

83/13-14, 8 juni verschijnt 2x per maand f 4,50/F 86

ELEKTRONICA

VAKTIJDSCHRIFT VOOR DE ELEKTRONICUS



Themanummer
Microgolftechniek



National Panasonic componenten

ABSOLUTE TOPKWALITEIT

Het uitgebreide programma componenten van National Panasonic is toegevoegd aan het componentenprogramma van Klaasing Electronics.

National Panasonic staat borg voor topkwaliteit tegen aantrekkelijke prijzen, en omvat:

VARISTOREN.

De transient suppressors van National Panasonic vallen op door hun uitstekende clamping karakteristiek en snelle stijgtijd ($< 50 \text{ nsec.}$). Bovendien zijn de varistoren door een symmetrische V-I karakteristiek zowel in DC als AC circuits toe te passen voor spanningen van 18 tot 1800V.

Levering uit voorraad.



GOUDCONDENSATOR.

Een uniek produkt is de goudcondensator. Door een speciale techniek is men er in geslaagd condensatoren te maken van 0,1 Farad tot 3,3 Farad (5,5V).

De goudcondensator is ideaal te gebruiken als back-up voor microprocessor gebeurtenissen. Het voordeel ten opzichte van Ni-Cad batterijen is o.a. gemakkelijke montage, geen speciale laadprocedures, en de goudcondensator heeft geen geheugen (veroudert niet).

Bovendien is de goudcondensator milieuvriendelijk en zeer aantrekkelijk in prijs.
3,3 Farad 5,5V: Hfl. 13,40 per stuk (100 μp).

RADIALE EN AXIALE MINIATUUR ELCO'S.

Radiale en Axiale miniatuur Elco's.

Uit voorraad leveren wij U de ES/ESM serie, die gekenmerkt wordt door een lage lekstroom, vooral bij de capaciteitswaarden van 0,1 μF - 220 μF .

Verdere kenmerken zijn een lage impedantie, lange levensduur (2000 uur bij 85°C) en een zeer interessante prijs.

Het National Panasonic programma omvat verder o.a. tantaal condensatoren, buzzers, keramische condensatoren, weerstanden etc.



Wilt U meer weten over dit meer dan complete programma, bel of schrijf naar:



PROFESSIELE ELECTRONISCHE COMPONENTEN, MEETAPPARATUUR EN VOEDINGEN

KLAASING ELECTRONICS B.V.

BENELUXWEG 27, 4904 SJ OOSTERHOUT, HOLLAND, TEL.: 01620 - 51400, TELEX 54598

8 juli 1983
31e jaargang

ELEKTRONICA

VAKTIJDSCHRIFT VOOR DE ELEKTRONICUS

Uitgave van:
Kluwer Technische Tijdschriften BV
Postbus 23, 7400 GA Deventer
Telefoon: (05700) 91911 Telex: 49540
Verschijnt 22 x per jaar

Redactie:
Hoofdredactie: H. ten Bosch
Chef redactie: E. Th. Stavenhilt
Eindredactie: ing. H. H. W. M. de Vries
J. C. Meijer
Secretariaat: Mej. D. Kaauw (05700) 91374

Medewerkers:
N. Baaijens, R. Bakker, A. M. Bijnen, C. L. Doesburg,
ir. J. P. C. van Gennip, J. H. M. Goddijn, R. van Hest,
ir. J. M. van Hofweegen, ir. F. H. J. F. Janssen,
drs. W. D. M. Janssen, L. P. de Jong, M. Jungerling,
G. Kooren, J. Kosterman, M. Leeuwijn, H. Leydens,
ing. Th. C. Lof, H. R. E. van Maanen, E. H. Nordholt,
W. Olthoff, ing. Th. W. Polet, drs. F. M. Schimmel,
D. Sjobbema, J. G. Smilde, H. Smits,
F. A. S. Sterrenburg, J. A. Weishaup,
B. van Wierst, D. Winia.

Correspondenten:
dr. W. Baier (Duitsland), K. Burton (VS), B. Dance
(Engeland), J. Gee (Frankrijk)
D. de Grooff (België), H. Dennert (Japan),
W. Roth (Duitsland),
L. J. Magid (VS), H. Saeys (België), M. Verstrepen (België)

Advertenties:
05700-91471 (H. Smienk)
Advertentie-opdrachten worden uitgevoerd overeenkomstig
onze leveringsvoorwaarden gedeponeerd ter Griffie van de
Arrondissementsrechtbanken en de Kamers van Koophandel

Abonnementen en losse nummers
Jaarabonnement: Nederland f 72,15 (incl. 4% BTW)
België f 136,00 (incl. BTW)
Buitenland op aanvraag
Losse nummers: Nederland f 4,50 (incl. 4% BTW)
België f 86 (incl. BTW)

Elektronica is uitsluitend op abonnementsbasis verkrijgbaar.
Een abonnement loopt van januari t/m december en kan elk
gewenst moment ingaan.

Betaling
Nieuwe abonnees ontvangen een stortings-acceptgirokaart.
Opzegging abonnementen
Beëindiging abonnement kan uitsluitend schriftelijk
geschieden, uiterlijk 2 maanden vóór het einde van het
kalenderjaar, nadien vindt automatisch verlenging plaats.

Telefoonnummers
Losse nummers + opgave abonnementen 05700-91488
Adreswijzigingen + betalingen 05700-91480

België
Verantwoordelijk uitgever voor België:
D. Apers, Eeuwfeestlaan 138, 2500 Lier.

Besteladres:
Van Putlei 33, 2000 Antwerpen - Tel.: (03)2387986

De in Elektronica opgenomen schema's en
bouwbeschrijvingen zijn uitsluitend bestemd voor
huishoudelijk en experimenteel gebruik - (octrooiwet)
„Het auteursrecht t.a.v. de redactionele inhoud van dit
tijdschrift wordt voorbehouden.
Ongeautoriseerde verveelvoudiging en/of openbaarmaking
van het geheel of gedeelten daarvan op welke wijze ook is
verboden.“ © 1983
„Het verlenen van toestemming tot publicatie in dit tijdschrift
houdt in dat de auteur de uitgever, met uitsluiting van ieder
ander, onherroepelijk machtigt de bij of krachtens de
Auteurswet door derden verschuldigde vergoeding voor
kopieren te innen of daartoe in en buiten rechte op te treden
en dat de auteur er mee instemt dat de uitgever deze
volmacht overdraagt aan de door auteurs- en
uitgeversvertegenwoordigers bestuurde Stichting Reprorecht,
tot welke overdracht de uitgever zich zijnerzijds verbindt -
en dat deze Stichting aan de te innen gelden een in
overeenstemming met haar statuten en reglementen
bepaalde bestemming geeft.“

lid NOTU, Nederlandse Organisatie
van Tijdschrift-Uitgevers; lid FPPB, Federatie
van de Periodieke Pers van België
ISSN 0033-7854



INHOUD

De omslag van dit themanummer toont een model van de televisiesatelliet L-SAT en een door HSA voor dit project ontwikkelde microgolf-schakelaar (onderste foto en evenals de L-SAT-plaat beschikbaar gesteld door HSA-Hengelo), zie pag. 31. De bovenste inzetfoto geeft een dopplerradar-eenheid weer, werkend op een frequentie van 94 GHz, zie ook pag. 43 (foto Koning en Hartman Elektrotechniek BV).

ACTUEEL

Vacaturebank

6
7

MICROGOLFTECHNIEK

In de voetsporen van Maxwell en Hertz

Maxwell's vergelijkingen en het vernuft van Hertz zijn belangrijke factoren in de opleiding van de microgolffingénieur en onmisbare bagage van de onderzoeker. Een overzicht van de microgolfactiviteiten in Nederlands hoogste technisch onderwijs

11

Verleden en heden van microgolven

Voor het opwekken van trillingen van steeds hogere frequentie, ontwikkelde men vanuit de conventionele elektronenbuis specifieke microgolfbuizen die de stoot gaven tot een reeks van toepassingen waarvan telecommunicatie een zeer vitale is

17

Microgolven in industrie en wetenschap

In Nederland bepalen de industriële activiteiten op het gebied van microgolftechniek zich grotendeels tot die „grote onderneming in het zuiden des lands“, met een filiaal in het oosten, dat ook geavanceerde dingen doet. Soms lopen de belangen van industrie en wetenschap niet geheel parallel.

25

Microgolfmarkt groeit

Een analyse van de marktontwikkeling voor microgolftoepassingen

35

Microgolfcomponenten

Een praktische samenvatting van de theoretische principes van de microgolftechniek, betrokken op componenten die men aantreft in moderne microgolfsystemen

39

Halfgeleiders en microgolftechniek

Na de eerste LF-toepassingen heeft men de frequentiegrenzen van halfgeleiders steeds verder opgeschoven. Thans is de halfgeleider ook uit de microgolftechniek niet meer weg te denken

47

Ruismeting in de hoogfrequentietechniek

Ruis is een fundamenteel probleem bij analoge technieken, de microgolftechniek niet uitgezonderd. Integendeel. Aandacht wordt besteed aan definities, methoden en instrumenten voor het meten van ruis

55

Dopplerradar in medische wetenschap

Gebruikmakend van microgolven en een microcomputerchip, ontwikkelde het Leidse Academisch Ziekenhuis een instrument voor het meten van onwillekeurige bewegingen bij patiënten.

63

Frans microgolfindustrie

Frankrijk's grote microgolfpotentieel en exportpositie geanalyseerd

67

PRODUKTINFORMATIE

70

NIEUW! **Personal Instrumentation**

Simpel, compleet en zeer kostenbesparend
door kant en klare software en
het ontbreken van interfaces,
zeer geschikt voor automatische en semi
automatische testprocedures.

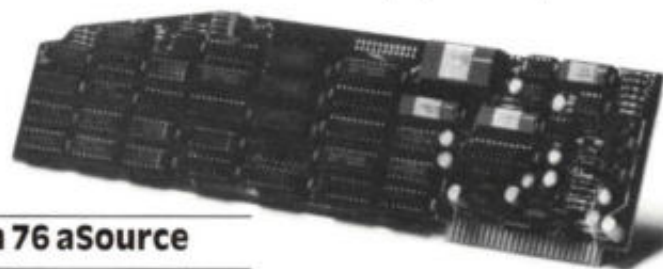
De volgende Plug-ins zijn leverbaar voor Apple® II/Ile



model 85* aScope

Digitale geheugenscope
DC-50MHz, 2 kanalen, 5mV/div tot
5V/div, digitale uitlezing van
amplitude en tijd, averaging, data
opslag op floppy disk, hard copy
naar printer.

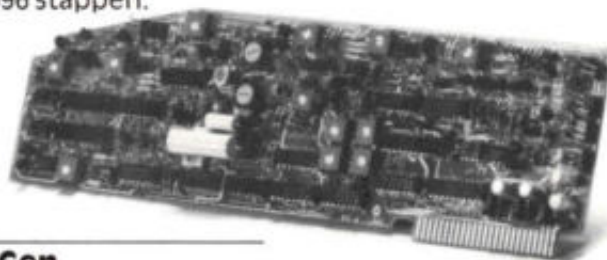
* Door overmaking van f 50,- op
postgiro 3308307 of NCB
23.35.09.054, ontvangt u een
speciale demonstratie
floppy-disk voor
uw Apple II of Apple IIe DOS 3.3



model 75 en 76 aSource

Arbitrary waveform generator,
repeterende signalen tot 40kHz
bij 256 woorden, 12 bit resolutie.
Een golfvorm kan interactief of
geprogrammeerd worden
opgebouwd uit 256, 1024 of
(optioneel) 4096 stappen.

Alle units worden
met software geleverd.



model 65 aGen

Funktiegenerator 0.5Hz-5MHz,
sinus, blok, driehoek, zaagtand
en pulsfuncties. Kontinu,
getriggerd, gated of burst
uitgangssignaal, amplitude en
frequentie-modulatie.

**MAAK SNEL KENNIS
EN BEL VOOR
DE UITGEBREIDE
BROCHURE:**

076-71 01 44

Heerbaan 222
4817 NL Breda

Telefoon: 076 - 710144
Telex: 54953

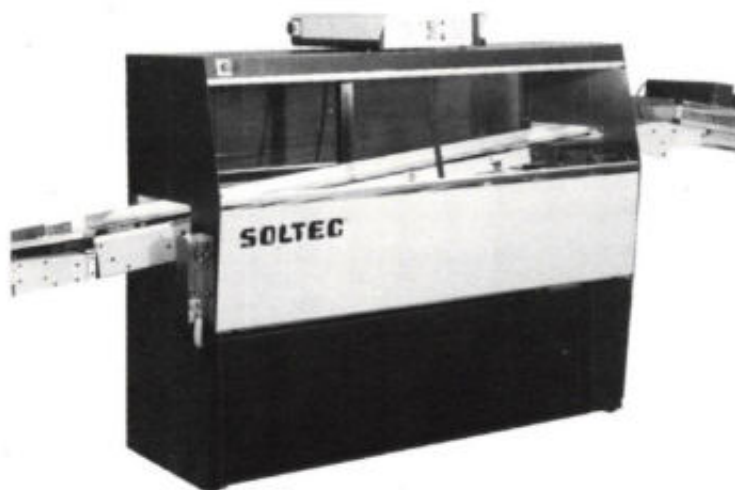


NIEUW

SOLTEC®

model 6411

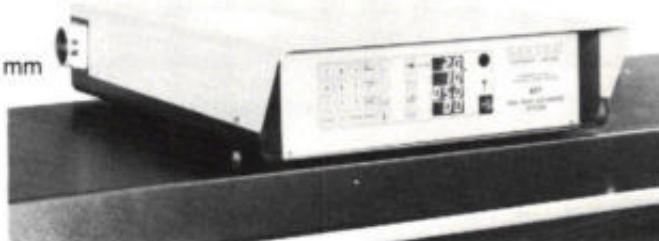
**Midi Microprocessor gestuurde
golfsoldeermachine**



Een kompakte betaalbare golfsoldeermachine met microprocessor besturing voor optimale controleerbaarheid van uw productieproces.

Soldeerkwaliteit is hierbij vanzelfsprekend.

- * golfbreedte 350 mm
- * golfhoogte 15 mm
- * standaard carrier afm. 330 × 330 mm
- * eenvoudig programmeerbaar
- * stand-by control
- * tijdschakelaar
- * verlichting
- * uitschuifbare fluxer
- * minimum aan onderhoud.



SOLTEC®

SOLTEC B.V.
Postbus 143
4900 AC Oosterhout NBr.
Telefoon: 01620-53941

Telewinkel:

UNIEKE NIEUWE TELEFOON-SERVICE



Sinds 1 juli jl. heeft Nederland er een nieuwe telefonische informatiedienst bij, die, voor zover initiatiefnemers Stef Bouwhuis en Rob Lucas hebben kunnen nagaan, nog nergens ter wereld bestaat. Telewinkel, zoals de telefoon-service heet, is gebaseerd op informatie-overdracht per (geluids)cassette via de telefoon. De informatie, die kan variëren van berichtgeving van nutsbedrijven, uitgaansleven en sportuitslagen tot produktinformatie van bedrijven en aanbiedingen van particulieren, wordt kosteloos

— uitgezonderd de telefoonkosten — ter beschikking gesteld aan iedereen die opbelt. Het is de bedoeling dat de kosten door de „informatieverschaffers“ worden gedragen. Nuttige informatie van algemeen belang (bijv. van nutsbedrijven, overheid, consumentenorganisaties, enz.) wordt echter gratis opgenomen.

Het is de bedoeling dat er een „algemene databank“ komt, waaruit allerhande informatie via een centraal nummer (020-866 811) kan

worden opgevraagd. Daarnaast komen er zogenaamde „automatische informatielijnen“ met een groot aantal mogelijkheden: er zijn continue lijnen, vergelijkbaar met het weerbericht, maar ook bestaat de mogelijkheid voor „boodschap met opname“, geschikt voor enquêtes, ledenwerving, enz. Daarnaast kunnen bedrijven, instellingen, verenigingen en particulieren tegen betaling informatie verspreiden via Telewinkel. Het is daarbij niet de bedoeling dat reclamespots via de telefoon worden uitgezonden; het dient te gaan om achtergrondinformatie en voorlichting als aanvulling op bestaande reclame-uitingen. In de zeer korte TV-spots of in advertenties kan dan naar het exclusief gehuurde Telewinkel-nummer worden verwezen, waar men dan de uitgebreide informatie via de cassette kan opvragen.

Voordeel van Telewinkel is, dat de informatievrager anoniem blijft en dat men ook buiten kantooruren kan bellen (Telewinkel is zeven dagen per week van 9.00 tot 21.30 uur te bereiken).

Vanzelfsprekend is het aanbod van de zojuist gestarte onderneming nu nog zeer bescheiden, maar wie alvast een voorproef wil horen van de mogelijkheden kan de volgende nummers draaien: (020) 866 811/866 882.

tributie van radio- en TV-programma's.

Abonnees krijgen continu beschikking over twee omroepetelevisiekkanalen die men kan kiezen uit een totaal aanbod van tien TV-programma's, met behulp van een infrarood afstandsbediening waarvan de ontvanger via een meegeïnstalleerde koperkabel is aangesloten op de telefooncentrale, ca. 1 km buiten Marsens. Van hieruit distribueert men eveneens de TV- en radiosignalen naar de abonnees over een of twee glasvezels. De inrichting van het systeem is geschikt voor uitbreiding tot 16 kanalen.

Via een microgolf-straalzender met verzorgt de Zwitserse PTT niet alleen de landelijke distributie van nationale omroepprogramma's, maar eveneens van buitenlandse TV- en radioprogramma's (FM). In de grensgebieden met Frankrijk, West-Duitsland en Oostenrijk zijn daartoe op geschikte plaatsen relaisstations ingericht.

Een paar abonnee-aansluitingen in Marsens worden uitgerust met een video-retourkanaal. Zodoende kan men ook ervaring verkrijgen met beeldtelefoon tussen twee, dan wel videoconferenties tussen meer individuele abonnees.

Met de installatie van de glasvezelkabels is in mei '83 begonnen; eind dit jaar zal het proefsysteem operationeel zijn. Het project vergt een investering van ca. 2,5 miljoen Zw.fr., hetgeen, aldus de Zwitserse PTT, bescheiden is in vergelijking met proefprojecten in sommige andere landen. Op dit moment is een dergelijk systeem nog niet economisch verantwoord te exploiteren en zijn de exploitatiekosten nog niet volledig te overzien.

Met het project in Marsens hoopt men inzicht te krijgen in de wensen van de abonnees ten aanzien van het te bieden dienstenpakket en ook in wat men bereid is daarvoor te betalen. Het lijkt niet voorbarig om een van deze wensen vast in te vullen: tenminste drie in plaats van twee gelijktijdige TV-kanalen. Met deze twee kanalen zegt de Zwitserse PTT rekening te houden met het welvaartsgegeven dat vele abonnees tegenwoordig over twee TV-ontvangers beschikken. Kennelijk is men voorbereid op het fenomeen „videocassetterecorder“. Verscheidene abonnees die eind dit jaar van het systeem gaan profiteren zullen zeker tot hun teleurstelling ondervinden dat het in de gegeven opzet onmogelijk is om huis- en slaapkamer tegelijkertijd van verschillende programma's te voorzien en daarnaast een derde programma op video „in te blikken“.

J. C. Meijer

Bredbandcommunicatie op 13e TV-Symposium Montreux

Een van de interessante ingrediënten van het van 28 mei t.m 2 juni voor de 13e maal in Montreux gehouden TV-Symposium vormde ongetwijfeld het onderwerp breedbandcommunicatie. Organisatoren en deelnemers paktten deze koe — die overigens, als men denkt aan termen als satellieten, glasvezel, kabeltelevisie enz., steeds meer de trekken van een gouden kalf begint te vertonen — zeer breedbandig bij de horens.

MICROGOLVEN VOOR HDTV

Het medium televisie, vanouds al breedbandcommunicatie-bij-uitstek, was daartoe dan ook bijzonder geschikt. Uiteraard lag een koppeling met het verschijnsel „hogedefinitie-televisie“ (HDTV) voor de hand; het in Montreux gedomestreeerde HDTV-systeem vergt een bandbreedte van maar liefst 30 MHz. Allerlei met logische scepsis begroete voorstellen en ideeën om te zijner tijd een of meer HDTV-kanalen in reguliere TV-banden onder te brengen, werden aangevuld met ambitieuze plannen voor experimentele HDTV-overdracht via satellieten. Daarvoor denkt men aan bestaande frequentiebanden in het 12 GHz-gebied, maar vooral ook aan het meer ruimte biedende gebied tussen 20 en 30 GHz. Voor wat betreft de vastomlijndheid van deze satellietplannen zijn er

uiteraard significante verschillen tussen de diverse continenten. Japan zal zeker voor HDTV een test-satelliet in gebruik nemen. Binnenkort wordt voorts in opdracht van de Amerikaanse Satellite Television Corporation een communicatiesatelliet gelanceerd die men eveneens ten dele voor HDTV-proeven zal gebruiken.

Op Europees niveau neemt men, zoals te doen gebruikelijk en dus te verwachten, een veel afwachtender houding aan. Met oog op de haalbaarheid van dit (technisch zeker fascinerende) medium, kan men deze terughoudendheid evenwel begrijpelijk noemen.

ZWITSERSE PROEF MET GLASVEZELKABELTELEVISIE

Glasvezels en kabeltelevisie zijn twee zeer met breedbandcommu-

nicatie verwante zaken, zeker als beide worden gecombineerd. Tijdens het TV-Symposium maakte de Zwitserse PTT bijzonderheden bekend over het experimentele glasvezelcommunicatiesysteem in Marsens (kanton Fribourg, 4 km ten noorden van Bulle), waarvan de installatie intussen in volle gang is.

Redenen van de keuze van deze lokatie zijn het gegeven dat Marsens nog niet over enige centrale antenne-inrichting beschikt, terwijl men er buitenlandse TV- en FM-(radio)-programma's slecht of in het geheel niet kan ontvangen. Gekozen is voor een structuur waarmee in principe op lokaal niveau een geïntegreerd communicatienet wordt verkregen voor radio, televisie, telefoon, telex- en dataverkeer zowel als tweewegs breedbandcommunicatie tussen individuele abonnees.

De opzet voorziet voorlopig in aansluiting van dertig particuliere abonnees uit verschillende lagen van de bevolking, het plaatselijk ziekenhuis en een school. Overigens verzorgt het systeem tijdens de proefperiode uitsluitend de dis-

Kluwer in software

Eerste vertegenwoordiging: Digital Research

Na een uitgebreid onderzoek naar de huidige en toekomstige markt van software voor personal computers, heeft Kluwer besloten dergelijke software te gaan verkopen. Een belangrijke overweging om tot deze stap te komen was onder meer het feit dat er maar betrekkelijk weinig professioneel ondersteunde software voor microcomputers verkrijgbaar is in Nederland. Het is gebleken dat eigenaren van microcomputers grote problemen hebben met slecht geschreven, niet-Nederlandstalige gebruiksaanwijzingen.

De nieuwe softwaregroep zal voorlopig opereren binnen Kluwer Technische Tijdschriften BV, uitgever van o.a. Databus, Micro-Mix en Elektronica. De leiding van de groep ligt in handen van Hans van Prooijen, voormalig redactiefchef bij bovengenoemde tijdschriften.

Naast applicatiesoftware zal systeemsoftware in het leveringsprogramma worden opgenomen; de programma's worden op de markt gebracht met Nederlandse gebruiksaanwijzing en Nederlandse schermteksten. De eerste activiteiten zullen over enige maanden merkbaar worden, wanneer een programma van applicatie- en systeemsoftware zal worden geïntroduceerd.

De grote mogelijkheden die met name een technische uitgeverij als KTT op dit gebied heeft, werden duidelijk onderkend door Digital

Research, die uit een groot aantal kandidaten juist Kluwer koos als haar exclusieve vertegenwoordiger voor Nederland.

Digital Research is een van de belangrijkste firma's ter wereld op het gebied van software voor microcomputers. Het besturingssysteem CP/M van Digital Research is in ieder geval het meest toegepaste ter wereld.

Op 15 juni 1983 werd door Cees Vervoord, directeur van Kluwer Technische Tijdschriften het contract getekend met Digital Research. Onderhandelingen met diverse andere toonaangevende softwareleveranciers zijn nog gaande.

Int.: Kluwer Technische Tijdschriften BV, afdeling Software, postbus 23, 7400 GA Deventer (05700) 91697.

Zakennieuws

Om haar verbondenheid met het Britse moederbedrijf Standard Telephones and Cables PLC te Londen te benadrukken heeft Ships Radio Services Ltd. haar naam gewijzigd in **STC Marine Services (Benelux) Ltd.** Het bedrijf levert en installeert een uitgebreid pakket maritieme elektronica en hydrografieapparatuur. STC Marine produceert in Londen satelliet- en conventionele communicatie- en navigatieapparatuur.

Int.: STC Marine Services (Benelux) Ltd., postbus 175, 3100 AD Schiedam (010) 26 49 70.

Sinds 1 mei vertegenwoordigt **Koning en Hartman** de wetenschappelijke lasers en lasersystemen van **Coherent** op de Nederlandse markt.

Sinds 1 juni behartigt de afdeling professionele componenten van Koning en Hartman de distributie voor Nederland van het programma halfgeleiders en microprocessorsystemen van **Texas Instruments**. Als introductie-actie wordt tot 1 oktober iedere dag een TI 30 SLR rekenmachine verloot onder de inzenders van opdrachten boven 1250,-.

Int.: Koning en Hartman Elektrotechniek BV, Koperwerf 30, 2544 EN Den Haag (070) 21 01 01.

Auriema heeft een tweetal nieuwe vertegenwoordigingen verworven op het gebied van de microgolftoestellen. In de eerste plaats gaat het om produkten van **Hughes Aircraft Company**. Het programma van Hughes omvat onder andere halfgeleidercomponenten voor het millimetergolfgeluid, versterkers met lopendegolfbuizen, vermogensversterkers voor satellietgrondstations en meetinstrumenten zoals automatische netwerkanalysatoren, frequentiezwaai-generatoren, frequentiemeters, micro-meter Impatt-bronnen enz.

Ook het programma van **Narda Microwave Corp.** is opgenomen in het produktenpakket van Auriema. Dit programma omvat: GaAs-FET versterkers, oscillatoren en bronnen, terminations, verzwakkers, koppelingen, PiN-diode-schakelaars en microgolfmultimeters. Het microgolflieferingsprogramma van Auriema omvat verder produkten van o.a. Anzac, Amplica, Frequency Sources, Technicraft, Fujitsu, Dai-co en Western Microwave.

