte-dissipatie-vermogen, waardoor licht van gewicht en compact van uitvoering.

Uitvoerige documentatie en prijslijst op aanvraag.



Amroh B.V.
Aktueel in industriële activiteiten

Postbus 370, 1380 AJ Weesp
Telefoon: 02940 - 1 53 50
Telex: 15171 KAMU

De uitgave **KLEINE ZENDERS EN OSCILLATOREN** behandelt een gebied, waarnaar veel vraag is: Het bouwen, testen en gebruiken van kleine goedwerkende HF schakelingen, die voor zeer veel toepassingen bruikbaar zijn.

In het boek komen praktisch alle soorten (voor zelfbouw) geschikte oscillatoren aan bod en doorgrondt met een minimum aan theorie de praktische uitvoering voor het maken van een werkende schakeling.

Auteur: Herbert Brosch
Bestelnummer: 027715
Prijs f 26,50
ISBN 90 6082 338 9




Bestellen bij:
De Muiderkring Postbus 313 1380 AH WEESP
(tel: 02940-15210)
(Bijdrage porti en administratiekosten: f 5,00) of bij de erkende boekhandel en -radiodetailhandel.

KLEINE ZENDERS EN OSCILLATOREN - Herbert Brosch

KLEINE ZENDERS EN OSCILLATOREN

HERBERT BROSCH



DE MUIDERKRING



CT Magazin für Computertechnik (ca. 400 pag/maand). Professionele artikelen over soft- en hardwareconcepten vormen de basis van de redactionele activiteiten. CT neemt computeren en netwerksystemen CT biedt know-how van praktische toepassingen en praktische beschrijvingen van praktische toepassingen. CT presenteert regelmatig projecten uit het eigen praktijkgerichte ontwikkelingslab. Zowel professionele gebruikers als privé-PC bezitters nemen de juiste (aanschaf)beslissingen door uitvoerige, objectieve testbeschrijvingen, onderzoeken en adviesinvalies.
CT elke maand een nieuw programma.



IX Multiuser Multitasking Magazine (ca. 120 pag/maand). UNIX, het fabrieksonafhankelijke besturingssysteem voor alle soorten PC's vormt de ruggegraat van dit tijdschrift. IX houdt zich echter ook bezig met OS/2, netwerk- en systeemintegratie. De redactie heeft zorgvuldig bewaakte formule met reportages, know-how, markt- en trendvolgende artikelen richt zich vooral op de ervaren, professionele computergebruiker en systeembeheerders. IX brengt maandelijks systeem in computertechniek.



HIFI VISION brengt elke maand uitvoerige HIFI- en Videotests, die helder en objectief onthullen, wat apparaten en bouwen echt presteren - vanaf de economische starters tot pepermunt- en reportage-enthusiasten. Inside informatie, achtergronden en reportages uit de Audio/Video wereld. Rapporten over pop, jazz en klassiek en makers. Veel leesbare artikelen over de laatste releases geven de lezer een actueel inzicht in de muziekwereld. HIFI VISION maandelijks "toon aangevend muziek, HIFI Video nieuws.



ELRAD Magazin für Elektronik und technischer Rechneranwendungen. ELRAD is het redactionele middelpunt van professionele, op toepassing gebruik gerichte elektronica. ELRAD publiceert voor elektronici in ontwikkelingsafdelingen en tds met gedetailleerde artikelen over praktische probleemoplossingen en de nieuwste ontwikkelingen. ELRAD publiceert als technisch zwaartepunt in elke uitgave over theoretische berekeningsmodellen met speciale aandacht voor meet- en sensortechnieken en voor stuur- en aandrijftechnologie. ELRAD. De maandelijks know-how transfer. (ca. 110 pag/maand).

Kopie voor de besteller

- Ik heb besteld op: _____
- C'T Magazin für Computertechnik
Jaarabonnement: 12 nummers
Prijs incl. BTW : f. 125,-
Vanaf _____
tot wederopzegging
- IX Multiuser Multitasking Magazine
Jaarabonnement: 12 nummers
Prijs incl. BTW : f. 58,-
Vanaf _____
tot wederopzegging
- ELRAD Magazin für Elektronik und technischer Rechneranwendungen
Jaarabonnement: 12 nummers
Prijs incl. BTW : f. 91,-
Vanaf _____
tot wederopzegging
- HIFI Vision
Jaarabonnement: 12 nummers
Prijs incl. BTW : f. 102,-
Vanaf _____
tot wederopzegging

Elk abonnement wordt jaarlijks automatisch verlengd, tenzij de abonnee 8 weken voor de afloop van de abonnementsperiode ons per aangetekend schrijven heeft opgezegd.