Int.: Auriema Nederland BV, Doornakkersweg 26, 5642 MP Eindhoven (040) 81 65 65.

Sinds 1 juni is **MRL Computer Systems BV** gevestigd op het volgende adres: Kalfjeslaan 2, 2623 AA Delft, postbus 5059, 2600 GB Delft (015) 61 10 61, tx 38144 nni nl.

Vakbeurs voor bedrijfsopleidingen

Van 15 tot en met 18 augustus wordt in de RAI te Amsterdam de nieuwe beurs „Opleiding & Training” gehouden. Het expositieprogramma behelst de in Nederland voorhanden bedrijfsgerichte opleidingen, trainingen en cursussen. Anders dan in West-Duitsland, waar duidelijk sprake is van overbodige opleidingscapaciteit in mensen en ruimten, vertonen in Nederland de bestedingen op dit terrein een stijging. Uit een recente, door Intermediair gehouden, enquête blijkt dat 40% van de bedrijven in ons land een groter bedrag dan voorheen uitgeeft aan opleidingen. Slechts 10% heeft zijn uitgaven verminderd. De algemene tendens is daarbij dat het aantal bestedingen aan externe opleidingen stijgt, terwijl het bedrag per besteding enige daling vertoont.

Er zijn in Nederland vele bedrijven en bedrijfjes die bedrijfstrainingen op de markt brengen. De trainingen variëren van verkoop, management en marketing tot kwaliteitsbeheersing en cursussen op het gebied van de automatisering. Het beter en doelgericht (her)scholen van personeel is een belangrijk instrument van bedrijfsvoering in een tijd waarin bedrijven flexibel moe-

ten kunnen reageren op signalen uit de markt.

Op de beurs Opleiding & Training, die jaarlijks zal terugkeren, is voor het eerst een overzicht te zien van alle externe aanbieders in deze markt in Nederland. Zij leveren standaard-opleidingen maar ook maatwerk, afgestemd op de behoeften van een bepaald bedrijf. Tegelijk met de beurs wordt in het Congrescentrum van de RAI het congres van IFTDO, de International Federation of Training and Development Organizations, gehouden. Het congres wordt ieder jaar in één van de 52 aangesloten landen gehouden, en in 1983 is Nederland aan de beurt.

Het hoofdtijdschrift van deze bijeenkomst is produktiviteitsverbetering door training en ontwikkeling. Een groot aantal onderwerpen zal door verschillende toonaangevende sprekers worden belicht. Een daarvan is de computer assisted instruction, het leren met behulp van computerprogramma's. De congresprogramma's zullen door de exposanten in de tentoonstelling worden verwerkt.

Int.: Expoconsult, postbus 419, 8000 AK Zwolle (038) 211577.

Elektronica vacaturebank

Gezien het grote aantal positieve reacties hebben we besloten voorlopig door te gaan met de vacaturebank voor technici die werk zoeken of van baan willen veranderen. Elektronica-abonnees kunnen gratis gebruik maken van deze dienstverlening.

Het adres voor reacties en deelnameformulieren is: **Kluwer Technische Tijdschriften, Redactiesecretariaat, postbus 23, 7400 GA Deventer (05700) 91374.**

MTS-er Elektronica

22 jaar, met kennis van digitale en microcomputertechniek en in bezit van rijbewijs. Momenteel werkzaam als servicetechnicus. Zoekt werk als technisch commerciële medewerker, bij voorkeur in het westen van Nederland. Brieven onder no. E1301.

Elektronicatechniker

46 jaar, chef afd. elektronica middelgr. bedr. omg. A'dam, langd. erv. ontw. en aanl. geluids- en CAI-syst. en RTV-service. Kennis v. digitale en micr. pr. techn., dipl. NERG VEV Vicas, zoekt verandering van werkring in een of meer van de genoemde vakgebieden. Brieven onder no. E1302.

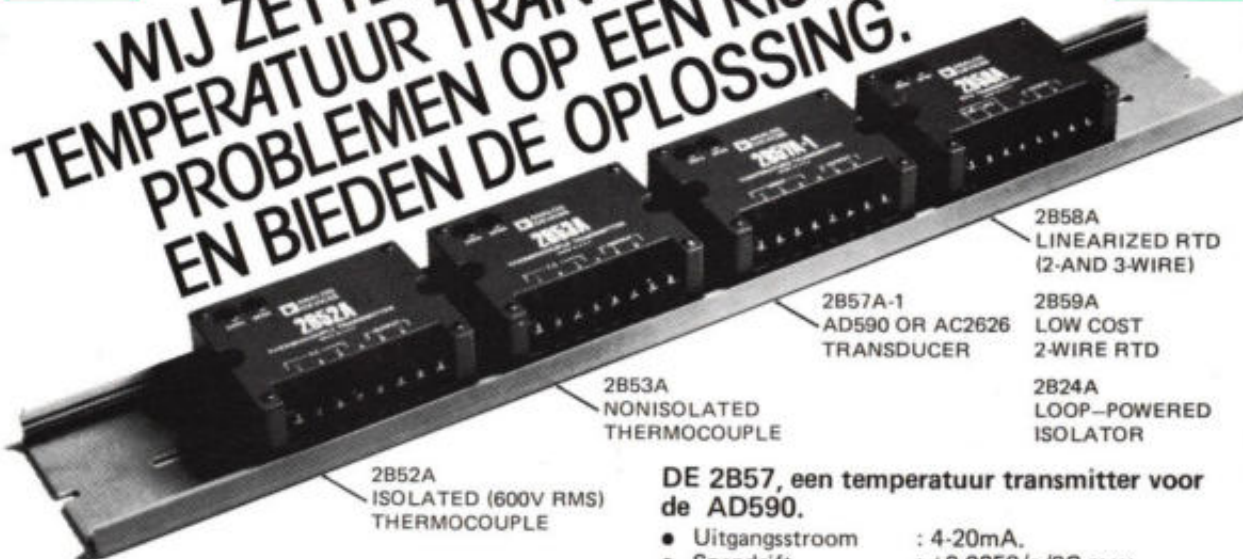
MTS-er Elektronica

28 jaar, wonende te Raalte en in bezit van dipl. MTS Elektronica zoekt werk als PCB-layout ontwerper/tekenaar in het oosten des lands. Heeft 4 jaar ervaring met goede referenties in dit werk. Brieven onder no. E1303.

HTS-er Elektronica

28 jaar, wonende in Limburg, 3 jaar ervaring in audiotechniek, zoekt werk in de richting medische elektronica of meet- en regeltechniek. Brieven onder no. E1304.

WIJ ZETTEN UW TEMPERATUUR TRANSMITTER PROBLEMEN OP EEN RIJ.... EN BIEDEN DE OPLOSSING.



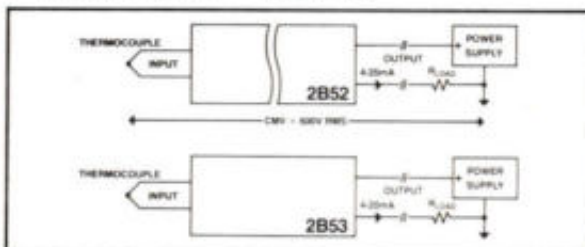
Onze lijn transmitters omvat de volgende eenheden:

De 2B24, een stroomlus gevoede isolator.

- Ingangsstroom : 1-50mA.
- CMV (input/output) : $\pm 1500V$ piek.
- CMR : 120 dB.
- Nauwkeurigheid : $\pm 0,1^\circ/o$.

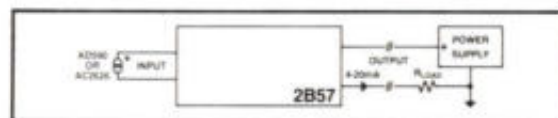
De 2B52 en 2B53, 2-draads thermokoppel temperatuur transmitters.

- Opnemer : J, K, of T thermokoppel.
- Uitgangsstroom : 4-20mA.
- CMV (input/output) : 600V RMS (2B52).
- Nauwkeurigheid : $\pm 0,1^\circ/o$.



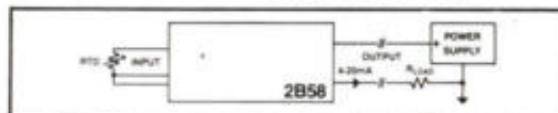
De 2B57, een temperatuur transmitter voor de AD590.

- Uitgangsstroom : 4-20mA.
- Spandrift : $\pm 0,005^\circ/o/^\circ C$ max.
- Niet-lineariteit : $\pm 0,05^\circ/o$ max.
- Voedingsspanning : +12V tot +50VDC.



De 2B58, een gelineariseerde RTD temperatuur transmitter.

- Opnemer : PT100 thermokoppel.
- Uitgangsstroom : 4-20mA.
- Nauwkeurigheid : $\pm 0,1^\circ/o$.
- Drift : $\pm 0,01^\circ C/^\circ C$ max.



De 2B59, een 2-draads RTD temperatuur transmitter.

- Opnemer : PT100 of NiFe thermokoppel.
- Uitgangsstroom : 4-20mA.
- Nauwkeurigheid : $\pm 0,1^\circ/o$.
- Voedingsspanning : +10V tot +35 VDC.

BON Stuur mij complete informatie over de TEMPERATUUR TRANSMITTERS

Dhr.
 Fa. Afd.
 Str.
 Pl. Postcode:
 Tel.

Bon in enveloppe zonder postzegel naar:
 Analog Devices Benelux, Antw. nr. 18, 4900 WB Oosterhout.

ANALOG DEVICES

WAY OUT IN FRONT.

beneluxweg 27, 4904 SJ oosterhout, tel.: 01620 - 51080, telex: 54942,
 mechelsesteenweg 156, 2000 antwerpen, tel.: 031 - 374803, telex: 32969.

SAFT

batterijen en voedingen voor industrieel en professioneel gebruik

SAFT maakt samen met CEAC, fabrikant van loodaccu's, deel uit van de groep ELECTROCHEMIE van het CGE-concern en is niet alleen Europa's grootste batterijproducent maar ook de producent met het meest uitgebreide programma, w.o.

SAFT GASDICHTEN NIKKEL-CADMIUM BATTERIJEN

Knoopcellen VB
Memoguard RM
Cylindrische cellen VR
Hoge temperatuurr cellen VT
Cellen voor modelbouw VY



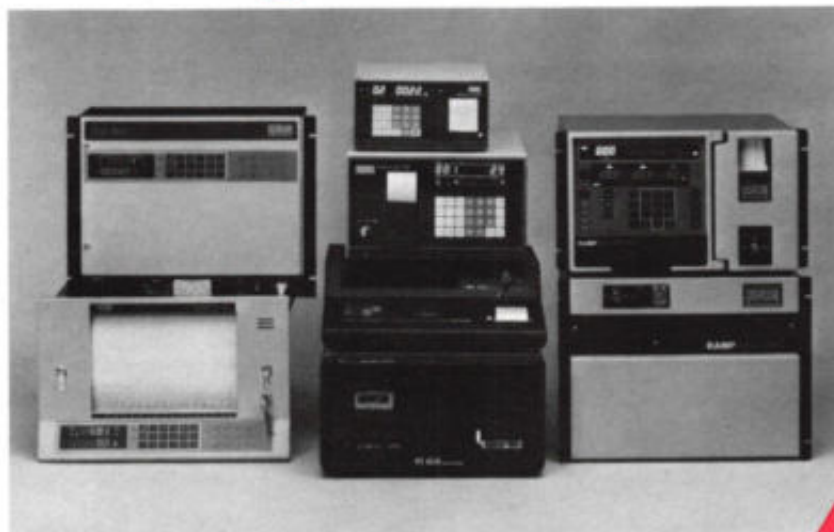
SAFT nikkel-cadmium batterijen zijn, zelfs onder de meest extreme omstandigheden een betrouwbare en economische energiebron.

CGE ALSTHOM NEDERLAND BV

Koninginnegracht 64, Den Haag,
telefoon (070) 60 88 10; Postbus 85.860,
2508 CN Den Haag, Telex 31045.

CGE ALSTHOM Nederland bv is een dochteronderneming van de Franse concerns Compagnie Générale d'Electricité en Alsthom-Atlantique, welke maatschappijen een vooraanstaande plaats innemen op het gebied van elektrische en elektromechanische installaties. Nadere gedetailleerde informatie wordt u gaarne verstrekt.

De grootste keuze in „dataloggers” en „data-acquisitie” systemen.



De digistrip II
30% in prijs
gereduceerd,
maakt
datalogging wel
heel bijzonder!
Nu vanaf
fl. 13.500,-*

* exclusief b.t.w.

Het grote voordeel van een zo uitgebreid programma aan dataloggers en data-acquisitie systemen is de per applicatie te selecteren mogelijkheid.

Aangezien de applicatie en de omgeving waar de apparatuur moet worden toegepast, bepalend zijn voor de uitvoering van een systeem, mag een advies om bepaalde meetproblemen op te lossen nooit gebonden zijn aan slechts één instrument.

Dat is ook de reden waarom Simac electronics zo'n grote verscheidenheid kan leveren.

- * Al of niet intelligente computer front-ends met en zonder intrinsiek safe certificaten.
- * Al of niet intelligente dataloggers, beginnend in een 10 kanalgige uitvoering en enkele die uit te breiden zijn tot 1000 kanalen.
- * Combinaties van analoge en digitale ingangen.
- * Direkte ingangen voor thermokoppels, pt-100 voelers, rekstrookopnemers, stromen en



spanningen (DC en AC).

En dit is nog niet alles, want de afdeling ontwikkeling maakt, als dat nodig of wenselijk is, de applicatie gerichte oplossing tot een „maatpak”.

 **simac**
electronics

Veenstraat 20, 5503 HR Veldhoven. Tel.: 040-533725



In de voetsporen van Maxwell en Hertz



Microgolfttechniek en de Nederlandse TH's

In een uithoek van het grote terrein van de TH-Eindhoven bevindt zich een klein houten gebouwtje omgeven door een groot aantal schotelantennes – waarvan hier nog de meeste buiten beeld blijven – en ingericht als ontvangstation voor satellieten.

Een boeiende tak van elektronica is ongetwijfeld de microgolfttechniek. Boeiend om tal van redenen. Waarschijnlijk weten de meeste elektronici van dit vakgebied weinig meer dan dat de hierin werkzame collega's zich onledig houden met zeer hoge frequenties en daarbij hun toevlucht moeten zoeken tot dingen als golfpijpen, lopende golfbuizen, striplijnschakelingen en schotelantennes.

Toch zijn misschien juist die schotelantennes een oorzaak van de grotere belangstelling die de microgolfttechniek de laatste jaren ondervindt. Niet dat het fenomeen „schotelantenne” nu zo nieuw is; wie in willekeurig welk „ontwikkeld” land een poosje rondrijdt, ziet ze overal met enige regelmaat opduiken: PTT-torens met soms wel een batterij antennes, als actieve monumenten van hun betekenis voor de huidige informatiemaatschappij. Straalverbindingen zijn immers al tal van jaren een onmisbare schakel in het transport van miljoenen telefoongesprekken en in de koppeling van televisie- en radiozenders met de studio's. Nee, het is waarschijnlijk vooral de ruimtevaart en de daardoor mogelijk geworden wereldomspannende communicatie via satellieten, die de stoot gaf tot de ontluikende belangstelling voor microgolfttechnieken. Wellicht hebben ook hier de moderne

„informatica-goeroe's” – die zich op televisie en in de kranten bij voorkeur presenteren tegen de achtergrond van een schotelantenne – hun uitwerking niet gemist. Hoe dit ook zij, die belangstelling voor microgolven is zeker op z'n plaats. Het vakgebied heeft een rijke historie, kent tal van toepassingsterreinen en heeft klinkende resultaten voortgebracht die in belangrijke mate het gezicht van deze eeuw meebepalen.

MAXWELL EN HERTZ

Twee grote namen markeren het embryonale stadium van de radiotechniek en daarmee ook van de microgolfttechniek: James Clerk Maxwell en Heinrich Hertz. In 1864 publiceerde Maxwell zijn uitgebreide elektromagnetische veldtheorie, neergelegd in vier vergelijkingen die zo geniaal waren dat weinigen er eerst geloof aan hechtten. Op grond van Maxwell's postulaten kon onder meer worden aangetoond dat een elektrische geleider onder nauwkeurig gedefinieerde voorwaarden gaat werken als elektromagnetische straler. Hiermee was in theorie de mogelijkheid aangegeven tot draadloze overdracht van informatie, anders dan door het inductie-

verschijnsel, door Faraday kort daarvoor empirisch onderzocht.

Geheel los van Maxwell's werk verrichtte de Duitser Hertz, naar aanleiding van een prijsvraag, uitvoerig onderzoek naar de eigenschappen van diëlektricum's. Een onderdeel hiervan betrof de condities waaronder geleiders gaan „stralen”.

In een reeks uiterst vernuftige experimenten toonde Hertz niet alleen aan dat elektromagnetische straling kon worden opgewekt, maar ook dat het gedrag hiervan grote overeenkomsten vertoont met dat van licht. In feite gelukte het Hertz hiermee om het „gelijk” van Maxwell te bevestigen. Zijn publikatie volgde in 1889.

Om nu deze experimenten binnen de muren van zijn laboratorium te kunnen uitvoeren, moest Hertz trillingen opwekken van zeer korte golflengte. Hertz slaagde erin om elektromagnetische straling op te wekken met een golflengte van ca. 60 cm. Omgerekend is dit ca. 0,5 GHz, niet al te ver verwijderd van de ondergrens van het gebied dat we doorgaans tot de microgolven rekenen.

Nog altijd is Maxwell's theorie van het elektromagnetisch veld het onmisbare „basisgereedschap” van de microgolfingenieur.

Om de ongrijpbare, onzichtbare en soms grillig lijkende microgolven in de vingers te krijgen, moet deze ook, zoals Hertz, een feilloos gevoel voor dimensies ontwikkelen.

Bovendien heeft de tijd „sinds Hertz” niet bepaald stilgestaan, zodat de student die voor „microgolven” heeft gekozen zich ook vele moderne inzichten en methoden moet eigenmaken.

In Nederland bestaat daartoe de mogelijkheid bij elk van de drie Technische Hogescholen die dit land rijk is. Gekoppeld aan de onderwijstaak is uiteraard het wetenschappelijk onderzoek bij deze instellingen. In het volgende zullen we pogen om de overeenkomsten en verschillen aan te geven tussen de microgolfactiviteiten in Delft, Eindhoven en Enschede.

TH-DELFT

Als zelfstandige vakgroep is Microgolftechniek op de TH-Delft ontstaan vanuit de richting Telecommunicatie. Mede gebruikmakend van de bij PTT aanwezige kennis en ervaring, werden deze activiteiten ruim vijftien jaar geleden gestart, onder leiding van oud-PTT-man ir. L. Krul. In 1973 volgde zijn benoeming tot gewoon hoogleraar, in welke functie hij tot op heden verantwoordelijk is voor het Delftse onderwijs en onderzoek in de microgolftechniek.

Aanvankelijk was het onderzoek in Delft verdeeld over drie aandachtsgebieden: radar, microgolfcomponenten en ISM, een Engelse afkorting die staat voor industriële wetenschappelijke en medische applicaties. Laatstgenoemde activiteiten waren ondermeer gericht op onderzoek naar de mogelijkheden van microgolphyperthermie ten behoeve van kankeronderzoek. Gebleken is inmiddels dat hier het gebruik van frequenties in de 27 MHz-band meer perspectieven biedt. Hyperthermie werd „doorgesluisd” naar de vakgroep Theoretische Elektricititsleer en ISM was verleend tijd.

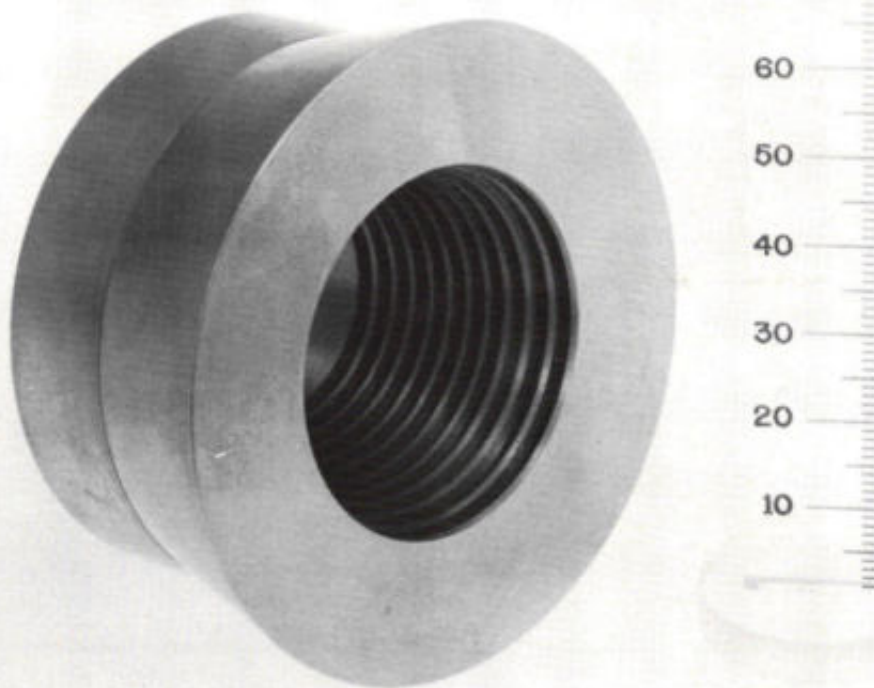
Van groot belang voor de microgolftechniek is uiteraard de ontwikkeling van componenten. Ook dit is een onderzoekerterrein, waarvoor Delft ondermeer beschikt over eigen faciliteiten voor het vervaardigen van microstripschakelingen en het meten daarvan. Men heeft hiertoe de beschikking over een geautomatiseerd microgolf-netwerkanalysesysteem.

Onlangs heeft de THD een budget gekregen voor het opstarten van een afdeling die zich zal bezighouden met het onderzoek aan geïntegreerde optische schakelingen.* Wegens de technologische verwantschap met microstrips, zullen deze activiteiten op korte termijn worden geïntegreerd binnen de vakgroep Microgolftechniek.

Een zonder meer unieke activiteit betreft het Delftse onderzoek op het gebied van radar. Hier begaf men zich niet op de „platgetreden paden” van de bekende navigatie- en defensie-applicaties, maar specialiseerde men zich in de toepassing van dit medium voor afstandswaarneming van zeer uiteenlopende verschijnselen „te land, ter zee en in de lucht”, een terrein dat bekend is onder de naam *Remote Sensing*. Ter geruststelling van diegenen die

TH-EINDHOVEN

Ook de Eindhovense TH beschikt over zulke faciliteiten. Anders dan in Delft, waar het antennelab in dienst staat van het radaronderzoek en het daarmee verband houdende optimaliseren van radarantennes, vormen microgolfantennes op de THE een zelfstandig onderzoekgebied. Het antennelaboratorium beschikt over een verreveldmeetbaan met een bereik



Het beïnvloeden van de stralingseigenschappen van microgolfantennes door het aanbrengen van nauwkeurig gedimensioneerde groefprofielen in de belichters is een bijzondere specialiteit van het antennelaboratorium van de TH-Eindhoven. In combinatie met een elliptische vorm kan men een scherp afgebakende „footprint” verkrijgen van antennes die worden gebruikt in TV-satellieten. De foto toont een cilindrische belichter met groefprofiel voor radio-astronomische toepassing.

dan visioenen krijgen van met geld smijten de hobbyisten: er zijn resultaten behaald van internationaal niveau en met een duidelijke „maatschappelijke relevantie”. We noemen hier de troposfeerradar ter ondersteuning van propagatiemetingen, zoals uitgevoerd door de PTT, en als nuttig instrument voor milieubewaking, het gebruik van radar voor meting van zgn. jet-streams op zee (brandstofbesparing van schepen) en het tijdig opsporen van „kritische golven”, die zelfs grote olietankers zouden kunnen doen breken.

Te land is er de toepassing van radar als hulpmiddel bij gewassen-identificatie. Meer over dit alles is elders in dit nummer te lezen, zie p. 32.

Radarantennes zijn uiteraard een belangrijke factor in dergelijke applicaties. Voor het binnenshuis verrichten van metingen aan antenne-ontwerpen beschikt de TH derhalve over een speciaal geprepareerde reflectie-arme meetruimte, waarvan de wanden zijn bekleed met stralingabsorberend materiaal.

van ongeveer 200 meter, eventueel uitbreidbaar tot 1,5 km. Binnenshuis kunnen antennemetingen worden uitgevoerd in twee reflectie-arme meetkamers. Een daarvan is kort geleden in gebruik gesteld en is een zgn. *Compact Antenna Range* met twee parabolisch-cilindrische reflectors en opgebouwd volgens de inzichten van TH-medewerker en antennespecialist dr.ir. V.J. Vokurka.

In de vijftien jaar van haar bestaan heeft het Eindhovense antennelaboratorium, dat werd opgericht door dr. M.E.J. Jeuken, veel theoretisch en experimenteel werk verricht aan reflectors en vooral belichters voor microgolfantennesystemen. Als resultaat kunnen de diverse belichtingssystemen voor radio-astronomische toepassing worden vermeld, momenteel in gebruik in Dwingeloo en Westerbork. Verder onderzocht men intensief de eigenschappen van elliptische en gegroefde hoorns. Dit gebied ontwikkelde zich, zoals de nog steeds nauw met dit werk verbonden dr. Jeuken het uitdrukte, tot de „spe-

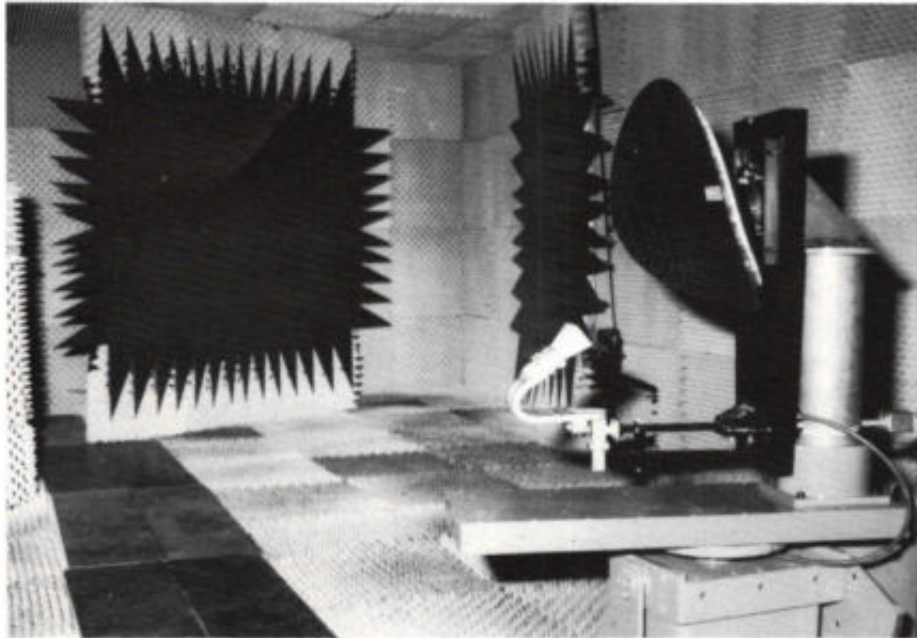
* Het artikel „De lichtchip” van J. van Kasteren (*Elektronica* nr. 15/16, 1982, p. 67...69) geeft meer bijzonderheden over dit nieuwe werktterrein.

cialité de la maison". Zozeer, dat het antennelaboratorium er in de vakwereld internationaal erkenning mee verwierf. Veel publiciteit kreeg de THE enige tijd geleden met de elliptische gegroefde hoorn die werd ontworpen voor het Westduitse TV-SAT-project.

Kenmerkend voor deze ontwikkeling is de sterke relatie tussen de theorie van het elektromagnetische veld en de praktijk van het nauwkeurig dimensioneren van de an-

Resultaten van deze activiteiten zullen de basis vormen voor het ontwerpen van GaAs-componenten, een voor de microgolftchniek belangrijk terrein waarop de pijlen voor toekomstig onderzoek zijn gericht.

Dr.ir. Th.G. van de Roer, als medewerker van de THE zeer bij deze activiteiten betrokken, geeft elders in dit nummer een uitvoerig resumé van de betekenis van de halfgeleider voor het vakgebied.



Kort geleden nam het antennelaboratorium van TH-Eindhoven een nieuwe meetruimte in gebruik. De foto toont deze met twee gekruisd-parabolische cilindrische reflectors werkende Compact Antenna Range, waarin een antenne voor satelliettoepassingen aan de tand wordt gevoeld in het kader van een onderzoekscontract met het Westduitse consortium Messerschmitt-Bölkow-Blohm.

tenneconstructie. Onontbeerlijk is hierbij de assistentie van een goed geoutilleerde technische dienst die beschikt over bekwaame instrumentmakers.

Niet alleen antennes, maar ook microgolfhalfgeleiders en -systemen zijn aandachtsgebieden waarop de THE onderzoek heeft geconcentreerd.

De halfgeleidergroep, onder prof. M. Weenink en evenals „antennes” een onderdeel van de vakgroep Theoretische Elektrotechniek waarvan prof. Kooy voorzitter is, verrichtte omvangrijk onderzoek aan microgolfdioden van het silicium barrit-type. Deze onderzoeken omvatten rekenmodellen voor gelijkstroom- en microgolfgedrag, fabricagetechnieken en meetmethoden voor statische en dynamische eigenschappen bij uiteenlopende temperaturen. Momenteel werkt men ondermeer aan geavanceerde theoretische modellen van het elektronentransport in halfgeleiders, waaronder rekenmodellen voor oplossing van tijdafhankelijke Boltzmann-vergelijkingen. Voor verificatie van dit theoretische werk beschikt de halfgeleidergroep over een semi-automatisch netwerkanalysesysteem voor het frequentiegebied tussen 1 en 18 GHz.

Een onderdeel van de vakgroep Telecommunicatie is de groep „Systemen” die zich in Eindhoven ook bezighoudt met microgolven. Het werk in deze groep, waarover prof.dr. J. Arnbak de scepter zwaait, betreft het onderzoek aan complete systemen voor microgolffcommunicatie.

Behalve over de laboratoriumruimten in de hoogbouw Elektrotechniek, beschikt deze groep over een faciliteit die ook tot de verbeelding van de leek zal spreken. In een uithoek van het grote TH-terrein bevindt zich namelijk een klein, goed bewaakt houten gebouwtje, omringd door een groot aantal schotelantennes en volgepakt met de veelsoortige elektronica die nodig is voor het predicaat „satellietontvangstation”.

Met gepast trots meldt „sleuteldrager” ing. A.C.A. van der Vorst dat hier Nederlands enige operationele ontvangstation voor de weersatelliet Meteosat II is gehuisvest. Ook is apparatuur in huis voor de ontvangst van Russische TV-programma's via de Gorizont-satelliet.

Wie er rondkijkt ziet geen steriel laboratorium, maar zo'n echte „werkplaats” waarvan elke rechtgeaarde radio-amateur gaat watertanden.

Communicatie-ingenieurs-van-morgen,

maar ook studenten van andere vakrichtingen vinden er dankbare stageprojecten. Modulatoren, omzetters van TV-systemen, computerprogrammatuur, meet- en regelapparatuur enz. Dankzij deze veelzijdige periferie doen jaarlijks enige tientallen studenten hier praktische ervaring op. Een belangrijk deel van de geavanceerde systemen, zoals een rek met „lock-in”-versterkers, is van eigen ontwerp en makelij.

TH-TWENTE

„De jongste en de kleinste”, zo kan men de vakgroep Microgolftchniek van de TH-Twente betitelen, als de vergelijking wordt getrokken met beide andere TH's.

Elf jaar geleden stond prof.ir. C.A. Muller voor de taak om zijn microgolfstudenten een modern en volledig studiepakket te bieden en aan het wetenschappelijk onderzoek in Nederland zo mogelijk een nieuwe dimensie toe te voegen. Dubblures en te grote overlappings met gebieden die op de andere TH's al uitvoerig onder de loep werden genomen, waren natuurlijk ongewenst.

Hoewel „antenneman-van-huis-uit”, besloot prof. Muller dit belangrijke onderwerp uiteraard wel in het studieprogramma op te nemen, maar niet te adopteren als onderzoekgebied. Voldoende houvast om ook studenten in aanraking te brengen met de theoretische en praktische kanten van het microgolfvak, werd evenwel gevonden in het ontwerpen van schakelingen en alles wat daarmee samenhangt en, als „profilerend gebied”, de microgolffmeettechniek.

Eerstgenoemde activiteiten richten zich onder meer op de ontwikkelingsproblematiek van parametrische versterkers en FET-versterkers voor frequenties tot 18 GHz. Gezien de toenemende tendens naar geïntegreerde schakelingen is inmiddels, in navolging van Delft, ook het werken met microstrips ter hand genomen, na het beschikbaar komen van de daarvoor benodigde fabricagemiddelen.

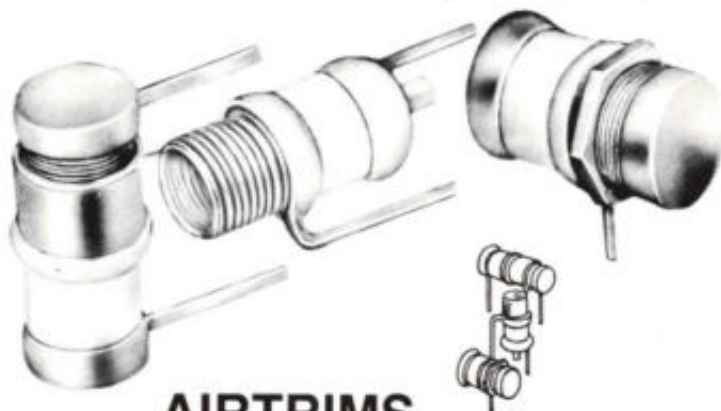
Microgolffmeettechniek is een zeer specialistisch terrein, dat uiteraard van grote betekenis is voor alle sectoren van het vakgebied. Netwerkanalyse, ruismetingen en metingen in het tijddomein, zijn een paar vertakkingen van deze discipline die men in Twente systematisch onderzoekt en tracht te verbeteren.

Zo is veel onderzoek gedaan naar meetmethoden ter bepaling van de zgn. S-parameters van tweepoorten. Gecompliceerde metingen die veel iteratieve handelingen vereisen of anderszins bedieningsfouten kunnen oproepen, kan men vaak automatiseren via de IEEE488-interfacebus. In dit opzicht zijn op de THT interessante resultaten geboekt. Bijvoorbeeld bij het meten van ruis- en verstrooiingsparameters in een band van 1,8...18 GHz, met een geïntegreerd meetsysteem waarin opgenomen een computer voor besturing en verwerking van de meetgegevens. Ook „pro-

TEKELEC TA
COMPOSANTS

MADE UNDER LICENCE

Johnson



AIRTRIMS

variabele condensatoren die door hun meerslagen instelling, lineair verloop en unieke zelfborging de afregeling tot een zeer eenvoudige handeling reduceren.



GIGATRIM

MICRO GOLF AFSTEM ELEMENTEN

zelfborgende afstemschroeven voor afstemming in golfpijpen, holtes, etc. Rotor materialen voor diverse toepassingen: metaal, magnetisch/epoxy, saffier.



TEKELEC TA AIRTRONIC

POSTBUS 63, 2700 AB ZOETERMEER. TEL. 079 310100

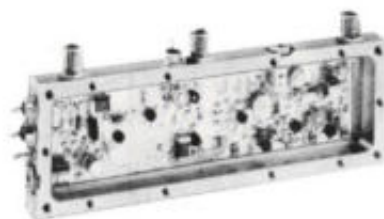
Datron b.v.

MIC MICROWAVE & IF/RF PRODUCTS

RHG

**RHG ELECTRONICS
LABORATORY INC.**

- ☐ IF Amplifiers
- ☐ LOG IF Amplifiers
- ☐ Limiting Amplifiers
- ☐ MIC Mixers & Mixer/Preamps
- ☐ Microwave Receivers
- ☐ Subsystems



DE JUISTE GOLFLENGTE DATRON B.V.

Postbus 75
1243 ZH 's-Graveland
Tel. 035-60834
Tlx. 43943

grammeren" blijkt hier een essentiële vaardigheid voor de microgolfingenieur.

Metingen van het gedrag van subsystemen als mengers en parametrische versterkers geven vaak het probleem dat de resultaten kunnen worden beïnvloed door misaanpassingen. Om ook in zulke gevallen een juiste interpretatie van meetresultaten mogelijk te maken werkte de THT aan een methode om als het ware „over de toevoerlijn tot in de schakeling te kunnen kijken". Het principe hiervan is gebaseerd op tijddomein-meting door FFT vanuit het frequentiedomein. Hierbij kan worden uitgegaan van een nauwkeurig gedefinieerd „frequentiesignaal".

Een bijzonderheid ten aanzien van het studieprogramma in vergelijking tot dat van de andere TH's is de integratie van de theorie van het elektromagnetisch veld in de gehele opleiding. Prof. Muller is niet alleen verantwoordelijk voor de „afstudeerders", maar ook voor het onderwijs in Maxwell's beginselen aan eerste- en tweedejaarsstudenten. Zodoende kan al in de eerste studiejaar de basis voor een goede aansluiting met een latere microgolfstudie worden gelegd.

IVOREN TORENS

De bezoeker die in het hoofdkwartier van een grote onderneming wil doordringen tot het niveau van de hoofddirectie, bediende zich in de lift van de „bovenste knop". Datzelfde geldt voor de microgolfafdelingen in de gebouwenkolossen van de genoemde TH's; ook deze bevinden zich op de bovenste etages. Hier echter geen elitaire, maar praktische overwegingen: dicht bij het dak, dus korte verbindingslijnen met de voor dit vak onmisbare antennes. Kennismakend met deze (en andere) afdelingen, ontmoet men toegewijde wetenschappers die graag bereid blijken om over hun werk en hun vakgebied te vertellen. In een werkomgeving die betonnen soberheid en doelmatigheid uitstraalt. Eens te meer onderstreept dit de fictie van het meernekkige etiket van de „wetenschappers in hun ivoren torens".

Hetzelfde kan worden gezegd over het gevestigde idee ten aanzien van de uitrusting van de laboratoria. Bij voorkeur zouden wetenschappers zich immers zonder enig kostenbesef omringen met de nieuwste en beste apparatuur. De praktijk ziet er echter anders uit. Naast sommige recente en nodige investeringen, staan tal van instrumenten die er met hun vele knoppen en toetsen door de bril van de leek waarschijnlijk indrukwekkend en kostbaar uitzien, maar duidelijk stammen uit de tijd dat er nog geld genoeg was. Instrumenten, die bij veel bedrijven allang voor een gulden op de balans zouden staan, maar op de TH's als kleinoden worden gekoesterd en operationeel gehouden.

Intussen gewend te roeien met vaak korte riemen – ook dan komt men er meestal

wel, zij het wat later en met meer inspanning – klaagt men hierover echter nauwelijks.

OVER BEZUINIGEN GESPROKEN

Grotere en begrijpelijke bezorgdheid is evenwel te vernemen ten aanzien van de studieuur-bekorting tot maximaal vier

teits/prijsverhouding" dan tot nu toe is gerealiseerd.

Zeker voor die vakgebieden waarin ondanks de huidige recessie voldoende hooggekwalificeerd emploti bestaat, is diploma-devaluatie hoogst ongewenst. Een van de kostbare en ongewenste neveneffecten wordt dan de noodzaak om kennis te importeren door het aantrekken



Metingen aan een uitgangsmultiplexer voor de satelliet TV-SAT in een laboratorium van AEG-Telefunken. Dit filternetwerk heeft tot taak om vijf kanalen van groot vermogen gezamenlijk aan de zendantenne toe te voeren. Microgolfmeettechniek is een specialistische materie, door de TH-Twente geadopteerd als onderzoeksgebied.

jaar. Nog altijd veronderstelt het ingenieursdiploma een goede combinatie van kennis en bekwaamheid te garanderen. Het al eerder genoemde gevoel voor dimensies is daarvan een belangrijk bestanddeel. Adspirant-ingenieurs moeten onder deskundige begeleiding voldoende tijd krijgen dit gevoel te ontwikkelen. Anders dan in sommige studieprogramma's die voornamelijk zijn gericht op het aanleren van feitenkennis, is deze tijd in de ingenieursopleiding nauwelijks te comprimeren. In de huidige constellatie is deze al eerder te kort dan te lang.

Inperking van de duur van de opleiding houdt het reële gevaar in dat juist die voor de praktijk zo vereiste bekwaamheid te kort gaat schieten. Nu al vaak gehoorde klachten over het slecht aansluiten van onderwijs en praktijk zullen dan meer bestaansrecht krijgen.

Beslist niet denkbeeldig is dat de maatschappij of, zo men wil, de belastingbetaler, gemeten in per student geïnvesteerd kapitaal een generatie ingenieurs zal krijgen met een aanmerkelijk lagere „kwali-

van buitenlandse ingenieurs. Over bezuinigen gesproken...

Zonder diploma-devaluatie lijken in elk geval voor hen die als microgolfingenieur in de voetsporen willen treden van Maxwell en Hertz nog voldoende interessante mogelijkheden te zijn weggelegd. In een boeiend vak dat soms een rol op de achtergrond lijkt te spelen maar daarom niet minder belangrijk is dan bijvoorbeeld de computer.

EEN VOLLEDIG MICROGOLF PROGRAMMA?

MICROWAVE



AMERICAN TECHNICAL CERAMICS, HUNTING STATION, N.Y., U.S.A.

UHF/microwave porcelain and ceramic chip capacitors

ANZAC, BURLINGTON, MASS., U.S.A.

Mixers, amplifiers, power dividers, hybrids, directional couplers, transformers

ELECTRONIZED CHEMICALS CORP., BURLINGTON, MASS., U.S.A.

Basis material for microwave stripline

DAICO INDUSTRIES INC., COMPTON, CA., U.S.A.

IF/RF components: solid state switches, step attenuators, analog attenuators, coaxial relays, phase shifters

FREQUENCY SOURCES, CHELMSFORD, MASS., U.S.A.

Oscillators, gunn effect VCO's, cavity stabilized oscillators, frequency multipliers

FREQUENCY SOURCES, SANTA CLARA, CA., U.S.A.

Microwave signal sources, synthesizers and subsystems, fundamental oscillators

HUGHES AIRCRAFT COMPANY, TORRANCE, CA., U.S.A.

Solid state millimeter-wave products, TWTA, instruments, high power amp. for satellite earth stations

ITECO/POWERTRON, PORT WASHINGTON, N.Y., U.S.A.

Powertron solid state AC-power supplies

NARDA MICROWAVE CORP., HAUPPAGE, N.Y., U.S.A.

Attenuators, couplers, power dividers, oscillators, pinswitches, GaAs Fet amplifiers, microwave multimeters, terminations and accessories

NURAD INC., BALTIMORE, MARYLAND, U.S.A.

Microwave antennas

TECHNICRAFT (division of Tech Systems Corp.), THOMASTON, CONN., U.S.A.

Rectangular- and double ridge waveguides, also flexible and twistable waveguides

WESTERN MICROWAVE INC., SUNNYVALE, CA., U.S.A.

Ferrite circulators and isolators with coax- or waveguide connectors

EEN VOLLEDIG MICROGOLF PROGRAMMA !

Voor meer informatie:

AURIEMA NEDERLAND B.V.

Doornakkersweg 26 5642 MP EINDHOVEN
Telefoon: 040-816565 Telex: 51992 auri nl



Verleden en heden van microgolven

Onmiskenbare verbindingsschakel tussen mensen

Het droeve lot van sommige gebieden van de elektronica is, dat ze niet of nauwelijks opvallen. Dat ze daarom niet belangrijk zouden zijn is natuurlijk niet waar, een voorbeeld hiervan zijn de radiogolven die algemeen als microgolven worden aangeduid. Ze spelen een hoofdrol in telecommunicatie, zijn onmisbaar voor veilig vliegen, maken ruimtereizen mogelijk en verhitten ballen gehakt. In dit artikel staan we stil bij de geschiedenis van de frequenties die in het begin alleen een verdere uitbreiding waren van zeer korte golven, maar die onder invloed van steeds modernere componenten en technieken nu oprukken in de richting van het infrarood. Deze ontwikkelingen, de toepassingen van microgolven in veel terreinen van ons leven en de betekenis van deze techniek leveren voldoende stof voor een verhaal in dit themanummer, naast de meer op details gerichte bijdragen die samen een zo groot mogelijk terrein van de wereld der microgolven zullen bestrijken.

Scherpe grenzen in het frequentiespectrum zich niet overal getrokken. Tussen geluidssignalen en radiogolven ligt een grensgebied van een aantal tienduizenden hertz dat zowel door de „audiofielen” bezet wordt gehouden voor de onmisbare en klankbepalende boventonen als omarmd door de zendtechnici in de allerlangste golflengten.

Zo is ook de grens tussen ultrakorte golven en microgolven niet door iedereen op dezelfde plaats gelegd. Vrij algemeen wordt echter een frequentie van 1 GHz (1000 MHz) voor microgolven als ondergrens aangenomen en dat is omgerekend een golflengte van 30 cm. De bovengrens ligt bij 3000 GHz of 1 mm en dat komt heel dicht in de buurt van de warmtegolven. Het allerdonkerste infrarood wordt namelijk geacht te beginnen bij een golflengte van 0,3 mm. Dus is ook hier een stuk niemandsland dat nog wel zal worden geannexeerd. Dat de techniek van de microgolven nooit sterk tot de massa heeft gesproken, wordt al voor een groot deel verklaard door de hiervoor genoemde grenzen. Het gedrag van de componenten en de propagatie van

de golven zijn beide bij een golflengte van 30 cm nogal verschillend van die bij 1 mm. Het gebied werd en wordt stap voor stap ontsloten, afhankelijk van de ontwikkeling van componenten voor zeer hoge frequenties en de kennis van de voortplanting van deze korte golven. Daardoor is het in gebruik nemen van nieuwe frequentiebanden in het microgolfgebied minder spectaculair voor de doorsnee burger dan de eerste ruimtereis buiten de atmosfeer of de eerste informatie-overdracht over een glasvezel.

WAAR EN HOE HET BEGON

Aangezien het al niet geheel duidelijk is wanneer men van microgolven kan spreken, is ook het eerste praktische gebruik van deze golven een omstreken zaak. Vast staat wel dat *Guglielmo Marconi* (1874...1937), de man die in 1895 de eerste draadloze telegrafiesignalen overbracht, in de laatste tien jaren van zijn leven veel onderzoek heeft verricht in golflengten korter dan een meter. In 1931 overbrugde hij met behulp van deze korte golven in de omgeving van Genua een afstand van 18 kilometer en deze demonstratie werd in 1932 met succes overtroffen met een duplex microgolfverbinding over 35 kilometer. In de winter van 1932-33 installeerden Marconi's medewerkers in opdracht van Paus Pius XI een microgolf-telefoonkanaal over een afstand van 24 kilometer tussen het Vaticaan en het pauselijk buitenverblijf Castel Gandolfo. Op 11 februari 1933 werd het systeem officieel in gebruik genomen waarbij Marconi persoonlijk de goede werking ervan aan de Paus demonstreerde. In de halve eeuw die sindsdien is verstreken is er sprake geweest van een exponentiële voortgang in de ontwikkeling. In de jaren dertig werd een snelle groei tegengehouden door het niet beschikbaar zijn van versterkers en oscillatoren voor het gigahertz-gebied.

MICROGOLFBUIZEN

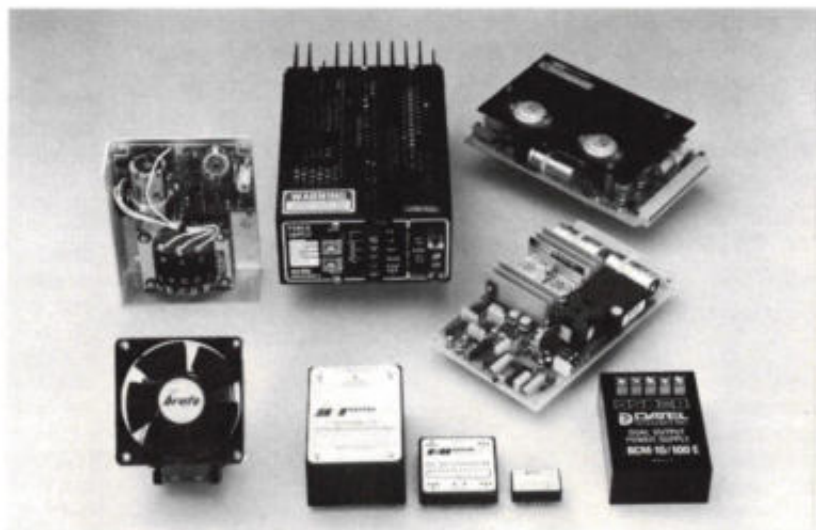
De versterkerbuizen die werden toegepast in laagfrequente en hoogfrequente schakelingen (tot aan de metergolven) waren niet geschikt voor microgolven. Bij het moduleren van de anodestroom wordt in deze buizen de intensiteit van de elektronenstroom beïnvloed door een meer of minder negatief stuurrooster. De snelheid van deze elektronenstroom blijft hierbij, onder invloed van de positieve anodespanning en eventueel de eveneens positieve schermroosterspanning, gelijk.

Deze buizen worden bestuurd vanuit uitwendige afstemkringen die tussen het stuurrooster en de kathode zijn aangesloten. Bij hoge frequenties wordt de inwendige capaciteit tussen kathode en stuurrooster in de buis groot ten opzichte van de uitwendige capaciteit in de afstemkringen zodat daardoor de hoogte van de resonantiefrequentie wordt begrensd. Door zeer speciale uitvoeringen van trioden en meerroosterbuizen werd deze ingangscapaciteit

Toren met paraboolantennes voor directzicht-verbindingen met microgolven, zoals deze er in het verleden uitzagen.



"Er gaat niets boven 'n goede voeding"



Daarom is een grote keuze-mogelijkheid zo belangrijk. Het brede programma voedingen, bestaande uit drie klinkende namen zoals ACDC, Brandner en Datel biedt die keuze mogelijkheid. Daarom moet u voor 'n goede voeding bij Simac electronics zijn.

Een van die klinkende namen is Brandner, met converters die een grote ingangsspannings-variatie en een wat groter vermogen hebben dan de modulaire typen. Daartoe behoort de SR 99 serie.

De SR 99 serie is een, op Eurokaart gefabriceerde, DC/DC converter die gebruik maakt van het puls-breedte-regelprincipe, het ingangsspanningsbereik is standaard $24 \text{ VDC} \pm 25\%$. Andere ingangsspanningen zijn ook te leveren. De gelijkspanning wordt door middel van een 20 kHz oscillator en een hoog frequent transformator potentiaal gescheiden en geregeld door een pulsbreedte modulatie.

De schakelfrequentie blijft dus constant, maar door de pulsbreedte wordt de energie-inhoud en daardoor de uitgangsspanning geregeld. Verder is het mogelijk de units parallel te schakelen, zodat iedere converter hetzelfde vermogen afgeeft (met uitzondering van SR 992). De units zijn te leveren als 50, 100 en 150 Watt typen op Eurokaart of in Euro-cassette behuizing. De uitgangsspanning is bij 5 V regelbaar van 4 - 6 VDC, bij 15 V van 7 - 16 VDC en het 24 V output type is regelbaar van 16 - 25 VDC bij een rendement van 80%. Dit maakt de SR 99 serie buitengewoon geschikt voor batterij back-up en/of veldtoepassingen.

 **simac**
electronics

Veenstraat 20, 5503 HR Veldhoven. Tel.: 040-533725
Vooruitgangstraat 52, Bus 3, 1000 Brussel. Tel.: 02-219.24.53

verkleind en dus de werkfrequentie verhoogd.

Standard Telephones & Cables (STC), Mullard en RCA hebben hiermee de in tabel 1 vermelde resultaten bereikt.

Daarmee was de bovengrens wel ongeveer bereikt voor normale trioden. Voor het versterken of opwekken van nog hogere frequenties werd door ettelijke onderzoekers gewerkt aan buizen waarin niet de intensiteit maar de snelheid van de elektronenstroom kan worden beïnvloed. Deze buizen waren daarnaast ook frequentie-afhankelijk zodat ze specifiek geschikt waren voor bepaalde banden. Van deze ontwikkeling zijn nog een aantal buizen in gebruik.

Barkhausen en Kurz publiceerden in 1920 reeds over het opwekken van trillingen met een zeer hoge frequentie in een triode waarin de individuele elektronen die de kathode verlaten zich met verschillende snelheden door de buis bewegen. Dit wordt bereikt door in een versterkertriode het rooster positief te maken en de anode licht negatief.

Wanneer enige elektronen tegelijkertijd de kathode verlaten zullen ze onder invloed van het positieve rooster worden versneld. Een ervan zal bijvoorbeeld direct door dit rooster worden gevangen, een ander zal doorschieten tot in de rooster-anoderuimte, daar worden afgeremd door de negatieve anode en terugvallen op het positieve rooster.