ABONNEMENTENBON

JA, ik abonneer mij tot wederopzegging op de hieronder vermelde aangekruiste uitgave(n) vanaf: _____

- C'T Magazin für Computertechnik
12 nummers/jaar, ca 400 pagina's per nummer. Prijs f. 125,-
- IX Multiuser Multitasking Magazine
12 nummers/jaar, ca 120 pagina's per nummer. Prijs f. 58,-
- ELRAD Magazin für Elektronik und technischer Rechneranwendungen
12 nummers/jaar, ca 110 pagina's per nummer. Prijs f. 91,-
- HIFI VISION
12 nummers/jaar, ca 240 pagina's per nummer. Prijs f. 102,-

Elk abonnement wordt jaarlijks automatisch verlengd, tenzij de abonnee 8 weken voor de afloop van de abonnementsperiode ons per aangetekend schrijven heeft opgezegd. Zend geen geld, maar wacht op onze acceptgirokaart!

Naam: _____

Adres: _____

Postcode: _____ Plaats: _____

Datum: _____ Handtekening: _____

Uitgeverij DE MUIDERKRING B.V.
Afd. Abonnementen
Postbus 313, 1380 AH WEESP
Tel: 02940-15210 Fax: 02940-12782

Vul de bon volledig in met ondertekening en zend deze portovrij op aan:
UITGEVERIJ DE MUIDERKRING B.V., Afd. Abonnementen,
Antwoordnummer 6114, 1380 VB WEESP

BELANGRIJK NIEUWS VOOR PROFESSIONELE PRINTONTWERPERS!

ULTIBOARD 4.1



De introductie van ULTIboard Versie 4.1 heeft de Design Automation markt danig in beroering gebracht: Alle high-end features* van ULTIboard zijn nu standaard beschikbaar op alle modellen; zelfs op de low-cost versies!

Het verschil tussen de ULTIboard modellen is nu uitsluitend de ontwerp capaciteit. Goed nieuws dus, met name voor ontwerpers van wat kleinere printen, die met een beperkt budget toch professioneel willen ontwerpen.

Nu kan iedere ontwerper zich veroorloven met geavanceerde features als **Real-time Design Rule check**, real time reconnect, force vectors en histogrammen, Reroute while move en trace shoving te werken. Vanaf een Eurokaart tot uiterst complexe multi-layer printen met praktisch onbegrensd afmeting! Forward- en Back-annotation naar alle populaire schematekensystemen (inclusief het nieuwe **ULTIcap**) waarborgen een snelle en foutloze werkwijze.

De ULTIboard ontwerper bepaalt hoe de componenten, sporen en outline eruit zien: keuze uit 90°, 45° of elke andere hoek, cirkels of bogen. Alles onder **constante** controle van Uw ontwerp regels!

Let ook op de unieke werkwijze met polygons: U bepaalt het gebied wat opgevuld moet worden (dit kan op elk moment tijdens het ontwerp proces), weer met 90°, 45° of elke andere hoek: ULTIboard spaart dan alle pads en traces, inclusief de benodigde clearance, automatisch uit.

* Polygon handling is, vanwege het forse geheugenbeslag, mogelijk vanaf het Advanced Level Systeem.

Nevenstaande tabel maakt duidelijk welk ULTIboard systeem in Uw ontwerpsituatie past:	Model	Prijs	Aantal 16pins equiv. IC's	Boordafmeting bij 25 equiv. IC's/dm ²	Benodigd geheugen
	Entry Level	f 2.495	35 - 50	1.4 - 2 dm ²	640 K
	Advanced Level	f 6.575	140 - 200	5.6 - 8 dm ²	640 K + 1 MB
	Professional 286	f 14.850	onbegrensd	65 x 65 cm	640 K + 2 MB+
	Professional 386	f 19.750	onbegrensd	125 x 125 cm	640 K + 2 MB+

ULTIboard Professional 386 is een **32-bit** ontwerp systeem; ca. 2 x sneller als de overige modellen

ULTIBOARD
COMPUTER AIDED PCB DESIGN

ULTIboard is een product van ULTIMATE Technology BV. Eigen vestigingen in Engeland, Duitsland, België en de U.S.A., 19 distributors in 17 landen zijn verantwoordelijk voor de wereldwijde support. Uit internationale enquêtes is gebleken dat ULTIboard een van de snelst groeiende printontwerpsystemen is, met name als vervanging van andere systemen. De nieuwe strategie: **ALLE features in ALLE Systemen**, versterkt de leidende positie nog verder.

POST ELECTRONICS

Energiestraat 36
1411 AT Naarden, Nederland.
Tel. 2159-44424, Fax 2159-43345

ULTIMATE
TECHNOLOGY

Kardinaal Mercierplein 1
2800 Mechelen, België
Tel. 015-401895, Fax 015-401879

Een demodisk en manual zijn kosteloos beschikbaar voor bedrijven & instellingen.