De derde mogelijkheid is dat zo'n elektron weer door het rooster heenschiet en in de kathode-roosterruimte opnieuw ombuigt en zich weer naar het rooster gaat bewegen. Door dit afremmen en eventueel opnieuw versnellen ontstaan snelheidsverschillen tussen de verschillende elektronen en hiermee kan een oscillatorschake-

buistype	fabrikaat	soort buis	frequentie (MHz)	golflengte (m)
PX 12-15	Mullard	pentode	50	6
PY 2-250	"	"	60	5
QV 04-15	"	tetrode	100	3
888	RCA	triode	200	1,5
832	"	"	250	1,25
4304 B	STC	"	400	0,75
4316 A	"	"	700	0,42
3B/250 A	"	"	1700	0,18

Tabel 1. Enige historische elektronenbuizen voor hoge frequenties.

ling worden gebouwd, die bekend staat onder de naam *remveld-oscillator*.

Deze eerste vorm van snelheidsmodulatie was bruikbaar tot ongeveer 600 MHz, daarboven werd de dissipatie van het rooster te groot.

MAGNETRON

Een andere methode om de snelheid van elektronen te beïnvloeden werd reeds in 1921 beschreven door A. W. Hull. Het betreft een diode die bestaat uit twee coaxiale cilinders die respectievelijk dienst doen als kathode en anode. Als radiaal staat hier een elektrisch veld tussen de twee elektroden en dwars daarop (dus axiaal door de twee cilinders) staat een magnetisch veld. Onder invloed van deze twee velden zullen de door de kathode geëmitteerde elektronen in de buis cycloïden gaan beschrijven waardoor ze zich afwisselend in de richting van de anode of er vanaf bewegen.

K. Posthumus publiceerde in 1934 over een bepaalde verbeterde uitvoering van deze oscillatordiode die onder de naam *magnetron* nog steeds wordt gebruikt. In de publikatie van Posthumus bestaat de anode van het magnetron uit twee helften waartussen een lecherleiding wordt aangesloten. De lecherleiding doet dienst als

afgestemde kring voor de hoge frequenties waarin het magnetron oscilleert. Het principe wordt verklaard aan de hand van fig. 1.

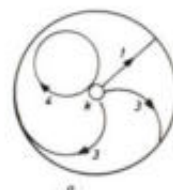
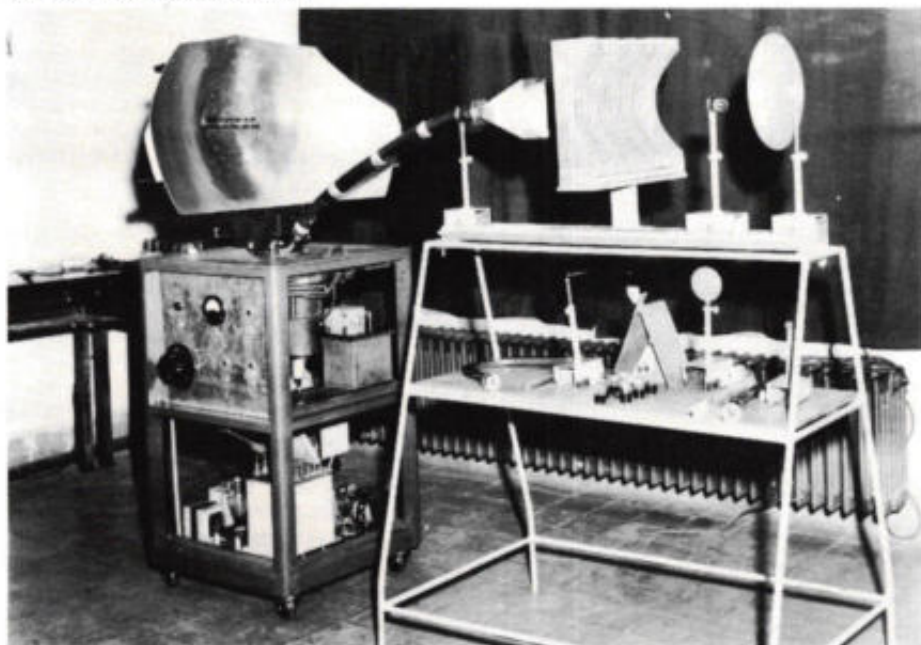


Fig. 1. Principe van het magnetron.



Magnetron van het type EM15LS (Eimac).

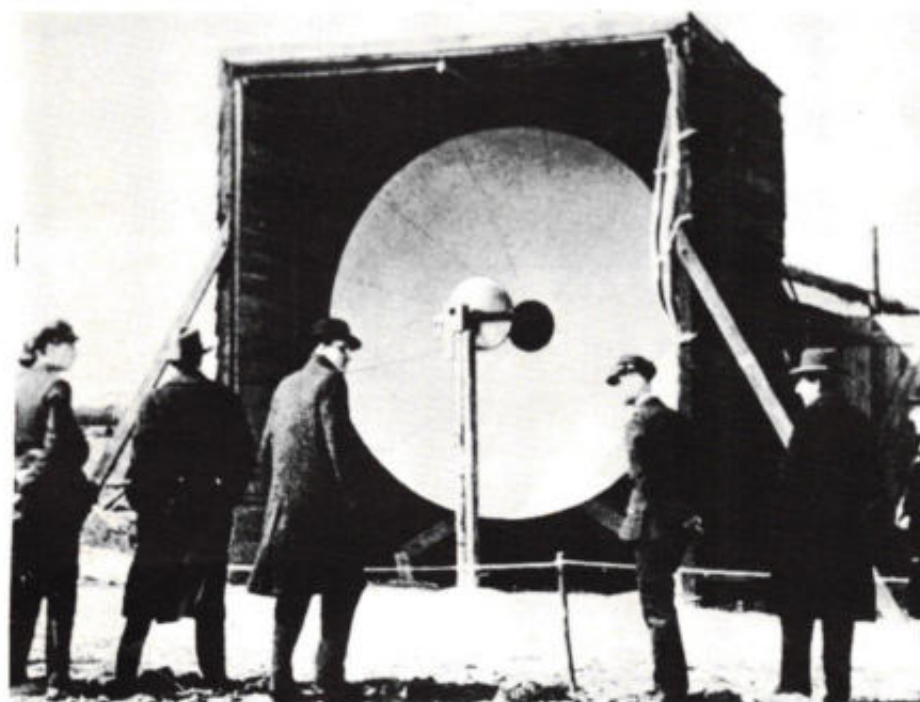
Historische foto van een proefopstelling voor het aantonen van de overeenkomst in het gedrag van uiterst korte golven en licht.



Een elektronenstroom kan worden afgeboogen door een magnetisch veld dat onder een hoek inwerkt op de elektronenstroom. Dit principe wordt niet alleen gebruikt in kathodestraalbuizen met magnetische afbuiging (bijvoorbeeld televisiebeeldbuizen) doch op een geheel andere wijze ook in het magnetron. In fig. 1 zien we de concentrische elektroden van het magnetron, de anode (A) en kathode (K).

Wanneer de anode positief wordt gemaakt ten opzichte van de kathode zal, bij afwezigheid van een magnetisch veld, de elektronenstroom zich in een rechte lijn van K naar A bewegen (1); 2 en 3 geven de invloed weer op de richting van de elektronenstroom bij een zwak (2) en wat sterker (3) magnetisch veld.

Bij het nog verder opvoeren van de magne-



De paraboolantenne die op 31 maart 1931 werd gebruikt tijdens de eerste publieke demonstratie van microgolfoverdracht over Het Kanaal.

tische veldsterkte wordt situatie 4 bereikt. De elektronen bereiken de anode niet meer, ze strijken erlangs en keren terug naar de kathode. Daar worden ze opnieuw weggezonden en het spel herhaalt zich. Deze situatie 4 is kritisch en wordt alleen bereikt bij gegeven waarden van zowel U_a voor de anode als H voor het magnetische veld. Een trillingskring tussen anode en kathode kan veroorzaken dat deze kritische instelling in de eigen resonantie van de kring gaat bewegen met toenemende en wegvallende anodestroom. Afhankelijk van deze uitersten en de daartussenliggende waarden zullen de elektronen energie opnemen uit of afgeven aan de trillingskring waarmee de voorwaarde tot oscilleren is geschapen.

In de huidige magnetrons volgt men de methode van H. A. H. Boot en J. T. Randall. In de koperen anode worden enige trilholten uitgespaard die minder verliezen opleveren dan de lecherleiding en nauwkeuriger aan de gewenste frequentie zijn aan te passen.

CLAVIER-BUIS

In het begin van de jaren dertig was er tevens de *Clavier-buis*, uitgerust met een spiraalvormig rooster met een lengte van 1,24 maal de opgewekte golflengte. Deze buis werkte als eerste in het echte microgolfgebied (ongeveer 14 cm) en werd gebruikt bij de eerste publieke demonstratie van microgolfoverdracht over het Engelse Kanaal, op 31 maart 1931 door STC. Op de klippen van de krijtrotsen van St. Margareth's Bay bij Dover was voor deze experi-



Ook in Duitsland werd in de jaren dertig geëxperimenteerd met radio-overdracht in de hogere frequenties. Deze foto stamt uit 1935 en toont een van de eerste richtantennes die Telefunken gebruikte bij proeven in de omgeving van Berlijn.

mentele telefoonverbinding een paraboolantenne met een diameter van 3 m opgesteld.

De Clavier-buis wordt niet meer gebruikt omdat andere ontwikkelingen tot betere resultaten leidden.

KLYSTRON

Uit de periode voor de Tweede Wereldoorlog stamt ook het *klystron* of de *inhaalbuis*. Eén van de eerste publikaties hierover verscheen op pagina 32 van het *Journal for Applied Physics*, nummer 10 uit 1939. Het artikel was van de hand van R. H. Varian en S. F. Varian en droeg als titel „A High Frequency Oscillator and Amplifier”.

Ook in de inhaalbuis is sprake van snelheidsmodulatie van de elektronen. Fig. 2 toont de principeschakeling van de inhaalbuis. De elektronen die door de kathode (K) worden uitgezonden passeren eerst rooster g_1 . Dit rooster heeft doorgaans een cilindervorm, is geplaatst in de lengterichting van de buis en bezit een positieve potentiaal ten opzichte van de kathode. Hierdoor wordt de elektronenstroom versneld en gebundeld.

Deze bundel passeert rooster g_2 op zijn weg naar rooster g_3 dat weer wat positiever is ten opzichte van de kathode. Op hun verdere weg naar de anode (A) schieten de

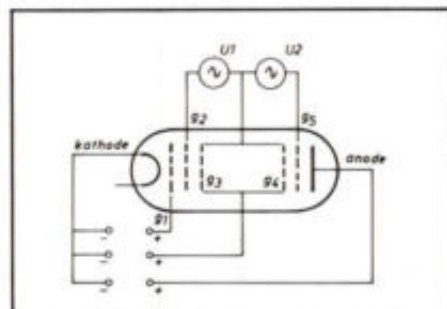


Fig. 2. Elektrodenconfiguratie van het klystron.

elektronen nog door de roosters g_4 en g_5 voordat ze via de anode worden afgevoerd. Het hele spel van versterken en dus ook oscilleren speelt zich af tussen g_2 en g_5 .

De door g_1 versnelde en gebundelde elektronen bereiken alle g_2 met dezelfde snelheid.

Door tussen g_2 en g_3 een wisselspanning aan te leggen zal de stroomsnelheid tussen g_2 en g_3 afhankelijk worden van de momentane waarden die g_2 en g_3 ten opzichte van elkaar hebben.

Tussen g_3 en g_4 bevindt zich een ruimte die in zijn geheel op dezelfde potentiaal wordt gehouden — de *inhaalruimte* — en hieraan ontleent de buis zijn naam. In deze ruimte lopen de elektronen namelijk met verschillende snelheden die rechtstreeks afhankelijk zijn van de versnellingen of vertragingen die tussen g_2 en g_3 werden ondervonden.

Aangezien de inhaalruimte door zijn gelijke potentiaal niets aan versnellen of vertragen bijdraagt, zullen de snelle elektronen de trage gaan inhalen en er treden verdunningen en verdichtingen op in de elektronenbundel. Deze volgen het modulatiepatroon zoals dat tussen g_2 en g_3 wordt aangelegd. Doorredenerend zullen dus ook op g_4 en g_5 op elk moment verschillende hoeveelheden elektronen aankomen zodat er tussen deze twee roosters eveneens een wisselspanning ontstaat die hetzelfde beeld vertoont zoals aangelegd tussen g_2 en g_3 . De inhaalruimte dient een optimale lengte te hebben om het maximale effect van verdichtingen en verdunningen van de elektronenbundel op g_4 en g_5 te bewerk-

stellig en zo als versterker te fungeren. Deze optimale lengte moet zijn afgestemd op de aangelegde frequentie en het zal duidelijk zijn dat hierdoor het toepassingsgebied van het klystron is beperkt tot de centimetergolven. De afstemkringen tussen g_2 en g_3 en tussen g_4 en g_5 worden gevormd door triholten binnen de buis terwijl de voor oscillatie benodigde terugkoppeling wordt verkregen door een coaxiale lijn tussen de respectieve triholten.

Met alle hiervoor genoemde vooroorlogse ontwikkelingen kwam er langzaam maar zeker een uitbreiding van de toepassing van microgolven. Er was helaas een oorlog nodig om ook deze technologie in een hogere versnelling terecht te doen komen. Vooral de toepassing van het reeds omstreeks 1930 beschreven radar-principe (Radar = Radio Detection And Ranging) voor militaire doeleinden bracht een geforceerd snelle ontwikkeling van componenten voor centimetergolven teweeg. Behalve de verbetering van de magnetrons voor de zenzijde van de radarsignalen en de klystrons voor de ontvangers, werd veel inzicht verkregen in de propagatie van de centimetergolven die met parabolische reflectoren werden uitgezonden en ontvangen en in de schakelingen geleid via golfpijpen.

LOPENDEGOLFBUIS

Tijdens deze zelfde oorlogsjaren is ook een ontwikkeling begonnen die in de naoorlogse jaren de werkelijke doorbraak van centimeter- en zelfs millimetergolven heeft mogelijk gemaakt. We doelen hier op de lopendegolfbuis (*traveling wave tube* of *TWT*) die in tegenstelling tot de daarvoor ontwikkelde versterker- en oscillatorbuizen een vlakke doorlaatkromme over een breed frequentiespectrum vertoont.

De Oostenrijkse vluchteling dr. Rudolf Kompfner werkte in de laatste jaren van de Tweede Wereldoorlog voor de Britse Admiraliteit aan de ontwikkeling van microgolfbuizen. Tijdens deze werkzaamheden ontwierp hij de lopendegolfbuis waarvan de bijzonderheden om strategische redenen pas na de oorlog werden vrijgegeven. In november 1946 verscheen, geschreven door dr. Kompfner, een artikel in *Wireless World* (volume 52, p. 369...372) met als titel „The Travelling Wave Valve”. Van 1946 tot 1949 verschenen in diverse tijdschriften diverse publikaties over de TWT, maar STC-medewerker D. C. Rogers schreef in

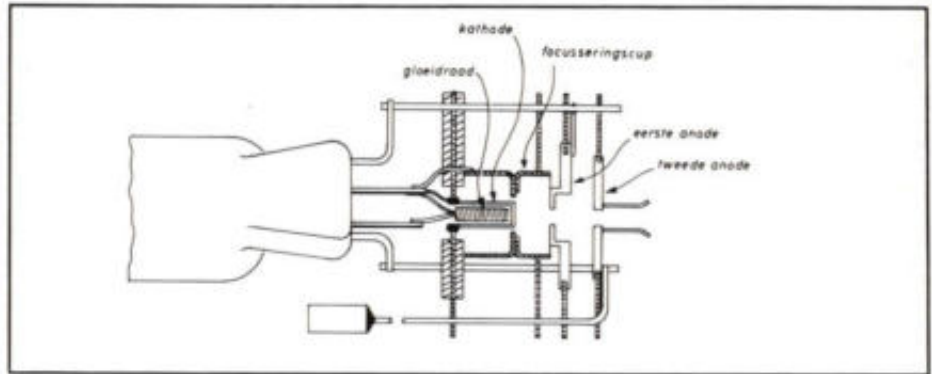


Fig. 3. Elektronenkanon van de lopendegolfbuis.

juni 1949 in *Electrical Communication* dat er over de resultaten van experimenten met de TWT weinig bekend was gemaakt. Kend was gemaakt.

Hij wijdde er een heel artikel aan om deze leemte op te vullen. Daaruit bleek dat de theorie van Kompfner weliswaar juist was, maar dat een goede, betrouwbare werking en een reproduceerbare fabricage van de lopendegolfbuis hoge eisen stelde aan de vervaardiging van de onderdelen en de assemblage van het geheel.

In principe werkt deze buis als volgt: In het elektronenkanon (fig. 3) worden elektronen door de kathode uitgezonden en door een gefocuseerde elektrode gebundeld, waarna ze de eerste en tweede anode passeren. Behalve dit elektronenkanon bestaat de buis verder uit de helix en de door een koellichaam omgeven collector (fig. 4). De eerste anode heeft een instelbare (positieve) spanning ten opzichte van de kathode waarmee door beïnvloeding van de gebundelde elektronenstroom de gewenste gelijkstroom aan de collector kan worden gekozen. De tweede anode bevindt zich op hetzelfde potentiaal als de helix, afhankelijk van het buistype enige duizenden volt positief ten opzichte van de kathode. De collectorspanning ligt daar weer enige tientallen volt boven om secundaire emissie van de collector naar de helix te voorkomen.

De smalle elektronenbundel doorloopt dus de gehele lengte van de helix met een bepaalde snelheid alvorens door de collector te worden afgevoerd. De helix is een tot een spiraal gewonden weerstanddraad met een zodanige lengte en diameter dat daarlangs gevoerde HF-energie iets langzamer de lengte van de buis doorloopt dan

de elektronenstraal in de lengte-as van de spiraal.

Door dat kleine snelheidsverschil ontstaat een interactie tussen de elektronenstraal en de toegevoerde HF-energie waardoor de elektronen in de straal in snelheid worden gevarieerd. De hieruit ontstane golfbeweging in de straal veroorzaakt een over de lengte van de helix exponentieel verlopende energie-afgifte hieraan, die aan het eind tot 70 dB kan oplopen.

Fig. 5 toont een compleet geïnstalleerde TWT met focusseerspoelen die de elektronenstraal over de gehele lengte van de buis moeten bundelen, de in- en uitgangsgolfpijpen die de HF-energie aan- en afvoeren en de geforceerde koeling die de dissipatie aan de collector afvoert.

DIRECT-ZICHTVERBINDINGEN VOOR TELECOMMUNICATIE

Het gebruik van de hiervoor genoemde golfpijpen is kenmerkend voor de zeer korte golven. Hun frequenties gaan in de richting van het optische gebied en hun gedragingen evenzeer.

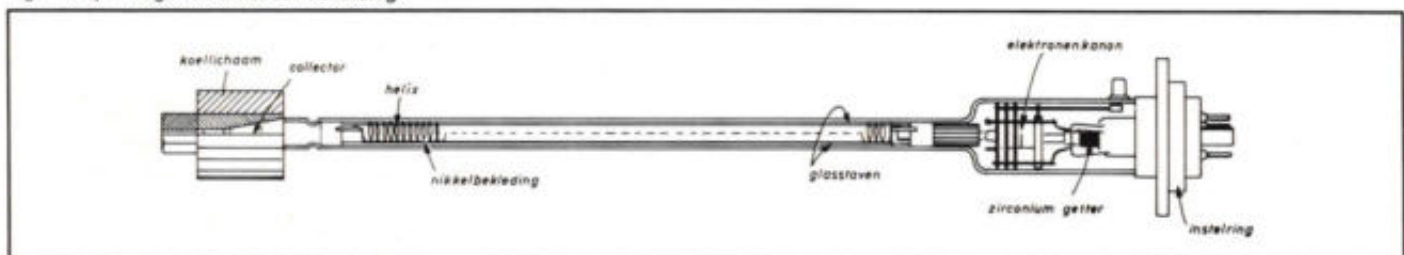
Bij de propagatie van de microgolven dient elke golfpijp nauwkeurig te worden gedimensioneerd, afgestemd op de te transporteren golflengte.

Ook bij de overdracht van zender naar ontvanger moet met de bijzondere eigenschappen van deze golven worden gerekend.

De te overbruggen afstand is niet groter dan de zichtbare, niet onderbroken door obstakels. Microgolfantennes worden daarom op torens geplaatst vanwaar men rechtstreeks zicht heeft op de volgende schakel in een verbindingketen.

De zeer korte golven bieden wel het voor-

Fig. 4 Lopendegolfbuis zonder behuizing.



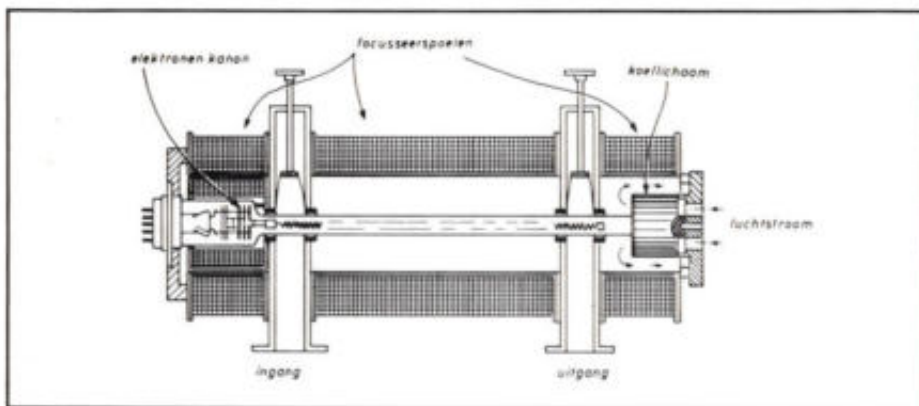
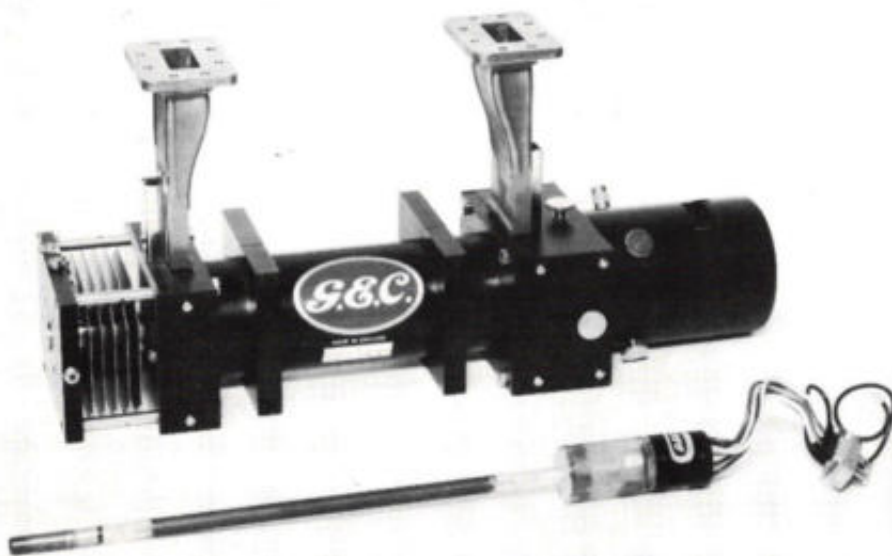


Fig. 5. Compleet gemonteerde TWT.

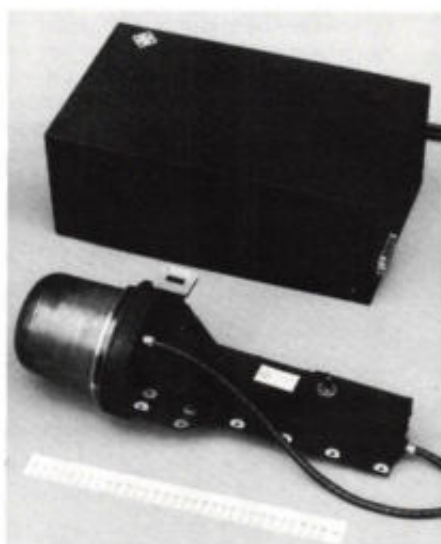


Praktische uitvoering van een lopendegolfbuis van G.E.C.

deel dat men door het toepassen van parabolische reflectoren geconcentreerde stralenbundels kan uitzenden. Het door de eindtrap van de zender afgegeven vermogen kan in de antenne meer dan 30 dB worden versterkt zodat het effectief uitgestraalde vermogen in een zeer smalle bundel een veelvoud bedraagt van het elektronisch opgewekte signaal.

Aan de ontvangzijde kan gebruik worden gemaakt van dezelfde antennevorm. Door in- en uitkoppel-elementen wordt in de praktijk zelfs van dezelfde schotel gebruik gemaakt voor zenden en ontvangen.

Lopende golfbuis type TL12260 met coaxiale ingang en golfpijp-uitgang, voor toepassing in de Westduitse satelliet TV-SAT. De buis is uitgevoerd met een zelfstralende vijftrapscollector en levert bij 12 GHz een vermogen van 260 W. Boven de buis is de voedingseenheid afgebeeld (foto AEG-Telefunken).



De belangrijkste toepassingsgebieden voor microgolven zijn:

- Radio-, televisie- en telefoonstraal-zenderverbindingen
- Radar
- Hoogfrequent-verhitting

Zowel radar als hoogfrequent-verhitting zijn technisch zeer interessante zaken. Beide staan ze echter nogal op zichzelf en dienen niet als directe verbindingsschakel tussen mensen. Ter illustratie van de grote rol die microgolven in ons leven van alledag spelen hebben we daarom gekozen voor een overzicht van het gebruik en de ontwikkelingen ervan binnen de radio-, TV- en telecommunicatienetten.

Eerder in dit artikel hebben we gesteld dat de lopendegolfbuis een grote invloed heeft gehad op de uitbreiding van het gebruik van de zeer korte golven.

In juni 1953 verscheen in het tijdschrift *Electronics* een artikel van D. C. Rogers en P. F. C. Burke waarin de 400 km lange 4 GHz-verbinding tussen Manchester en Edinburgh in het Verenigd Koninkrijk wordt beschreven. In deze keten van zeven relaisstations werd voor het eerst in een civiele verbinding gebruik gemaakt van de TWT. De toegepaste buis was de CV 2188 die bij *Standard Telephones & Cables* was ontwikkeld uit de principes van Kompfner.

Bij 3000 volt spanning en een stroom van 16 mA gaf deze buis een vermogen af van 1,5 Watt aan de antenne.

NEDERLANDSE PTT EN MICROGOLVEN

In Nederland is, naast de militaire toepassingen, de PTT de belangrijkste gebruiker van centimeter- en millimetergolven.

In het verleden heeft het Dr. Neherlaboratorium van de PTT deelgenomen aan fundamenteel onderzoek in ronde golfgeleiders maar op den duur bleek deze ontwikkeling niet tot het verwachte doel te leiden zodat het programma werd afgesloten zonder bruikbare toepassingen op te leveren. De winst uit zo'n onderzoek is natuurlijk wel de diepgaande kennis van de gedragingen van zeer korte golven die ermee wordt verkregen. Meer in samenwerking met de industrie worden apparatuur en onderdelen ontwikkeld voor die toepassingen waar de industrie de door de PTT geëiste specificaties niet kan leveren of slechts tegen zodanige prijzen dat PTT er de voorkeur aan geeft dit werk in eigen beheer uit te voeren. Deze laboratoriumontwikkelingen bij PTT zijn deels gericht op verbeteringen aan antennes en golfgeleiderschakelingen, waar vooral de problemen rond de horizontale en verticale polarisatie van de golven en de daarvoor benodigde antennebelichters (het eind van de golfpijp die het signaal in het hart van de antenneschotel straalt) veel aandacht krijgen.

Andere ontwikkelingen zijn nodig om meet- en testapparatuur met de vereiste nauw-

keurigheid te verkrijgen. Ook het op elkaar richten van de schotels in een satellietverbinding (*trac'ing*) vraagt om speciale schakelingen waarbij de vanuit de industrie verkrijgbare systemen dikwijls door PTT worden aangepast en/of verbeterd om te voldoen aan de gestelde eisen.

Een ander onderwerp dat de volle aandacht van het PTT-laboratorium heeft is het handhaven van de kwaliteit van bestaande verbindingen. Een straalverbinding behoort tot onder extreme weersomstandigheden gedurende 99,9% van de tijd operationeel te blijven.

Bij storing door bijzondere weersomstandigheden moet dan niet worden gedacht aan zoiets als stormschade, want daartegen zijn maatregelen te nemen. Meer last wordt ondervonden van straalafbuiging door luchtlagen en regendruppels. Bij regen wordt de mate van verstrooiing bepaald door een samenhang tussen de druppeldiameter en de golflengte. Vandaar dat het Dr. Neher-laboratorium uitgebreide statistieken bijhoudt van optredende regenbuien, de dichtheid ervan en de bijbehorende demping.

Aangezien storende regenbuien vaak plaatselijk optreden en niet te lang van duur zijn, is het in bepaalde gevallen mogelijk de verbindingen tijdelijk via een niet gestoorde omweg te laten lopen. Een afstand van 10 km tussen de beide routes lost het probleem meestal op.

De omschakeling van analoge naar digitale signalen staat ook bij de microgolfverbindingen van PTT nog aan het begin. Tussen Nederhorst den Berg, Huizen en Hilversum loopt in een samenwerking tussen Philips Telecommunicatie Industrie en PTT een proef met een digitale verbinding op 18 GHz en een overdrachtsnelheid van 140 Mbit/s. Ook een van de telefoonkanalen tussen Den Haag en Alphen a/d Rijn is nu omgebouwd voor digitale overdracht. Dat deze omschakeling in een langzaam tempo verloopt is te wijten aan het nog niet beschikbaar zijn van digitale telefoonsystemen. Voor de microgolfkanalen zelf heeft digitale overdracht eigenlijk alleen maar voordelen. Bij analoge overdracht is de niet-lineaire karakteristiek van de TWT een bezwaar, terwijl bij het frequentie-multiplexen verscheidene draaggolffrequenties moeten worden gebruikt om voldoende kanalen te kunnen stapelen. In deze draaggolven gaat veel niet bruikbare energie verloren, hetgeen bijvoorbeeld bij van zonne-energie afhankelijke actieve communicatiesatellieten een probleem kan opleveren. Tijdmultiplexen van digitale signalen kent dit bezwaar niet en ook het niet-lineaire gedrag van de TWT is niet hinderlijk in digitale transmissie.

Naast de ontwikkelings- en inspectiewerkzaamheden van het DNL beheert de afdeling Radiotechnische Zaken van PTT alle binnenlandse en grensoverschrijdende straalzenderverbindingen ten dienste van:

- Het openbaar telefoonnet

- Besloten netten
- Bijzondere verbindingen

Om de microgolfverbindingen van het openbare telefoonnet te kunnen begrijpen is een korte uitleg van de opzet van dit telefoonnet wellicht nuttig.

In zijn oorspronkelijke opzet bestond het Nederlandse automatische telefoonnet uit een aantal districten die als hart een districtscentrale (DC) hebben. Daaromheen bevinden zich knooppuntcentrales (KC's) die elk weer door een aantal eindcentrales (EC's) zijn omgeven.

In elk afzonderlijk district bestond een stervormig net van DC naar KC's en elke KC had weer een stervormig net naar zijn eigen EC's.

De districten waren alle via een mazenvormig net met elkaar verbonden met daarnaast een stervormig overloopnet via de overloopcentrales in Amsterdam en Rotterdam. Door de invoering van de verkorte netnummers is de oude opzet verlaten.

Steden als Delft (015), Zoetermeer (079), Dordrecht (078), enzovoort zijn technisch hun vroegere status van KC kwijtgeraakt en zijn nu als schijnbaar zelfstandige DC in het mazenvormig net tussen de andere DC's opgenomen.

Van al deze interdistrictsverbindingen wordt 30% via kabels en 70% via straalverbindingen afgewikkeld. Verkeer binnen de districten wordt uitsluitend via kabels verwerkt.

Tussen drie DC's is steeds één aansluittoeren opgesteld (aansluitnet) en deze richten hun straalzenders op de centrale verdeeltoeren in Alphen a/d Rijn en Lopik (koppelnet). Het totale verkeer kan zowel via Alphen als Lopik worden afgewikkeld zodat het systeem redundant is.

Dit interdistrictsnet maakt gebruik van de volgende frequenties:

Soort net	Frequenties	Capaciteit
Aansluitnet	7,5...8 GHz	6 × 900 kanalen
Koppelnet	6,2 GHz	1800 kanalen
Koppelnet	6,7 GHz	2700 kanalen
Koppelnet	11 GHz	1800 kanalen

Naast dit telefoonnet beheert PTT ook het besloten net voor de omroep, bestaande uit een systeem dat vanuit Lopik de steunzenders voor de twee televisieprogramma's en de drie FM-programma's in de diverse buitengewesten voedt.

Voor reportages zijn er twee extra verbindingen en bovendien zijn er twee Eurovisie-verbindingen (vice versa) waarvan de ene is gericht op Schoten in België en de andere op Keulen. Voor deze verbindingen wordt het gebied tussen 3,8 en 4,2 GHz gebruikt in 6 kanaalparen met een onderlinge afstand van 29 MHz. Extra kanaalscheiding wordt verkregen door de kanalen om en om horizontaal en verticaal te polariseren.

Omroepsatellieten, overdracht van radar-signalen van de ene rivieroever naar de an-

dere, verbindingen met boorplatforms en dergelijke vallen alle onder de PTT-paraplui. Daarbij zal gebruik worden gemaakt van frequenties tot 40 GHz (golflengte 7,5 mm).

Microgolven zijn voor de doorsnee burger meestal een onbekend gebied stelden we aan het begin van dit artikel. Zonder deze universeel bruikbare, supersnelle trillingen zou onze maatschappij op dit moment volkomen worden ontwricht en het eind van hun opmars is voorlopig nog niet in zicht.

Met dank aan:

D. C. Rogers, Standard Telephones and Cables, Paignton, UK,

Ing. A. S. v.d. Bosch, PTT afd. Radiotechnische Zaken,

Ing. A. de Jong, PTT Dr. Neherlaboratorium.



Productie op klantspecificatie van:

1. Half- en eindprodukten (prints, draadbomen etc.)
2. enkelstuks en serie werk (1-500 stuks)
3. proefmodellen met zeer korte levertijd.

Tevens modificatie van standaardhandelsapparatuur

Onze specialisatie en moderne apparatuur garanderen u:

**Kwaliteit en
Kontinuiteit in elke
Kwantiteit**

**Zomerland 28
4761 TC Zevenbergen
Tel. 01680-24400
Telex 41605 TEKOM NL-APR**

cito^{BENELUX}

produkten, systemen en adviezen voor elektrotechniek/elektronika

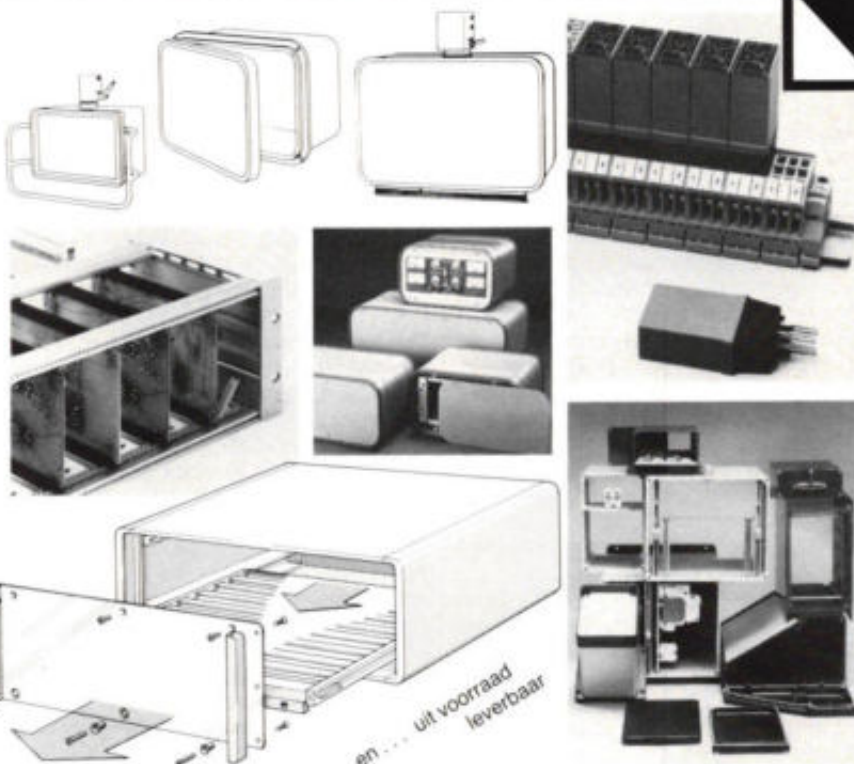
Een pasklaar antwoord

Het leveringsprogramma van Cito Benelux biedt de elektronika-vakman ten behoeve van printkaarten: aansluitklemmen, contactblokken, 19 inch rekken en elektronika-behuizingen van klein tot groot in diverse uitvoeringen.

Kenmerk: kwaliteit gepaard aan economische- en efficiënte toepassingsmogelijkheden.

Dus dat wat uw praktijk eist.

Méér weten?! Vraag om de 'elektronika' informatie.



cito^{BENELUX}

6900 AE ZEVENAAR
Postbus 246
Tel. 08360 - 24555
Telex 45974

CAD-PCB ENGINEERINGCENTRUM MIDDEN NEDERLAND



ACTIVITEITEN:

- PRODUCTIERIJP MAKEN van uw ELEKTRONICA ONTWERP d.m.v. onze CAD-GROEP t.b.v. BI-of MULTILAYERS. (levering van fotoPlots 1:1, boorband, productiegegevens, proefprints e.d.)
- EIGEN PCB-FABRIKAGE van uw CAD-PROEFPRINT en SERIES.
- PCB-ASSEMBLAGE en TOELEVERING van het COMPLETE COMPONENTEN-PAKKET.

ALLES ONDER EEN DAK TE VINDEN BETEKENT VOOR U EEN GROOT VOORDEEL.

U KUNT DAARMEE HOGE OGEN GOOIEN.

BELANGRIJK VOOR U EN UW PRODUCTIE?

WIJ DENKEN VAN WEL! ONZE UITGEBREIDE
BEDRIJFSBROCHURE LIGT VOOR U GEREED.

- PROFESSIONELE AANPAK
- REELE CALCULATIE
- BETROUWBARE LEVERTIJDEN
- FLEXIBILITEIT
- KONSTANT HOGE KWALITEIT
- GOEDE COMMUNICATIE

EL.CONTRONIK BV
SPECIALE ELEKTRONISCHE PRODUCTEN

Bilthoven Tel. 030-791504 (3 lijnen) Postbus 351 3720 AJ Bilthoven. Telex 40595

Microgolven in industrie en wetenschap

Gezien het grote belang van het fenomeen „microgolven” voor veel aspecten van de moderne samenleving, kan men de daaraan gerelateerde technologie als een basis-technologie beschouwen. In die zin, dat een natie van enige omvang zich op vitale deelgebieden daarvan geen te grote afhankelijkheid van het buitenland kan veroorloven. Al was het alleen maar om in projecten die in internationale samenwerking tot stand komen een rol van betekenis te kunnen spelen.

Onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek en natuurlijk ook industriële activiteiten, gebaseerd op eigen onderzoek en ontwikkeling, zijn hiertoe belangrijke voorwaarden. In dit artikel wordt een stuk van de Nederlandse microgolfsituatie geïllustreerd.

Microgolfcomponenten en ruimtevaart zijn een paar sleutelwoorden.

Geïntegreerde microgolfschakelingen

Een kijkje achter de schermen bij Hollandse Signaal Apparaten, Hengelo

Een van de ondernemingen in ons land die zich intensief met microgolven bezighoudt is Hollandse Signaal Apparaten (HSA), onderdeel van de Philips organisatie. De activiteiten kunnen in drie groepen worden verdeeld:

- *defensiesector*: o.m. vuurleidingsapparatuur, de „oorsprong” van het bedrijf;
- *civiele sector*: o.m. radarapparatuur voor de scheep- en luchtvaart;
- *ruimtevaart*: participatie in wetenschappelijke en commerciële projecten.

Eén van de interessante ontwikkelingen op het gebied van de microgolftechnieken zijn de geïntegreerde microgolfschakelingen, nogal esoterische stukjes hardware waarover dr. H. Hoogstraate (hoofd van de afdeling *Solid State en Integrated Microwave Systems*) gedetailleerde informatie verschaftte.

HISTORISCHE ACHTERGROND

Door de trend naar steeds hogere frequenties zijn *Microwave Integrated Circuits* (MIC's) eenvoudig een noodzaak geworden. Toen de halfgeleiders het microgolfgebied gingen penetreren – inmiddels zijn transistoren ontwikkeld voor frequenties boven 20 GHz – werd het al snel onmogelijk met conventionele golfpijpen te werken. De gebruikelijke „draadjes en pootjes” om de chips van circa 1 mm² in een golfpijp onder te brengen, zijn in dit frequentiegebied

volledig uit den boze omdat ze als enorme zelfinducties zouden werken.

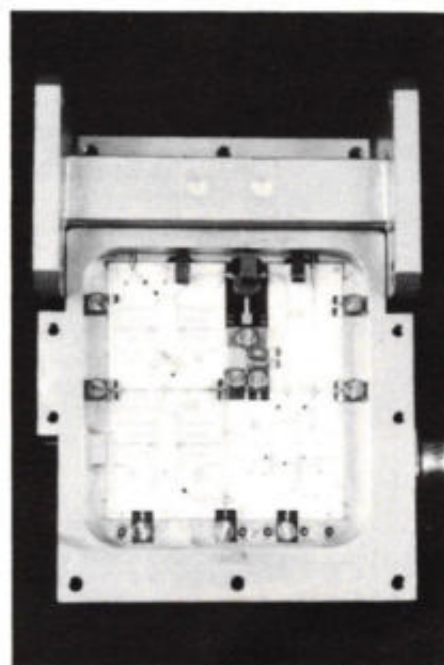
In plaats van de golfpijp zou men bij voorkeur over willen gaan naar een plat vlak, zoals bij een print. Dit leidt dan tot de striplijn, op zichzelf al een vrij oude techniek die kort na de Tweede Wereldoorlog werd beschreven. De combinatie van halfgeleider(s) en striplijn in geperfectioneerde vorm (microstrip) leidt dan tot het MIC, een geïntegreerde schakeling die drie functies tegelijk vervult:

- mechanische drager voor de schakeling,
- medium van de transmissielijn,
- actieve en passieve elementen.

In de jaren zeventig verschenen de eerste commercieel toepasbare eenheden op de markt. Bij het woord „toepasbaar” zet dr. Hoogstraate overigens wel een aantal vraagtekens.

EIGEN ONTWIKKELING

„De eenheden die wij aanschaffen voldeden nauwelijks: veel ging stuk en vaak zaten de schakelingen al aan de ondergrens van de specificaties wanneer we ze ontvingen. Vooral de eigenschappen bij thermische cycling waren onbevredigend – een teken van slechte technologie. Er deed zich de situatie voor dat onze (zeer kostbare) systemen in de productie werden gehinderd door componenten die absoluut gezien wel kostbaar zijn, maar niet in relatie tot de systeemkosten. Daarom werd de beslissing genomen om in het laboratorium



Afb. 1. Microwave integrated circuit in vergulde behuizing.

te onderzoeken wat de mogelijkheden voor eigen productie waren.”

Dat onderzoek begon tegen het eind van de jaren zeventig, en het bleek direct dat MIC's zeker geen „broodjes van de plank” zouden zijn. De eerste reden is misschien wel dat „voor echt microgolfwerk een heel eigen denkwijze nodig is”, om dr. Hoogstraate te citeren, en literatuur die zou kunnen helpen was ook dun gezaaid. In het Philips NatLab was onderzoek verricht, binnen het bedrijf kon van ervaring op het gebied van dunnefilm-technologie worden geprofiteerd, maar noch de technische kennis noch de technologische „know-how” waren voldoende om vlot MIC's in productie te kunnen nemen. Zelfs de mathematische modellen en theoretische beschrijvingen moesten voor een groot deel worden ontwikkeld.

EERSTE PRODUKT

Voor het eerste produkt werd gemikt op een „retrofit”. In een groot aantal X-band-radars werd een inmiddels verouderde en moeilijk verkrijgbare tunneldiode-versterker gebruikt, die voor vervanging in aanmerking kwam. Voor de retrofit moest dus een „doosje” worden ontwikkeld dat zonder meer als vervanging kon dienen. De gevraagde eigenschappen: 20 dB versterking in de X-band (8,5...9,5 GHz) met een ruisgetal van 5,5 dB. Een bijzonderheid was, dat de tunneldiode-versterker bij uitschakelen een verzwakking veroorzaakte – een specifieke eigenschap die echter niet inherent was aan de nieuw ontworpen MIC-versterker en dus extra moest worden ingebouwd.

De ontwikkeling van wiskundig model tot produktmodel had nogal wat voeten in de aarde, maar wat er uiteindelijk uit de bus kwam zag eruit als op afb. 1: een IC van on-

Xicor wrote the music. You conduct the program.

Take note. Xicor has the 5V-only E²PROMs you need — in a bit organization that's right for your design. They're as easy to use as static RAMs. And they're ready for delivery *now*.

As the originator of 5V programmable NOVRAM Memories, Xicor knew exactly how to create this E²PROM masterpiece in two brilliant parts — X2804A and X2816A!

How did Xicor orchestrate such a dazzling encore?

To begin with, by using the same reliable technology that has made NOVRAM Memories synonymous with reliability. By totally eliminating the need for external hardware support. And by ensuring conformity to JEDEC standard pinouts.

The result? Just drop Xicor E²PROMs into standard static RAM sockets, and they perform all

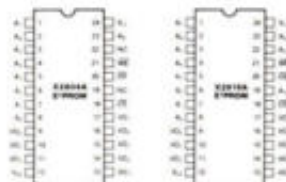
functions, including programming, using 5 volts only. So you can alter data in-system by keyboard. Or by downloading with your main-frame computer.

Xicor E²PROMs even have an optional programming mode that's compatible with existing high-voltage E²PROMs, so you can use them in the products you've already designed. And Xicor E²PROMs are priced competitively as well.

Why wait? Cut component, assembly, and design costs now... save board space... increase product reliability, too. It's easy with the 5V-only E²PROMs from Xicor. Call or write today for more information. It will be music to your ears.

PART NO	5V ONLY	ELIMINATES EXTERNAL HARDWARE	INPUT ADDRESS AND DATA LATCHES	INTERNAL TIMING OF WRITE CYCLE	AUTOMATIC PHASE	RAM COMPATIBLE	MAXIMUM WRITE TIME
XICOR X2804A	YES	YES	YES	YES	YES	YES	10 ms
XICOR X2816A	YES	YES	YES	YES	YES	YES	10 ms
2817	NO	NO	YES	YES	YES	NO	75 ms
5213	YES	NO	NO	NO	NO	NO	20 ms
2816	NO	NO	NO	NO	NO	NO	20 ms

COMPARE FOR YOURSELF: the Xicor E²PROMs clearly outperform the others.



Xicor



* Exclusief vertegenwoordiger voor Nederland:

* Uitgebreide documentatie is op aanvraag beschikbaar.



Alcom electronics bv

Hollandsch Diep 57 - 2904 EP Capelle a.d. IJssel
Telefoon: 010 - 51 95 33 Telex: 26160

geveer 5 bij 8 cm in een verguld bakje dat de tunneldiode versterker verving.

Momenteel bedraagt de produktie van deze versterker ergens tussen de 100 en 150 stuks per jaar — totaal onvergelijkbaar met de consumenten-elektronica, maar voor dit soort speciale componenten een vrij aardige „run”. Met nadruk gezegd: dit is voor eigen gebruik door HSA. De grap is namelijk dat alle concurrenten met dezelfde problemen zitten — ook de verkrijgbaarheid van GaAs-FET's voor dit soort apparatuur is verre van goed en de toch al moeizame produktie kan daardoor in de knel komen. Zelfbouw van deze kritische componenten kan dus zeer lonend zijn ook al lijkt de produktie eerder op diamantslijpen dan op de gebruikelijke chip-fabricage.

VERDERE TOEPASSINGEN

De geslaagde ontwikkeling van deze retrofit bewees dat het mogelijk was een oplossing te vinden voor een speciale toepassing, en wel van een onderdeel dat op de markt uitermate moeilijk verkrijgbaar was.

Daarna werden componenten specifiek voor een aantal systemen ontwikkeld. Het bleek inderdaad mogelijk hele stukken van systemen die aanvankelijk met golfpijpen werden gemaakt in MIC's te „vertalen” en bovendien te verbeteren.

Een voorbeeld is een compleet subsysteem voor een *tracking receiver*, dat bestaat uit drie ontvangkanalen. Elk kanaal bestaat uit een begrenzer, een isolatietrap, een versterkertrap, nogmaals een isolatietrap, een mengtrap en een verdeler resp. versterker voor het lokale-oscillatorsignaal.

Hoewel de MIC's oorspronkelijk voor defensiesystemen werden ontwikkeld is er een directe spin-off geweest naar de civiele sector, waar ze nu in luchtverkeersleidings-apparatuur zijn te vinden als versterkers, limiters en dergelijke. We spreken overigens in eerste instantie over ontvangers. In zendgedeelten van radarapparatuur kunnen de hoge spanningsverschillen tot doorslag in het MIC leiden. Er is een uitzondering: bij toepassingen in *phased arrays* wordt het hoge vermogen verdeeld over een groot aantal eenheden. Het vermogen per eenheid wordt dan zo laag dat toch weer aan MIC's kan worden gedacht. Applicaties zijn natuurlijk in het hele microgolfgebied te vinden: apparatuur voor de 8mm-band en de 20...30 GHz-band waarvan de mogelijkheden momenteel worden onderzocht.

Bereikte resultaten van dit moment zijn ruisgetallen van minder dan 2 dB in de S-band (3...3,5 GHz) en rond de 1 dB bij 1 GHz. De versterking per FET is in de X-band circa 10 dB. Er zijn prototypen in ontwikkeling onder meer voor satellietontvangers en zoekradars.

PRODUKTIE-TECHNIEKEN

Een van de interessantste (en lastigste) aspecten van MIC's is de confrontatie met

de fysica van het microgolfgebied bij de produktie.

Het diëlektricum van een meerlaags of tweelaags schakeling is niet meer geschikt voor deze hoge frequenties. Een hoge diëlektrische constante is nodig om straling te beperken, en overdien moet de verlieshoek klein zijn. Daarnaast moet men in de gaten houden dat de geïntegreerde schakeling gedefinieerde transmissielijnen met bepaalde karakteristieke impedanties moet bevatten. De gebruikelijke diëlektrica en dikten vereisen dan een nauwkeurigheid in dimensionering die alleen is te realiseren met dunnefilm-technieken.

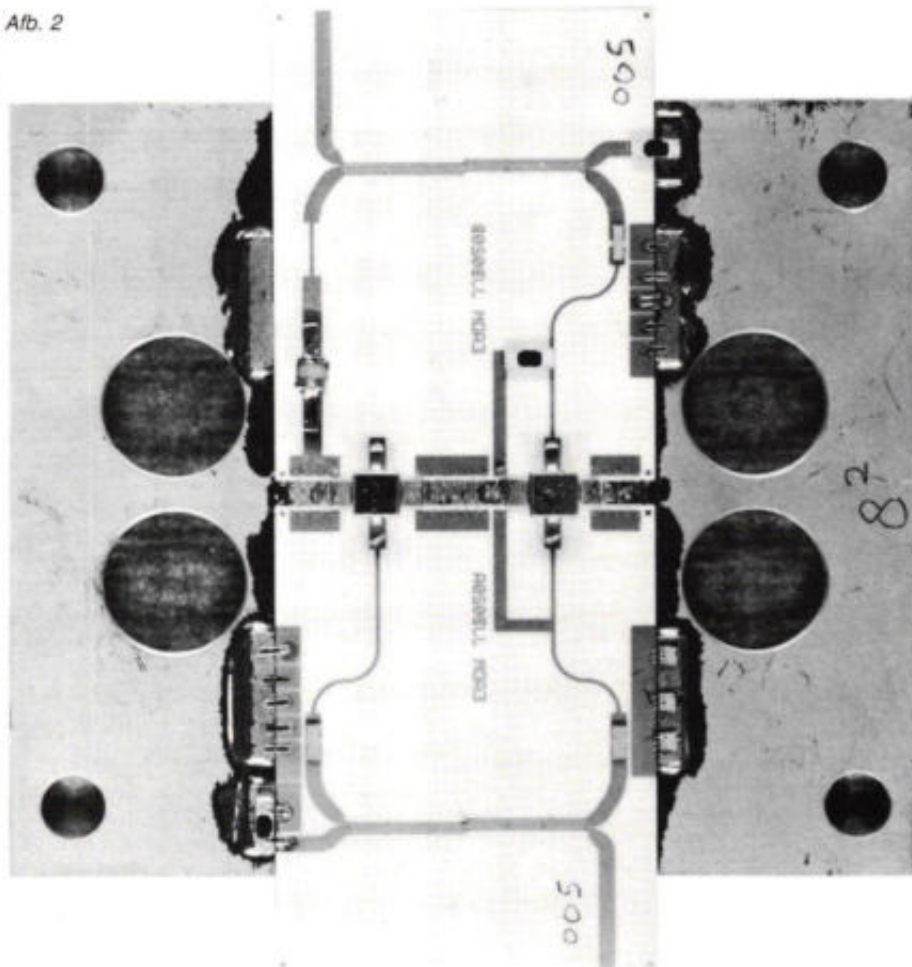
Eén fundamenteel probleem is dat de substraatdikte klein moet zijn ten opzichte van de golflengte in het substraat. Het gebruikelijke substraat (aluminiumoxyde op een Fernico drager) heeft een diëlektrische constante van 10, zodat de golflengte in het substraat wel erg „micro” wordt. Met een substraatdikte van 0,5 mm is het mogelijk tot circa 10 GHz te komen, met een substraat van 0,25 mm is nog te werken en wordt circa 20 GHz bereikbaar. Daarboven is dit soort keramisch materiaal niet meer bruikbaar wegens straling e.d. Kwarts heeft een kleinere diëlektrische constante en tevens een kleine verlieshoek, zodat het bereik naar circa 40 GHz wordt opgeschoven. Daarboven laat de propagatie via microstrip het afweten en gaat men over op een andere techniek: de *fin-line* o *slot-line*.

Het fin-line-materiaal voor MIC's bestaat uit met glasvezel versterkt Teflon waarop koperen slot-lines zijn aangebracht. Dergelijk materiaal wordt geproduceerd in dikten van bijvoorbeeld 150 μ m, ruim voldoende voor een bereik van 40 GHz en daarboven. De huisvesting van chips op dit materiaal levert problemen op, *beam-leads* gaan wel.

VOETANGELS EN KLEMMEN

In het HSA-laboratorium zijn schakelingen voor extreem hoge frequenties ontwikkeld, onder meer mengers tot circa 90 GHz. Dit terrein — dat al aardig bij het infrarood in de buurt komt en wordt genoemd voor communicatie over korte afstand met zeer nauwe bundels — ligt echter bezaaid met voetangels en klemmen voor de „knutselaar”, zodat de resultaten van de research nog alerminst bruikbaar zijn voor de produktie. Eén voorbeeld is natuurlijk het voortdurende gevecht tegen allerlei parasitaire zelfinducties die op de loer liggen. Afb. 2 toont een close-up van een versterkertrap die werd ontwikkeld volgens ruimtevaartspecificaties. De breedte van het witte substraat is in werkelijkheid 15 mm. Zoals is te zien bevinden de transistoren zich op een metalen richel die doorverbonden is met het metalen grondvlak. Dit biedt niet alleen het voordeel van goede warmte-afvoer, het is ook een garantie voor een echte geaarde emitter of source. Zou men bijvoorbeeld

Afb. 2

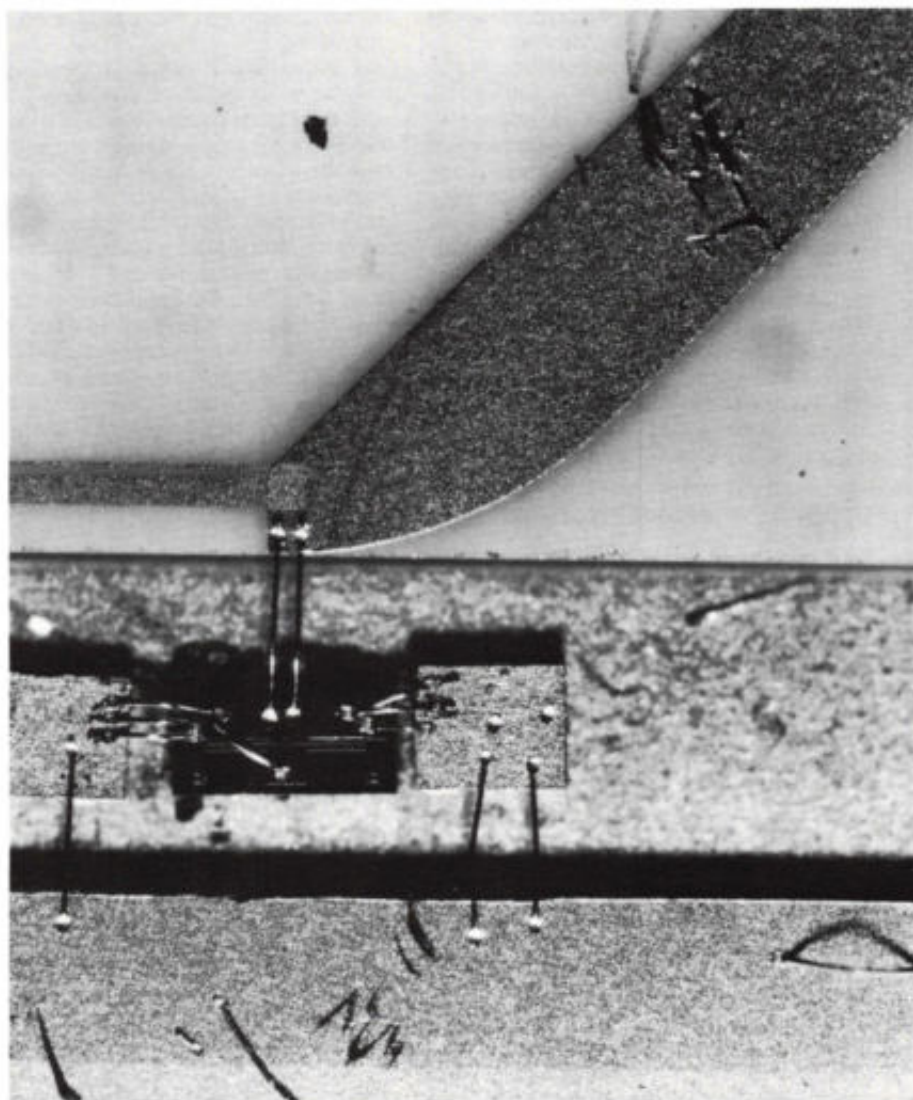


een doorgemetalliseerd gat van een halve mm lengte voor de aardverbinding maken dan betekent dat een grote zelfinductie in de emitter of source – dus een stroomtegenkoppeling die van de versterking weinig overlaat.

Een tweede kritisch punt bij de fabricage is de vereiste tolerantie. Wanneer aluminiumoxyde als substraat wordt toegepast, blijkt voor de veel gebruikte karakteristieke impedantie van 50Ω de lijnbreedte ongeveer even groot te worden als de dikte van het substraat. Dat vereist een zekere lijn-definitie en de nauwkeurigste componenten op 25 mil. substraten (0,6 mm) mogen een breedtetolerantie hebben van $\pm 2,5 \mu\text{m}$. Op een dunner substraat wordt dat evenredig kleiner; dit vereist echter een overgang naar elektronenstraal-technieken (en dus totaal nieuwe investeringen) omdat de maximaal bereikbare tolerantie in de fotolithografie met zichtbaar licht rond de $1 \mu\text{m}$ ligt.

Afb. 3 toont een sterk vergroot detail van een geïntegreerde microgolfschakeling, als illustratie van het belang van een goede tolerantiebeheersing. Microwave Integrated Circuits: boeiend spul dat een eigen denkwijze vereist en waarvoor de meet- en testapparatuur zelf moet worden ontwikkeld. Een terrein ook, waarin vrijwel alle deskundigen over de hele wereld elkaar bij naam kennen!

Afb. 3. Sterk vergroot detail van een MIC. De aansluitdraden hebben een diameter van $25 \mu\text{m}$.



Ruimtevaart – Eldorado voor de microgolftechniek

Gouden bergen voor de Nederlandse industrie?

Als wij tien minuten gaan filosoferen over dingen die je met microgolven in de ruimtevaart zou kunnen doen, komen er voldoende ideeën uit de bus om tot ver in het volgende decennium te blijven sleutelen. Wegens de propagatieverschijnselen voelen microgolven zich haast per definitie het beste in de ruimte thuis en wat je dan kunt doen grenst aan het onbegrensde. De vraag is ook niet of er iets mee te verdienen valt – een aantal toepassingen is commercieel zo interessant dat kandidaten zich staan te verdringen.

Wel is de vraag of onze nationale industrie gouden bergen kan verwachten, en daarvoor moeten we het terrein iets verruimen: microgolftechnieken en computers vormen een zodanige eenheid dat „knowhow” op beide terreinen noodzakelijk is. Dat die

knowhow in Nederland aanwezig is heeft nauwelijks bevestiging nodig, maar hoe liggen de kansen om aan die kennis brood over te houden?

Ruimtevaart – microgolftechniek – computers ... vanzelf komen we opnieuw bij Hollandse Signaal Apparaten terecht en wel bij ir. P. van Otterloo, coördinator Ruimtevaart. Het volgende artikel is gebaseerd op door hem verstrekte gegevens – de conclusies zijn voor onze verantwoording.

TERREINSCHETS

Twee belangrijke gegevens bepalen de vooruitzichten voor de ruimtevaartactiviteiten van een Nederlandse industrie. Het eerste is de ontwikkeling van een Europe-

se dragerraket. Na een zeer teleurstellend begin lijkt het erop, zeker na de succesvolle lancering van de EC1-satelliet op 16 juni jl., dat de Ariane een betrouwbaar voertuig gaat worden. Sterker zelfs: in de VS gaan wat paniekerige stemmen op die in de Ariane een geduchte concurrent van de Shuttle zien. Zo wordt er op gewezen dat drie Amerikaanse ondernemingen – GTE Satellite Corp., Western Union en Southern Pacific Communication Inc. – hebben besloten satellieten per Ariane te lanceren in plaats van met de Shuttle.

Het tweede gegeven ziet er minder hoopvol uit, en wel de wijze waarop Europese ruimtevaartprojecten tot stand komen. Er is altijd een hoofdaannemer (voor de L-SAT, de eerste TV-omroepsatelliet van Europa waarvan de lancering voor juni '86 is gepland, is dat British Aerospace) en een aantal onderaannemers. Er bestaat nu sterk de indruk dat er „naar onderen wordt afgeschermd” – de informatiestroom naar de onderaannemers is maar een klein slootje. Dat is geheel in tegenstelling met wat wij hier in Nederland gewend zijn te doen, zoals onlangs weer is gebleken bij de samenwerking in het IRAS-project. Bo-

vendien is voor goede systeemintegratie overleg nodig tussen de onderaannemers. En dat kunnen elkaars grootste concurrenten zijn.

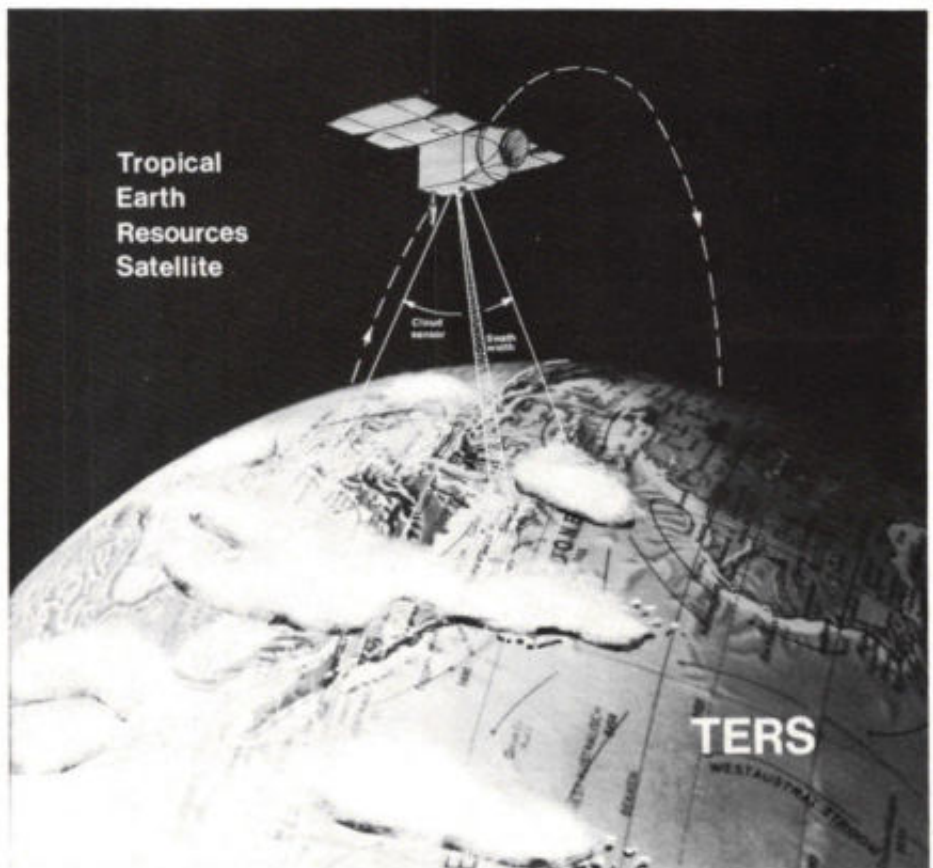
WETENSCHAPPELIJKE SATELLIETEN

Technisch gezien het boeiendst zijn de wetenschappelijke satellieten. Vaak moet er iets worden gemeten of gedaan dat nog volkomen nieuw is. Maar de kans op herhalingsorders is nul en commercieel gezien is dit het minst aantrekkelijk van alle ruimtevaartactiviteiten.

Een navrant voorbeeld op computergebied: in de *Space Telescope*, met name de „Faint Object Camera”, zit een computer. Niet verrassend is, gezien ANS en IRAS, dat die uit Hengelo komt. Maar het stuk knowhow waardoor die boordcomputers juist zo bijzonder zijn ZIT ER DEZE KEER NIET IN. Herprogrammeerbaar maken door bijvoorbeeld meetprogramma's in RAM te zetten durfde ESA niet aan ... de zaak staat gewoon in ROM en voor de fijnproevers is de lol er daarom grotendeels vanaf.

Van Otterloo's commentaar: „Kun je zien hoe geavanceerd we waren toen we het met ANS al deden ... en hoeveel profijt we van onze kennis hebben gehad.”

Een stukje wetenschappelijk onderzoek zit in de L-SAT. Omdat de satellietcommunicatieband van 12...14 GHz al aardig vol loopt bevat de L-SAT experimenten op 20...30 GHz. Er zit een aantal bakenzenders in en de verzwakking van het signaal op de grond zal worden bepaald. Tropische regenbuien schijnen 20 tot 30 dB verzwakking te kunnen opleveren. Een zeer



interessante mogelijkheid is de zogenaamde „limb scanning”: uit de absorptie in de atmosfeer van microgolven van extreem hoge frequentie (200...300 GHz) kunnen ten behoeve van milieubeheersing conclusies worden getrokken over de aanwezig-

heid van allerlei gassen. Op de commerciële aspecten komen we nog terug.

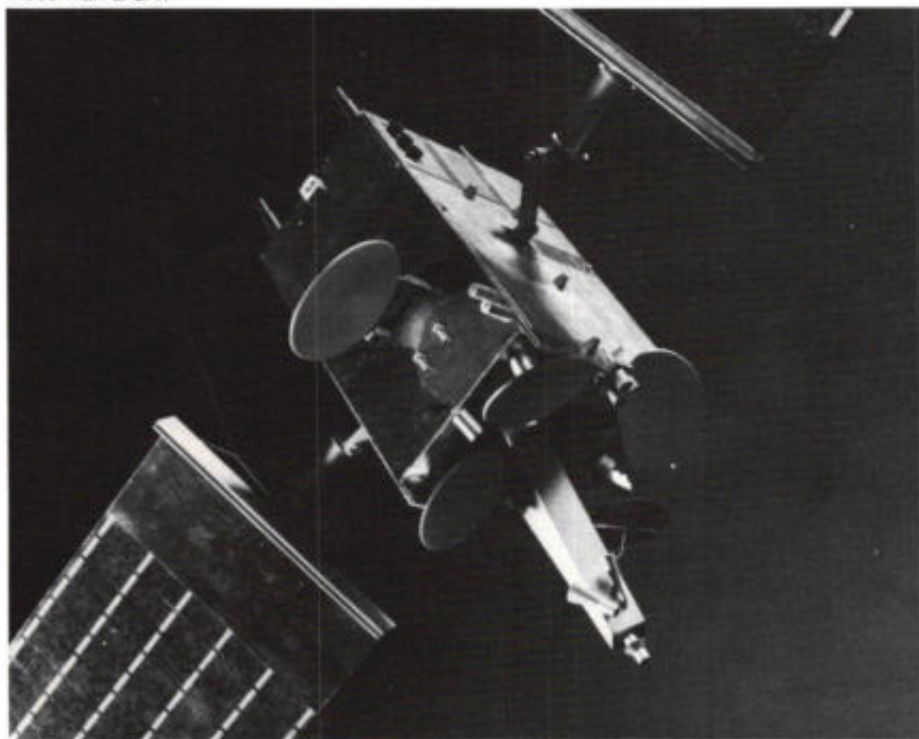
Eén project lijkt mogelijkheden te bieden, zij het minder op het gebied van microgolftoestellen. ESA plant het *Infrared Space Observatory* als opvolgers van IRAS. Objecten uit de IRAS-catalogus zouden dan met hogere spatiale resolutie kunnen worden onderzocht (zoals bekend is de datastroom die IRAS uitzendt dermate groot dat de wetenschappers hun handen meer dan vol hebben). Voor dat project zal een combinatie van Nederlandse industrieën wel eens een gooi kunnen doen naar een flink brok van de satelliet en niet meer naar een versnipperd stukje zoals in ESA-verband gebruikelijk is. Verwachte winst? Quitte spelen!

NAVIGATIESATELLIETEN

Potentieel is dit een zeer veelbelovend terrein. Het Amerikaanse NAVSTAR-systeem is weliswaar nog niet volledig maar zal dat hoogstwaarschijnlijk wel worden. Hier liggen de kaarten voor de Nederlandse industrie ook wel gunstig, omdat een van de toeleveranciers van de ontvangers (op de grond dus), Magnavox, deel uitmaakt van de Philips-organisatie. Moeten er dus ontvangers in Europa worden geleverd, dan zou dat logisch HSA zijn, mede wegens de militaire toepassingen van NAVSTAR.

Het moeilijke is, dat NAVSTAR geen echt operationeel systeem is te noemen, wat

Model van L-SAT





impliceert dat van de ene dag op de andere het besluit kan worden genomen dat het systeem niet langer meer kan worden gebruikt.

Voor de niet al te verre toekomst is voorstelbaar dat een tot op 5 meter nauwkeurig navigatiesysteem particulier beschikbaar komt, bijvoorbeeld voor in de auto. Voorwaarde is wel dat dit nauwkeurige stuk navigatie dan niet langer is „versleuteld“, zoals voor militaire toepassing uiteraard wel noodzakelijk is.

ESA heeft een plan geopperd voor een Europees systeem, NAVSAT. Of dat van de grond komt is overigens nog de vraag.

REMOTE SENSING

De categorie „Earth Resources“ is ook weer een van die gouden bergen die bij nader inzien eerder op de kleren van de keizer lijken. Kenmerkend is dat in Amerika de exploitanten van de weersatellieten (NOAA) en van de LANDSAT (NASA) alle mogelijke moeite doen om van de exploitatie af te komen, maar geen klant kunnen vinden die de zaak wil overnemen. Waarmee niets ten nadele gezegd is van de mogelijkheden, die nog nauwelijks vermoed worden. Recent toonde bijvoorbeeld een Shuttle-experiment aan dat je met microgolven door droog zand kunt heen kijken, iets volkomen onverwachts.

Het enorme probleem is hoe je het geld voor je diensten binnenkrijgt, tenzij je aan officiële instanties levert. Parallelen zijn te vinden in de geschiedenis van de hele communicatie, waaruit de meest vreemde uitwassen zijn voortgekomen, van gehar-

rewar over programmabladen tot versleuteling van programma's en illegale decoders...

Beelden van bijv. de Seasat-satelliet, waarop individuele hoogspanningsmasten en pijlers van bruggen zijn te zien, tonen wat er op het gebied van de „earth resour-

ces“ mogelijk is. *Synthetic aperture radar* in satellieten is misschien een van de fraaiste toepassingen van microgolft technieken in de ruimtevaart. Wanneer optische waarneming niet mogelijk is – bijvoorbeeld door bewolking – is het behalve met SAR volstrekt onmogelijk vanuit de ruimte een voldoende oplossend vermogen te krijgen.

Het probleem „hoe krijgen we het geld binnen“ is nog het meest overzichtelijk voor paramilitaire toepassingen zoals de kustwacht met taken als controle op olieozing, illegaal vissen e.d.

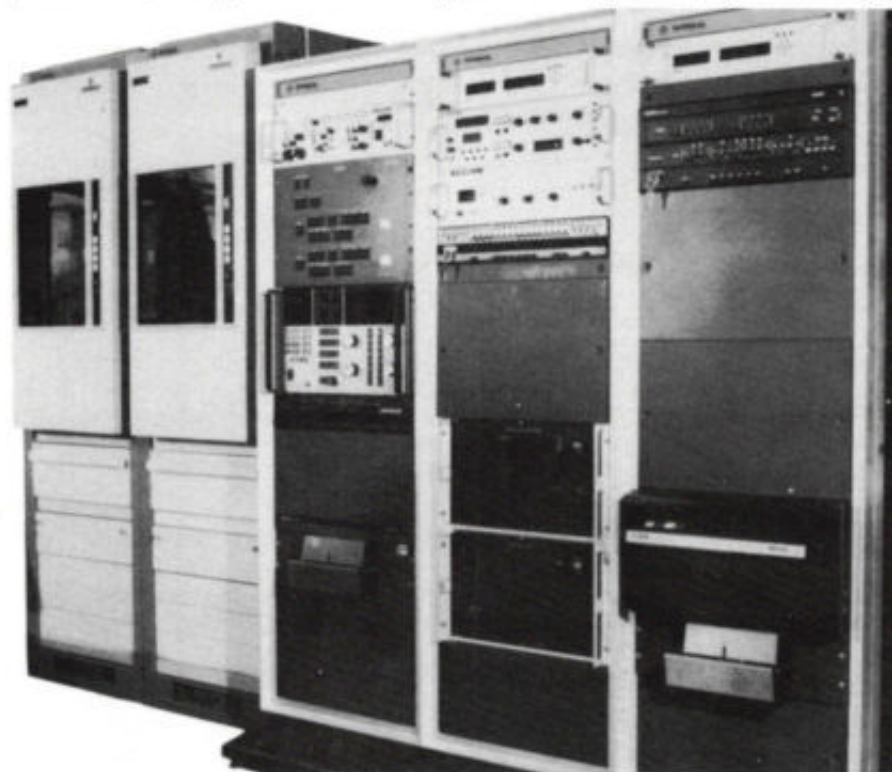
Landen waar veel bewolking is en die een enorme kustlijn hebben zijn duidelijke kandidaten; Indonesië is hiervan een goed voorbeeld.

Voorwaarde is bij dit soort toepassingen dat de gegevens zeer snel kunnen worden verwerkt en dat er een ambtenaar kan worden uitgestuurd om ter plekke boosdoeners in hun kraag te grijpen.

Het probleem van snel evalueren van grote hoeveelheden data is weer eens heel duidelijk geworden door de IRAS...

In meteorologie zit wel brood: HSA leverde de grondstations voor het KNMI. Een andere dienst die geld kan opleveren is de bestrijding van sprinkhanenzwermen. Door combinatie van verscheidene satellietbeelden is het mogelijk die gebieden te selecteren waarin een sprinkhanenzwerm zich waarschijnlijk kan ontwikkelen. Het microgolf-stuk zit in de communicatie met de grondstations. Nu er geen netwerk van grondstations bestaat vereist sprinkhanenbestrijding nog een enorme hoeveelheid

HSA-grondstation voor ontvangst van de weersatelliet TIROS-H. Van links naar rechts: twee Ampex-recorders, ontvanger en antennebesturing, beeldbewerkingseenheid, systeembesturing.



vlieguren. De bestrijding van een recente zwerm kostte 10 miljoen dollar: 3 voor insecticide en 7 voor vliegtuigbrandstof!

COMMUNICATIESATELLIETEN

Ook een leek kan zien dat in communicatiesatellieten een enorme boterham zit. Of die boterham in ons land een oudbakken korst zal blijken te zijn is een andere zaak. In de eerste plaats zijn de overheden in Europa op een nogal paternalistische manier aan de gang gegaan toen de moderne communicatiemiddelen verschenen. In de VS kan in principe iedereen een satelliet ophangen, een frequentie aanvragen en communicatie gaan bedrijven, in Europa is communicatie een monopolie van de diverse PTT's.

In de tweede plaats mag de Nederlandse industrie in Europees verband leveren naar nationale bijdrage – dus niet meer dan een stukje subsysteem. Desondanks zit HSA in het L-SAT-project, en wel met twee zaken.

– Tracking ontvanger

In het bijzonder voor TV zijn er zeer scherpe bepalingen t.a.v. de „footprint“ van de satelliet op aarde. Omdat de footprint binnen de toegestane grenzen blijft moet de satelliet (of liever: moeten de antennes) met zeer hoge nauwkeurigheid worden gericht. Een grondbaken op 17 GHz wordt in de satelliet ontvangen en uit de signalen van de tracking-ontvanger wordt de oplopfout van de antennes berekend. Het foutspanningssignaal wordt in een terugkoppellus gebruikt voor correctie van de stand van het antenneplatform in de satelliet. Dit is eenvoudiger dan de stand van de hele satelliet zorgvuldig te regelen.

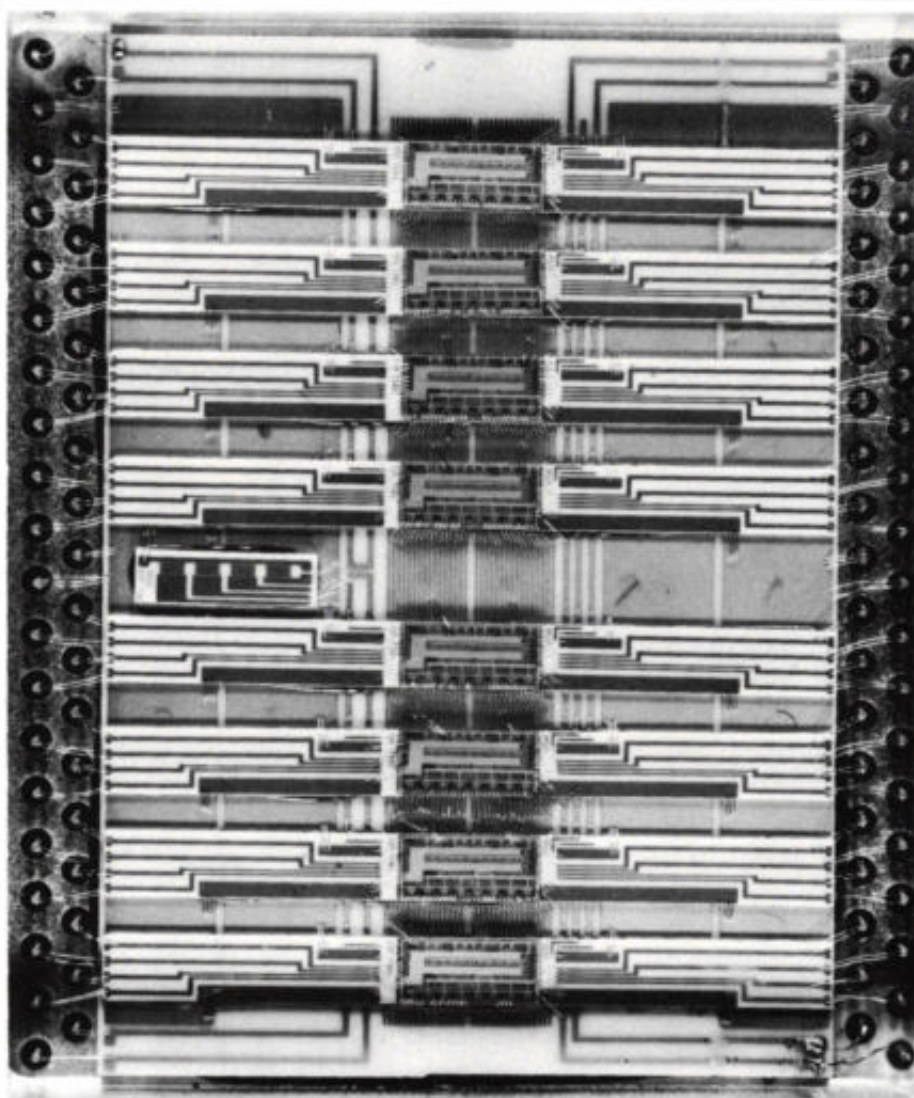
– Microgolfschakelaar

In alle landen worden voorbereidingen getroffen voor de zogenaamde „specialized services“, een onderdeel van de satellietcommunicatie (ook in de L-SAT) ten behoeve van de zakenwereld. Een belangrijke toepassing is *videoconferencing*, die in de VS sterk in opkomst is. Ondermeer de hotel-keten Holiday Inn gaat voor al haar lokaties videoconferencing-faciliteiten invoeren. Databanken, *fax* en *electronic mail* zijn andere toepassingen waaraan wordt gewerkt.

In Europa is Groot-Brittannië erg actief op dit terrein. Het gaat hier om signalen met een hoge bitsnelheid (25 Mbit/s), waarbij TDMA (*time division multiple access*) zal worden toegepast.

De microgolfschakelaar die door HSA werd ontwikkeld hakt nu de bitstroom die in tijdmultiplex omhoog naar de satelliet wordt gestuurd in stukjes die naar de gewenste bestemming worden uitgezonden. Deze microgolfschakelaar werkt op een frequentie van 1 GHz (de middenfrequentie) en bestaat uit hybride PiN-diodeschakelaars in een 4 x 4 configuratie.

Ook op zuiver digitaal gebied levert HSA een bijdrage aan de L-SAT, in de vorm van



De door HSA ontwikkelde microgolf-schakelmatrix, opgebouwd uit acht tweekanaals schakel-eenheden.

de telecommand-decoder in het platform.

TENSLOTTE...

Overzien we nu de situatie, dan lijken de onbegrensde mogelijkheden van de ruimtevaart op microgolfschakelaars niet direct tot brood en werk voor de industrie te leiden. Een incidenteel wetenschappelijk project levert misschien wel prestige op maar zelfs geen herhaling van de order. HSA concludeert bovendien dat de „leerfactor“ tegenvalt: het ontwikkelingswerk voor IRAS heeft geen inzichten opgeleverd die de

kwaliteit van andere producten zou kunnen verbeteren. Voor de L-SAT ligt dit overigens iets gunstiger.

Ruimtevaart in Europees verband leidt tot een taakverdeling die niet in de eerste plaats op kennis afgaat, maar op het nationale budget. In ons land bestaat nu de speciale situatie dat de ondernemingen die in de ruimtevaart iets kunnen doen in feite „veel te goed zijn in relatie tot Nederlandse bijdrage aan ESA“. De industrie is zich daarvan heel bewust en het is niet onmogelijk dat initiatieven tot verbetering uit de industriële hoek moeten komen.

Microgolven in academisch milieu

Een gesprek met prof. ir. L. Krul, TH Delft

De Vakgroep Microgolfschakeltechniek van de Technische Hogeschool Delft is in de eerste plaats bekend door het onderzoek op

radargebied dat aan deze instelling – als enige TH in Nederland – wordt verricht. Maar de vakgroep, die ressorteert onder

professor Krul, houdt zich ook nog met andere zaken bezig, zoals de ontwikkeling van componenten.

WAAROM COMPONENTEN-ONTWIKKELING

Het doel van microgolfcomponenten-onderzoek – met name „microwave integrated circuits” – is voor een TH uiteraard anders dan voor de industrie.

Professor Krul: „De primaire reden is dat je onderwijs moet geven, en wel actueel onderwijs. Dezelfde overwegingen gelden bijv. voor de IC-ontwikkeling die in universitaire verband in ons land plaatsvindt. De tweede reden is dat je deze techniek in huis moet halen omdat het anders gewoon niet meer mogelijk is het vak te beoefenen. Vroeger was de microgolftechniek een sterk mechanisch georiënteerde richting, reden waarom er ook zeer nauwe relaties bestonden met de fijnmechanische afdeling. Op het ogenblik is de microstriptechniek dominerend en omdat er een duidelijke technologische verwantschap bestaat tussen microstrips en „integrated optics” is de vakgroep microgolftechniek sinds kort uitgebreid met een optische groep.”

EIGEN IDENTITEIT

Microgolftechniek is een studierichting met een eigen identiteit – geen gemakkelijke kluit wegens het sterk mathematische karakter. Daarbij komt dat voor de huidige generatie studenten de denkwijze van de microgolfspecialist zeer onwennig kan zijn.

„De digitale technieken hebben de elektronica min of meer overwoerd. Als gevolg daarvan blijkt het moeilijk te zijn om je aan te passen aan de denkrant van de microgolfman. Andersom ligt de zaak verschillend: als je met de microgolftechniek zou beginnen is het veel gemakkelijker de digitale denkwijze erbij te pakken”.

De band tussen de digitale techniek en „elektronica” is zelfs aan het vervagen, een ontwikkeling die voor de technicus die al langere tijd in de praktijk zit nogal vreemd zal kunnen klinken. Het is natuurlijk zo dat de hele generatie die nu in de digitale techniek een aardige boterham verdient die maaltijd te danken heeft aan elektronische enen en nullen – van 12AU7's via OC 71's naar RTL en 74SN's tot en met 32-bitters – maar schakelen kan ook pneumatisch, hydraulisch en vooral: optisch! Het gevolg is dat voor de digitale groep de vergelijkingen van Maxwell irrelevante ballast zijn, reden waarom de theorie van het elektromagnetische veld in deze richting enige jaren geleden werd geschrapt.

TOENEMENDE INTERESSE

Het vreemde feit doet zich voor dat de microgolftechniek zich afspeelt in een klein kringetje, zelfs internationaal gezien, terwijl iedereen met vijf minuten filosoferen tot de conclusie komt dat er enorme mogelijkheden op microgolfterrein liggen. Zolang

het daarbij echter gaat over straalverbindingen is dat typisch het terrein van de monopolies: in de eerste plaats de PTT, verder de grote oliemaatschappijen bijvoorbeeld.

„Dat is niet iets waarmee je de microgolftechniek 'onder de mensen brengt' – om interesse te kweken moet je toepassingen aangeven die de mensen aanspreken. Dat is nu vooral het geval met de satellieten, in het bijzonder met omroepsatellieten. De ontwikkeling van ontvangers voor satellietenomroep die een paar jaar geleden in de groep componenten werd ingebracht is zo'n voorbeeld van een onderwerp dat

WIE IS BANG VOOR EEN BAAN – IN DE MICROGOLFTECHNIEK?

Tijdens de voorbereiding van dit themanummer viel weer eens op dat de discussies over de werkloosheid in een heel ander daglicht komen te staan wanneer je over werk spreekt dat kennis en creativiteit vereist, zoals in het technologische vlak. In de microgolftechniek vonden we een saillant voorbeeld.

Alleen al bij Hollandse Signaal Apparaten kunnen per jaar 3 à 4 mensen van hoog niveau worden geplaatst, terwijl het bedrijf met „hard zoeken” in de laatste paar jaar niet meer dan gemiddeld 1 medewerker per jaar heeft kunnen vinden.

Er bestaat de indruk dat het vak „microgolftechniek” op de TH's te weinig kandidaten trekt, ondanks het feit dat het een zeer allround opleiding is die de weg naar vele richtingen opent. Daarbij komt nog het probleem dat bedrijven als HSA dikwijls hogere eisen stellen dan de eisen waaraan men moet voldoen om de studie redelijk te beëindigen. In cijfers uitgedrukt: de resultaten bij afstuderen moeten equivalent zijn aan een „9”, de kandidaten moeten bovendien een duidelijke praktische instelling hebben en nog eens 1 1/2...2 jaar in het bedrijf verder studeren. Ook in de software-ontwikkeling liggen er vacatures klaar.

Onzes inziens demonstreert dit een reeds lang bestaande tendens in onze maatschappij. Waar behoefte aan bestaat is niet een steeds grotere groep modaaldenkers of Nirvanazoekeers, maar de veel gesmaakte elite. Op alle mogelijke gebieden heeft het bedrijfsleven een steeds grotere „élitaire” groep nodig, terwijl het aanbod eerder kleiner dan groter wordt. Wanneer besteden we aan de elite eens een fractie van de zorg die de „middelmaat” krijgt? Om te illustreren hoe het bedrijfsleven dat doet: stel dat HSA eens méér dan drie microgolfmensen per jaar zou kunnen vinden (een wensdroom), wat dan? „We zouden een baan voor ze maken”.

aanspreekt. Je ziet dat gereflecteerd in de interesse van studenten voor de microgolf-inrichting.”

Het „onder de mensen brengen” geldt ook voor de twee andere gebieden waarin de TH Delft zich een reputatie heeft opgebouwd: de aardobservatie en troposfeer onderzoek.

AARDOBSERVATIE

Er bestaat intensief contact met ESA, onder meer door participatie in verscheidene werkgroepen. Hier ligt de zaak voor een universitaire instelling anders dan voor de industrie.

„Wij hebben de knowhow, dat is bij ESA bekend – met name voor de aardobservatie – en we worden in de voorbereidingsfase van projecten dan ook intensief geconsulteerd. Daarom hebben we geen reden tot klagen over onze Nederlandse inbreng, maar dat kan ik niet zeggen voor wat de Nederlandse industrie betreft.”

Remote sensing door middel van radar-technieken is een van de specialismen van Delft. We zullen, gedachtig aan het belang van „het onder de mensen brengen” een paar mogelijke toepassingen de revue laten passeren.

„Er zijn twee belangrijke toepassingsgebieden te onderscheiden. Het eerste gebied omvat de maritieme toepassingen. Met side-looking airborne radar (SLAR) kan onderzoek ten behoeve van milieubescherming, vooral m.b.t. olieverontreiniging, worden gedaan. Rijkswaterstaat heeft sinds kort een operationeel systeem volgens dit principe. Maar wat je ook kunt doen is golfbewegingen bestuderen. Er blijken golven van kritische lengte op zee voor te komen, waarbij schepen van bepaalde afmetingen resonant worden – tankers zijn door deze oorzaak gebroken. Een ander onderzoek dat direct tot de verbeelding spreekt wegens het praktisch nut is het opsporen en in kaart brengen van zee-stromingen. Die zijn vergelijkbaar met de „jetstreams” in de hogere lagen van de atmosfeer en kunnen voor schepen brandstofbesparingen opleveren. Wanneer je weet om welke ongehoorde bedragen het hier gaat hoeft je nauwelijks nog iets verder uit te leggen.”

Maar ook te land zijn waardevolle toepassingen bestudeerd. In ons land is dat op een bijzondere manier gebeurd, zodat er zelfs gesproken wordt van een „Hollandse School” in een gebied dat de allerminst fraaie naam van „scatterometrie” heeft meegekregen. Het principe is: de nauwkeurige bepaling van de radarverstrooiing van een object in relatie tot de eigenschappen van dat object. Dergelijk onderzoek valt onder de ROVE (Radar Onderzoek Vegetatie)-commissie, een gezamenlijke onderneming van het centrum voor Agrobiologisch Onderzoek, de Landbouwhogeschool Wageningen, het NLR, het fysisch laboratorium TNO en uiteraard de TH Delft.

Uitgebreide gegevens zijn te vinden in Cultuurtechnisch Tijdschrift 22/5, één van de mogelijkheden is het identificeren van allerlei gewassen.

Radar is hiervoor in principe superieur aan fotografie om de eenvoudige reden dat in ons land fotografische technieken maar op een paar dagen per jaar (!) kunnen worden toegepast.

TROPOSFEERRADAR

De troposfeerradar van de TH Delft heeft nogal wat publiciteit gekregen, mede omdat de onderzoekers L. P. Ligthart (*Vakgroep Microgolfttechniek*) en L. R. Nieuwkerk (*Vakgroep Transmissie van Informatie*) er aan het eind van het vorig jaar de Vederprijs voor ontvingen. Deze troposfeerradar komt uit de telecommunicatiehoek – en dat geldt tevens voor professor Krul zelf.

„In de telecommunicatie is propagatie-onderzoek een steeds terugkerende bezigheid; komt er een frequentiebereik bij dan ga je weer opnieuw aan de gang. Dat is kostbaar omdat je telkens weer apparatuur voor de nieuwe frequentieband moet aanschaffen. Ruim tien jaar geleden vroegen we ons af of er geen meer fundamentele manier is om de structuur van de troposfeer – want daar gaat het bij microgolfpropagatie om – te meten. Een goed model zou betekenen dat je eens en voor altijd een basis voor verdere conclusies bezit. Radar is daarvoor het aangewezen instrument, zoals al lang bekend was door de ob-

servatie van regenbuien en dergelijke.”

De DARR (Delft Atmospheric Research Radar) moest geschikt zijn voor het bestuderen van snelle verschijnselen als regenbuien maar ook voor langzame, zoals de vorming van inversielagen. Het laatste punt berust op verschillen in brekingsindex (of diëlektrische constante, en dat betekent een zeer hoge gevoeligheid van het radar-systeem voor verschillen in reflectiviteit.

De radar werkt niet volgens het vertrouwde pulsprincipe, maar is CW (continuus waven). Deze draaggolf wordt met een driehoeksspanning in frequentie gemoduleerd. De centrale frequentie is ruim 3 GHz, de frequentiezwaaier is variabel van 1 tot 50 MHz. De afstand van het reflecterende object kan worden bepaald uit de beat-frequentie tussen de gereflecteerde golf en de momentale zendfrequentie. Een van de bijzondere aspecten is dat de ontvanger daardoor zeer smalbandig kan zijn, in tegenstelling tot die bij pulsradar. Een andere eigenschap is dat de minimale afstand waarop objecten kunnen worden gezien inderdaad 'minimaal' is: er wordt gelijktijdig gezonden en ontvangen. Dat impliceert overigens wel de noodzaak van een zeer grote ontkoppeling van de zend- en ontvangweg wegens oversturing van de ontvanger.

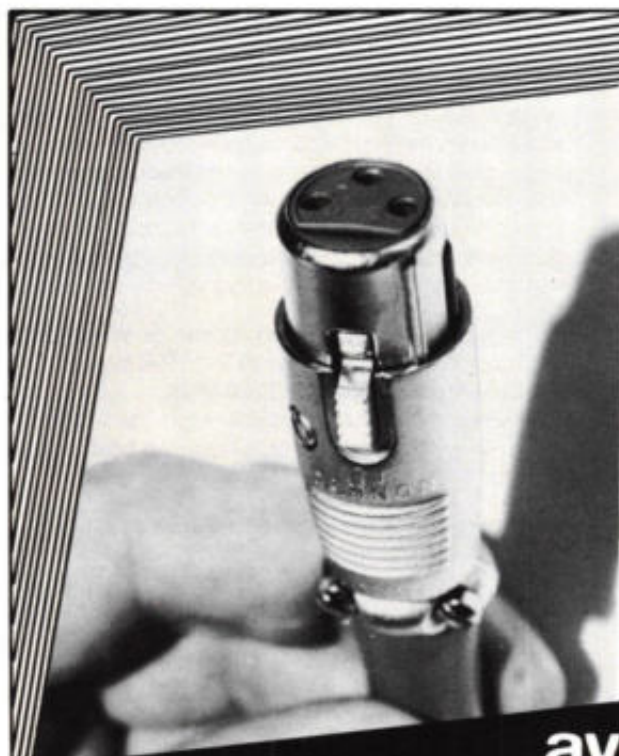
UITKOMSTEN VAN ONDERZOEK

Deze radarapparatuur maakt het mogelijk intensiteiten en plaats- of tijdafhankelijk-

heid van atmosferische verschijnselen te bestuderen. Gebaseerd op atmosferische turbulentie werd een troposfeermodel ontwikkeld dat uit het verloop van de reflectiecoëfficiënt en de snelheidsverdeling de veranderingen van de brekingsindex langs het radarpad verduidelijkt. Uit het onderzoek kwam naar voren dat de troposfeerlagen zeer grillig en beperkt van omvang kunnen zijn. In plaats van een continue laag werden „flarden” gezien die met korte tijdsintervallen aan de radar voorbijtrokken. Turbulenties bleken uitstekend te kunnen worden gemeten, hetgeen leidde tot een speciaal onderzoek met een F-28 laboratoriumvliegtuig. Vleugeltipwervels bleken zelfs na verscheidene minuten nog op de radar zichtbaar.

Het onderzoek van de inversielagen heeft een directe toepassing bij de milieubewaking. Terwijl „snuffelpalen” pas een waarschuwing geven wanneer verontreiniging al is opgetreden geeft de troposfeerradar een waarschuwing wanneer zich condities aan het ontwikkelen zijn die aanleiding kunnen gaan geven tot luchtverontreiniging. Op dat moment kan dus emissie van schadelijke stoffen worden gestaakt onder het motto „voorkomen is beter ...”

Hydrologie, agrobiologie, scheepvaart, communicatie, beveiliging van het luchtverkeer ... zomaar een paar toepassingen van die „ultrakorte golven” waar nog niet zo lang geleden niemand veel mee wist te beginnen.



CANNON CONNECTORS

AUDIO CONNECTORS

- ★ De enige echte CANNON-XLR
- ★ 3, 4, 5, 6 en 7 kontakten en „220-Volt” uitvoering
- ★ Nu ook met goudkontakten (A95)
- ★ Met Snap-In vergrendeling
- ★ Oerdegelijke constructie
- ★ Uit voorraad leverbaar

Wilt u meer weten, een brochure en/of prijslijst ontvangen, materiaal bestellen? Bel even toestel 16 of 17.

avio-diepen bv



VME

CC-68	Processor module met MC68000L8	f. 3.450,-
CC-69	512 Kbytes RAM met error detection	f. 3.950,-
CC-71	Floppy disk controller + winchester interface	f. 2.750,-
ADDA-1/68K	8 kanaals analoog/digitaal + 4 kanaals digitaal/analoog	f. 3.025,-
APAL-1.2/68K	48 parallelle I/O lijnen + 2 timers	f. 1.065,-
GRAZ-1/68K	512 X 512 color graphics	f. 1.525,-
CCS-68K/1	VME computer met 8" floppy disk drive, 10 megabyte winchester, 20 slots backplane, CP/M-68K operating system, incl. C compiler en assembler voor MC68000	f. 24.500,-

Prijzen exclusief BTW

Bel of schrijf voor documentatie met specificaties.

COMPCONTROL BV

microsystems
design and
applications

Mecklenburgstraat 1e P.O. Box 193 5600 AD Eindhoven-Holland Phone: (0)40-453562 Telex 51603



Handelsonderneming ELECTRO CIRKEL B.V.

Postbus 56566, 3007 EB Rotterdam
Pekstraat 69, 3071 EL Rotterdam
Tel. 010 - 85 10 88, Telex 28647

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.

RADIOHUIS VAN DER BEND BV

Westhavenplaats 32, 3131 BT Vlaardingen
Tel. 010 - 34 24 81

Hoogstraat 149, 3111 HE Schiedam
Tel. 010 - 26 75 68

PHILIPSCATELEFUNKENEIMACGECHALTRONZAERIX



Onze beste ideeën in één condensator:

WIMA FKP 1*



* Kwaliteits-componenten voor hoge stroombelastingen

Bij toepassingen in de vermogenslektronika alsmede in snel schakelende circuits is de impulsbelastbaarheid van de gebruikte condensatoren een belangrijk gegeven. De grootte hiervan wordt hoofdzakelijk bepaald door de opbouw van de wikkelingen.

De **WIMA FKP 1** – zelfherstellende polypropyleen condensatoren met metaalfolie-elektroden en een interne serieschakeling d.m.v. een dubbelzijdig gemetalliseerde kunststoffolie – zijn speciaal ontworpen voor impulsbelastingen met een grote flanksteilheid. De aan de zijkant gescopieerde metaalfolie-elektroden garanderen tevens een maximale betrouwbaarheid van de contacten.

De toelaatbare impulsbelasting van de **WIMA FKP 1** bedraagt bijv. bij 15 in 400 V–: 1500 V/μsec, in 630 V–: 2400 V/μs en in 1000 V–: 3500 V/μs.

Voor toepassingen in bijzonder kritische situaties zijn er speciale vragenlijsten beschikbaar op basis waarvan WIMA u een snel en vrijblijvend advies geeft.

Vraag om toezending van onze catalogus met WIMA-impulscondensatoren!



® = Geregistreerd handelsmerk
WILHELM WESTERMANN Spezialvertrieb
elektronischer Bauelemente D-6800 Mannheim

Vertegenwoordiger voor de Benelux

heyne bv

Voor Nederland: Postbus 10, 6590 AA Gennep
Steendalerstraat 56. Tel. 088 51-19 56, Telex 37 282
Voor België en Luxemburg: Bedrijfsstraat 2,
3500 Hasselt. Tel. 011-21.00.06, Telex 39047

Microgolf-markt groeit

Halfgeleiders bieden vooruitzichten

Als men wil beschikken over hoge vermogens bij hoge frequenties, blijven buizen zoals lopendegolfbuizen, klystrons en magnetrons onmisbaar, maar de lopendegolfbuizen in communicatie-apparatuur worden in toenemende mate vervangen door halfgeleidercomponenten. Als resultaat van deze ontwikkeling is dan ook enkele maanden geleden de eerste communicatiesatelliet gelanceerd die geheel is uitgerust met halfgeleiderapparatuur. Niettemin houden de lopendegolfbuizen, klystrons en magnetrons voorlopig hun plaats in de moderne apparatuur, ondanks de vooruitgang die wordt geboekt bij de ontwikkeling van microgolfhalfgeleiders.

Veel toepassingen van de microgolftchniek zijn alom bekend. Sprekend over moderne microgolffapparatuur denkt men direct aan onderwerpen als communicatie via straalzenders of satellieten voor zowel civiele en militaire toepassingen, vaste grondstations, raketten en luchtvaartraders, omroepsatellieten, diathermie (waaronder bijv. magnetron-ovens) en zelfs inbraak-alarminstallaties. Op al deze gebieden wordt de microgolfelektronica veelvuldig en in toenemende mate gebruikt.

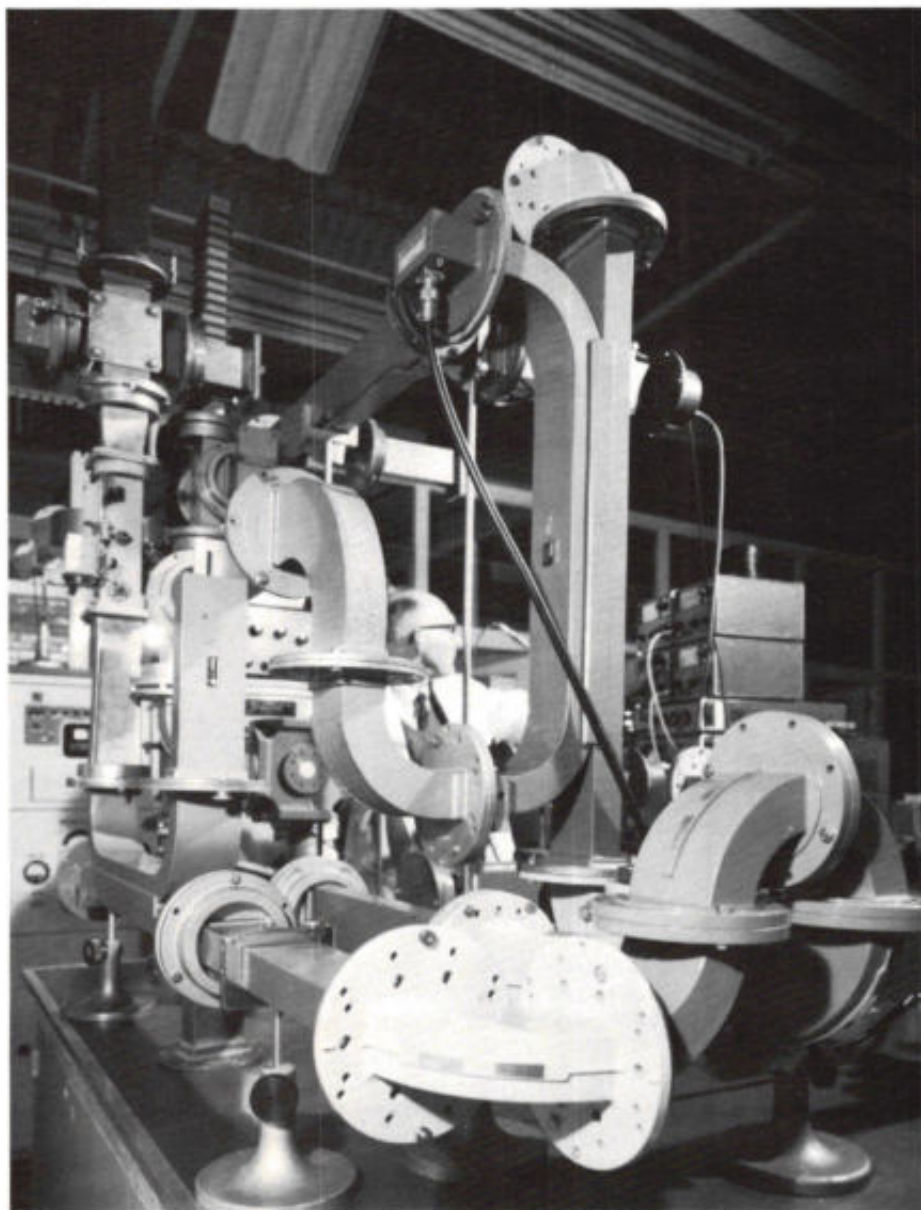
Gedurende de afgelopen 5 tot 10 jaar heeft de ontwikkeling van galliumarsenide metal semiconductor FET's (MESFET's) die op steeds hogere frequenties en met steeds grotere vermogens kunnen werken, een enorme invloed gehad op de microgolffcommunicatie. Deze componenten zijn aanzienlijk duurder dan bipolaire silicium transistoren, maar beschikken ook over evenredig betere eigenschappen op frequenties boven 2 GHz, vooral ten aanzien van ruisgetal, versterking enz. Zelfs beneden deze frequentie hebben de MESFET's superieure eigenschappen, maar hier dient men de kosten zorgvuldig af te wegen als de schakeling ook met bipolaire componenten kan worden uitgevoerd. Op frequenties boven de 6 GHz is de galliumarsenide MESFET de enige halfgeleidercomponent met een voldoende laag ruisniveau om in versterkerschakelingen te worden toegepast. De grote elektronenmobiliteit in galliumarsenide is grotendeels verantwoordelijk voor deze eigenschappen; de bandbreedtebeperkingen in bipolaire transistoren treden namelijk op door de geheugenwerking voor minderheidsladingdragers in het basisgebied.

SILICIUM MESFET

General Electric in New York heeft een silicium MESFET ontwikkeld voor gebruik bij frequenties boven 4 GHz. De prijs van deze MESFET is lager dan die van GaAs-componenten en de eigenschappen zijn redelijk te noemen. Een belangrijk voordeel is dat silicium MESFET's eenvoudig op één chip zijn te integreren met andere componenten, waarbij van de gangbare monolitische fabricagetechnieken gebruik kan worden gemaakt.

Hoewel GaAs een duurder materiaal is dan silicium, is het aandeel van de materiaalkosten in het eindproduct relatief gering. De hogere prijs is voornamelijk het gevolg van de problemen bij het verwerken van galliumarsenide en de relatief lage productie-opbrengst (yield). Uit vele productieseries kan men slechts enkele goede componenten overhouden, mede doordat het niet zo eenvoudig is als bij de standaard silicium-productietechnologieën een goede, ondoordringbare laag siliciumdioxide te

Het testen van een microgolf-duplexer voor hoge vermogens bij English Electric Valve.



Een PROM-programmer in 'n diplomaten-koffertje?



Inderdaad de nieuwe 22-serie van Data I/O bezit werkelijk een schitterende, handige vormgeving. Gesloten is het een handzaam koffertje.

Geopend echter, is dit handzame koffertje wel even meer dan 450 verschillen typen PROM's de baas.

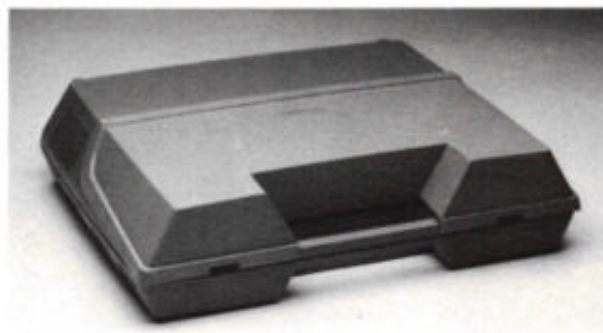
Bijvoorbeeld: MOS, EPROM's, EEPROM's, fuse-link en AIM, bipolaire PROM's maar ook single chip en microcomputers kunnen worden geprogrammeerd. Ideaal voor de technicus op de ontwikkelingsafdeling en de field service technicus.

Standaard bezit de 22-serie een geheugen van 32K bytes (256 Kbits).

Alles wordt geprogrammeerd volgens fabrieksspecificaties. Het instrument bezit de goedkeuring van **alle** halfgeleider producenten.

Nog even een aantal specificaties kort gememoreerd:

- ★ interactieve werking tussen gebruiker en programmer
- ★ via het toetsenbord kan de inhoud van de PROM's worden gewijzigd



- ★ remote control
- ★ 27 download formaten
- ★ device testen
- ★ UV-wisser.

 **simac**
electronics

Veenstraat 20, 5503 HR Veldhoven. Tel.: 040-533725
Vooruitgangstraat 52, Bus 3, 1000 Brussel. Tel.: 02-219.24.53

vormen om onzuiverheden van het oppervlak weg te houden.

Een van de belangrijkste factoren, die de maximaal haalbare frequentie bij GaAs MESFET's beperken, is de gate-lengte. In thans beschikbare componenten voor gebruik in het bovenste gedeelte van het frequentiebereik van ca. 20 GHz tot 40 GHz, worden gate-lengte in de orde van grootte van 0,3...0,5 μm gebruikt. Er is echter een grote behoefte aan nieuw te ontwikkelen technieken die het mogelijk maken om tegen een redelijke kostprijs GaAs MESFET's te produceren met kortere gate-lengten.

MMIC

Momenteel doet men veel moeite om galliumarsenide monolithische microgolf-IC's (MMIC's) te produceren, met een voldoende grote opbrengst voor serieproductie. Dit zou er toe leiden dat ze niet alleen worden gebruikt in ruimtevaart- en militaire apparatuur, zoals tot nu toe het geval is, maar ook in satelliet-omroep en andere consumententoepassingen. Behalve versterkers in het GHz-gebied, zullen GaAs MMIC's ongetwijfeld worden toegepast in zeer snelle logische systemen, zoals frequentietellers, correlatoren, multiplexers, enz. Het grootste probleem is dat fabrikanten niet bereid schijnen te zijn om grote bedragen te investeren teneinde de vereiste technologie te ontwikkelen, tenzij ze verzekerd kunnen zijn van een grote markt, zoals bijv. in consumententoepassingen. De gespecialiseerde militaire markt kan ook worden bediend met hybride microgolfschakelingen en het is goed mogelijk dat men moet wachten op de directe omroepsatellieten voordat er een dusdanig groot afzetgebied kan worden verwacht dat de fabrikanten worden gedwongen om een technologie te ontwikkelen om geschikte monolithische componenten te produceren.

MICROGOLFMARKT

Een onlangs verschenen rapport „*Industrial/commercial microwave equipment in Europe*” geeft aan dat satellietcommunicatie en microgolfovens het grootste aandeel zullen hebben in de toepassing van industriële en commerciële microgolfapparatuur in Europa. Het marktaandeel zou stijgen van \$ 1100 miljoen in 1982 tot ongeveer \$ 1700 miljoen in 1987.

In dit rapport van het marktonderzoeksbureau Frost & Sullivan worden acht toepassingsgebieden geanalyseerd, te weten satellieten, straalzenderverbindingen, luchtvaart, zeevaartnavigatie, luchtvaart-verkeersregeling, microgolfovens, inbraak-alarmsystemen en verwarmingstoepassingen, met een totale verkoop van ca. \$ 1300 miljoen in 1983.

Men voorspelt dat binnen de komende vijf jaar een grootschalige verandering van analoge naar digitale technieken zal optreden, speciaal op het gebied van de microgolf-radio. Hier beschikt men dan over de

belangrijkste voordelen als gereduceerde signaalinterferentie, betere prijs/prestatieverhouding en de mogelijkheid om netwerken te ontwikkelen waarin diverse communicatiemediën als glasvezelkabels, microgolfstraalverbindingen en satellietkanalen kunnen worden gecombineerd.

Men zou verwachten dat er een verschuiving optreedt naar hogere frequenties om „ophoping” van satellietkanalen mogelijk te maken. Deze verschuiving treedt inderdaad op: bij satellieten wordt de 14/11 GHz-band gebruikt evenals de 6/4 GHz-band en hogere frequenties worden geïntroduceerd. Ook kan men verwachten dat de buizen meer en meer gaan werken met een lager gewicht en meer compacte instrumenten, iets dat in de luchtvaart uiterst belangrijk is.

De satellietcommunicatie neemt ongeveer een derde van de totale Europese markt voor microgolfapparatuur voor haar rekening, de omvang van deze markt stijgt van \$ 333 miljoen in 1982 tot een geschatte waarde van \$ 638 miljoen in 1987. In de consumentenmarkt verwacht men dat de verkoopcijfers van microgolfovens jaarlijks een stijging van 12% zullen vertonen: van \$ 275 miljoen in 1982 naar ongeveer \$ 475 miljoen in 1987. Luchtverkeerscontrole, met \$ 240 miljoen in 1982, zal waarschijnlijk ten opzichte van alle andere microgolf-toepassingen het minst groeien: ca. 4% per jaar. Het Frost & Sullivan rapport geeft aan dat ongeveer 70% van de Europese productie van microgolfapparatuur in West-Duitsland, Frankrijk en Engeland geschiedde en dat deze drie landen in 1982 63% van de omzet voor hun rekening namen. FET's zijn de componenten met de beste vooruitzichten op dit gebied en zij vormen dan ook het grootste aandeel in de componentenmarkt. Dioden en buizen vertegenwoordigen minder dan een kwart van de totale omzet.

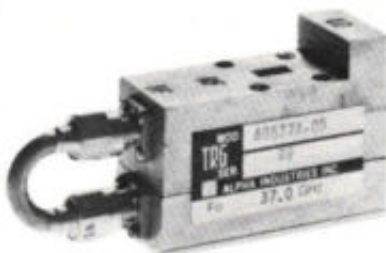


Datron b.v.

MILLIMETERGOLF COMPONENTEN

18-220 GHz

Alpha
mm components division



- ☐ MM Ferriet Componenten
- ☐ Circulaire Golfpijp Componenten
- ☐ Standaard Test- en Systeem Componenten
- ☐ Microgolf Antennes
- ☐ Solid State Componenten
- ☐ MM Systemen en Sub-Systemen

**DE JUISTE GOLFLENGTE
DATRON B.V.**

Postbus 75
1243 ZH 's-Graveland
Tel. 035-60834
Tlx. 43943

C.N. ROOD B.V.

CORT V.D. LINDENSTRAAT 11-13
POSTBUS 42 - 2280 AA RIJSWIJK
TEL. 070 - 996360 - TELEX 31238

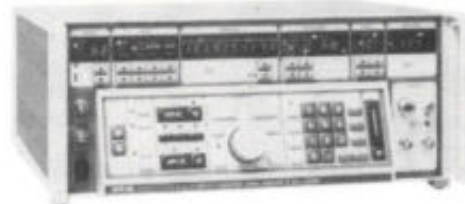


Synthesized Signal Generators van 10Hz tot 1300MHz

De signaal generatoren van Adret bieden u de nauwkeurigheid, stabiliteit en spectrale reinheid van een synthesizer. AM - FM - Fase (en optional pulse) modulatie behoren tot de standaard mogelijkheden. Alle functies zijn via de IEEE-bus aanstuurbaar.

MODEL 740A

- frequentiebereik 100kHz - 560MHz (optional tot 1120MHz)
- resolutie 10Hz
- keyboard en spinwheel
- grote spectrale reinheid
- 40 geheugenplaatsen voor complete set-up's
- standaard AM - FM - Fase moduleerbaar
- output level in 0,1dB stappen van -129,9dBm tot +13dBm
- uitstekende prijs/prestatie verhouding



MODEL 7200A

- frequentiebereik 10Hz - 1300MHz
- resolutie 1Hz
- keyboard en spinwheel
- extra functies: sweep (frequentie, level en modulatie); markers; offsets; limits
- AM - FM - Fase en puls moduleerbaar
- 40 geheugenplaatsen voor complete set-up's
- grote spectrale reinheid (-145dBc)



WITRONIC B.V.
M

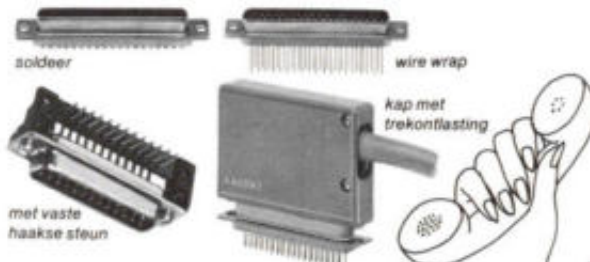
WITRONIC TER APEL B.V.
Mercuriusweg 5
Postbus 35
9560 AA TER APEL - Holland
Telefoon 05995 - 1941

**FABRIEK
VOOR
TRANSFORMATOREN**

Wij bieden voor AL UW TRAF0-PROBLEMEN
een oplossing.



Harting Min - D Connectors



Jobarco levert alle connectors uit het Harting-programma. Verkrijgbaar in 5 verschillende uitvoeringen. Met 9, 15, 25, 37 en 50 polen, volgens Mil-C-24308. Onze documentatie geeft u alle bijzonderheden.
Een telefoontje en u weet er het fijne van.

jobarco bv

voor kabels, wie anders?
Stephensonstraat 2
Industrieterrein
Zoeterhage, wijk 23
postbus 183
2700 AD Zoetermeer
tel. 079 - 319313
telex: 32333



Microgolfcomponenten

Theorie rekenmethoden en toepassingen

Microgolven vormen het grensgebied tussen enerzijds de „gewone” radiogolven en anderzijds lichtgolven. Microgolven gedragen zich in een aantal opzichten dan ook als radiogolven, en in een aantal andere opzichten doet hun gedrag meer denken aan dat van het licht.

De wijze waarop microgolven worden opgewekt en gedetecteerd vertoont veel overeenkomst met die waarop dat voor elektromagnetische golven van lagere frequenties gebeurt.

Microgolven stellen echter speciale eisen aan de componenten die voor dat doel worden gebruikt. In het onderstaande artikel worden, na een algemene theoretische inleiding, enkele van die componenten kort beschreven.

Wordt op een transmissielijn (fig. 1) een spanning U aangebracht, dan ontstaat een golf doordat een zekere tijdsduur nodig is om die spanning aan de hele transmissielijn mee te delen. Men noemt dit de *looptijd*, een wezenlijk kenmerk in de microgolfteknik. Het aanleggen van de spanning U heeft dus tot gevolg dat een golf ontstaat, die kan worden opgevat als een verschuiving van lading langs de lijn. Anders gezegd: er loopt een stroom I .

In de microgolfteknik spreekt men meestal over elektrisch en magnetisch veld in plaats van over spanning en stroom. Er is een eenvoudig verband tussen deze grootheden: de elektrische veldsterkte E is gelijk aan de spanning U gedeeld door de afstand tussen de geleiders. De magnetische veldsterkte H is gelijk aan de stroom I gedeeld door de diameter van de geleider.

De golf die in dit geval ontstaat noemt men een *TEM-golf* (Transversale Elektro-Magnetische golf). De golf beweegt zich in de richting van de vector $\vec{S}$ (de zogenaamde vector van Poynting) volgens de formule $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ (zie fig. 2).

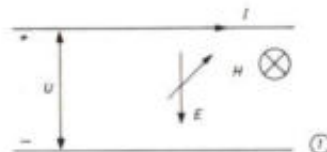


Fig. 1.

Door middel van deze golfpresentatie kunnen wij ons een voorstelling maken van elektromagnetische verschijnselen in de vrije ruimte. Het quotiënt E/H noemt men de *golfimpedantie*. Deze is gelijk aan $\sqrt{\epsilon/\mu}$. In lucht is de golfweerstand $120\pi = 377 \Omega$.

De voorstelling van een golf door middel van een elektrisch en een magnetisch veld maakt het mogelijk ons voor te stellen dat energietransport kan plaatsvinden langs een straalverbinding, dus zonder de aanwezigheid van geleiders.

MICROGOLF-TRANSMISSIELIJNEN

In het microgolfgebied zijn drie soorten transmissielijnen in gebruik, namelijk de *golfpijp*, de *coaxiale golfgeleider* en de *strokengolfgeleider* („stripline”). De laatste wordt ook wel uitgevoerd als zogenaamde *microstrip*: opgedampte geleiden-strookjes op een isolerende drager. Wanneer in dit artikel over „transmissielijn” wordt gesproken, is in het midden gelaten om welk van de drie typen microgolfgeleiders het gaat, tenzij dat type met name is genoemd.

Van alle bekende antennes kunnen microgolfantennes wel de meest bizarre vormen hebben. Een open golfpijp is eigenlijk de meest simpele microgolfantenne. Dit staat in tegenstelling tot antennes voor lagere frequenties. Een transmissielijn, die aan één uiteinde open is, zal vrijwel alle energie reflecteren. De oorzaak hiervan is dat de dwarsafmeting van een transmissielijn klein is ten opzichte van de golflengte. Bij open golfpipen en hoge microgolffrequenties is dit niet het geval, waardoor een groot

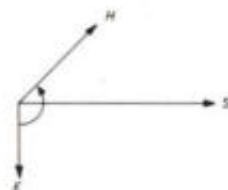
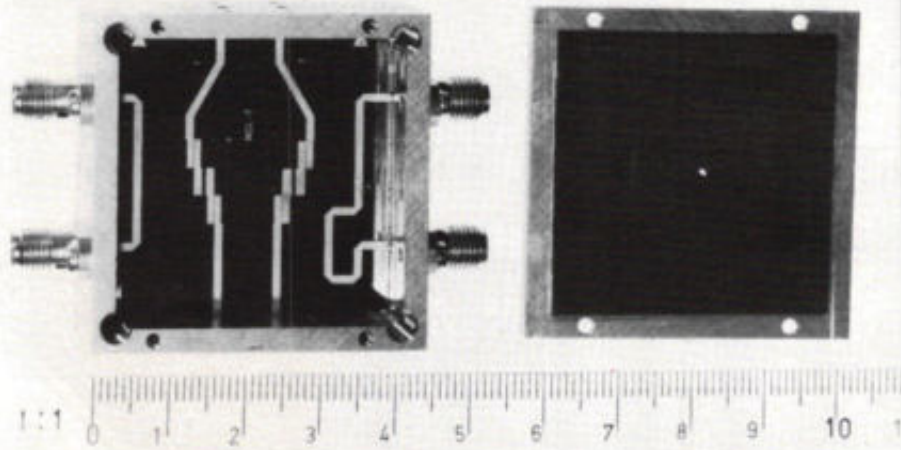


Fig. 2.

deel van de energie kan worden uitgestraald.

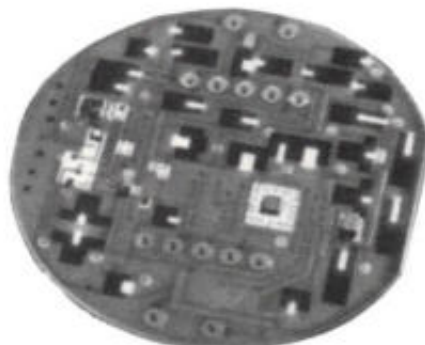
Voeren we het uiteinde van een golfpijp uit als trechter, dan ontstaat een hoornantenne, die de eigenschap heeft de uitgestraalde energie sterk te bundelen. Deze eigenschap maakt het gebruik van microgolven voor communicatiedoeleinden extra interessant omdat hierdoor twee selectiecriteria ontstaan: de frequentie en de ruimtelijke oriëntatie. Anders gezegd: men kan een aantal kanalen op verschillende frequenties in dezelfde richting uitstralen, maar ook op dezelfde frequentie in verschillende richtingen. Een bepaalde frequentie kan daardoor een aantal keren worden gebruikt voor verschillende kanalen, zonder dat ze elkaar storen. Men noemt dit wel het quasi-optische karakter van microgolven. De periodeduur van een sinusvormig signaal met een frequentie van 10 GHz bedraagt 0,1 nanoseconde. Plant de golf zich voort met de snelheid van het licht, dan is de afstand die in één periode wordt afgelegd slechts 3 cm. Looptijden kunnen in de microgolfteknik dus nooit worden verwaarloosd; ook niet in elektronische schakelingen, omdat de afmetingen daarvan altijd in dezelfde orde van grootte liggen als de golflengte. *Klystrons* en *lopendegolfbui-*

Bandoorlaatfilter met microstrips, met een centrale frequentie van 10 GHz.



Revolutionaire druktransmitters, in prijs en prestatie, van Bell & Howell

Piëzo-resistieve sensor, hybride versterker
in 360° draaibaar IP-65 huis.



Door de unieke, ingebouwde, hybride elektronika is de BHL 4410 bestand tegen zware trillingen, schokken en versnellingen. Ontworpen voor directe montage op tankmotoren en zware scheepsdiesels, is in deze **kleinste** druktransmitter (afmeting 51 x 84 mm) meer dan 45 jaar praktijkervaring met rekstrooksensoren gebundeld.

Overspanningsbeveiliging tot 500V 50Hz, piekspanningen tot 600V toelaatbaar. Geen defecten meer door verkeerde installatie. Ingebouwde RFI protectie van 15 MHz-500 MHz. Geen beïnvloeding door zenders of walkie talkies. Minimale installatiekosten door 360° draaibaar huis en directe montage op de leiding.

"No maintenance" door R.V.S. sensorhuis en halfgeleider opnemer, zeer goede lange termijnstabiliteit.
Nauwkeurigheid: beter dan 0,25% FRO.
Uitgang : 4-20 mA 2- of 3-leider.
Voeding : 12-46 VDC ongeregeld.
21 meetbereiken, vanaf 0-1 BAR tot 0-400 BAR.

Voor de proces-industrie is er de uitvoering BHL 4411.

Intrinsiek veilig, certificaat volgens
CENELEC EEx 1a IIC T4.

Prijzen vanaf f 800,- ekskl. B.T.W.



De BHL 4400, een nieuwe, low cost, semi conductor transducer, voorzien van waterdichte kabel aansluiting 5-voudig overbelastbaar.
Lange termijnstabiliteit, beter dan 0,25% per jaar.
R.V.S. sensorhuis.
Meetbereiken van 0-0,6 tot 0-600 BAR.

Prijzen vanaf f 590,- ekskl. B.T.W.

Informeer eens naar onze
aantrekkelijke OEM en kwantumkortingen.

 **BELL & HOWELL**
ELECTRONICS & INSTRUMENTS DIVISION

Postbus 10054 - 3004 AB Rotterdam - Vlaardingweg 23 - Telefoon 010 - 37 9133 - Telex 26699

zen danken hun bestaan juist aan deze looptijdeffecten. Het is ook de reden waarom radar met microgolffrequenties werkt. De afmetingen van een voorwerp moeten groter zijn dan de golflengte, willen zij de radio-energie in voldoende mate terugkaatsen. Dit betekent dat het onderscheidend vermogen van een radarsysteem groter is naarmate de gebruikte frequentie hoger, en daarmee de golflengte korter is.

Als gevolg van de korte periodeduur van microgolven gaan bepaalde eigenschappen van leidingen en leidingstukken een belangrijker rol spelen dan bij lagere frequenties. Daarom is het in de microgolfttechniek handig gebleken om kleine delen van een leiding afzonderlijk te bekijken. Deze kleine stukken worden dan eigenlijk als componenten beschouwd.

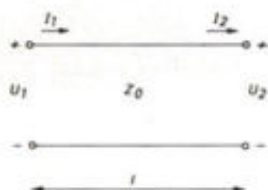


Fig. 3.

In fig. 3 is zo'n lijnstuk getekend. In zijn algemeenheid moeten we bij een dergelijk lijnstuk de volgende differentiaalvergelijkingen oplossen:

$$\begin{aligned} \frac{dz}{d} (U) + Z_0 I &= 0 \\ \frac{dz}{d} (I) + Y_0 U &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Hierin is z de lengte-as van het lijnstuk, Z_0 de (complexe) serie-impedantie ($Z_0 = R + j\omega L$) en Y_0 de parallel-admittantie ($Y_0 = G + j\omega C$).

De snelheid waarmee de golf zich voortplant hangt onder meer af van de frequentie van de harmonische golf en van de fysische eigenschappen van het medium (coaxkabel, golfpijp, strokengolfgeleider of lucht).

De *propagatie- of voortplantingsconstante* kan als volgt worden gedefinieerd:

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)} \quad (2)$$

Deze uitdrukking wordt in het geval van een verliesvrij lijnstuk:

$$\gamma = j\omega \sqrt{LC} = j\beta \quad (3)$$

β noemen we de *faseconstante*; deze is gelijk aan het imaginaire gedeelte van γ :

$$\beta = \omega \sqrt{LC} = \frac{2\pi}{\lambda} \quad (4)$$

Als we ons beperken tot verliesvrije lijnstukken, dan kunnen we deze differentiaalvergelijkingen oplossen:

$$U_1 = U_2 \cos \beta l + jI_2 Z_0 \sin \beta l \quad (5)$$

$$I_1 = +j \frac{U_2}{Z_0} \sin \beta l + I_2 \cos \beta l \quad (6)$$

Hierin is β de faseconstante:

$$\beta = \omega/v = 2\pi/\lambda$$

Deze vergelijkingen kunnen ook in matrixvorm worden geschreven. Het zal straks duidelijk worden dat deze wiskundige notatie voordelen kan opleveren. Bedenk in dit verband dat we nu bezig zijn met de beschrijving van een klein stukje transmissielijn, maar dat al die kleine stukjes straks aan elkaar worden gekoppeld.

De matrixvergelijking wordt nu:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \beta l & jZ_0 \sin \beta l \\ j \sin \beta l / Z_0 & \cos \beta l \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix} \quad (7)$$

We kunnen ook schrijven:

$$\begin{bmatrix} U_1 \\ I_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_2 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

De matrix ABCD is gedefinieerd als het stukje lijn of als de „tweepoort” met de elektrische lengte βl en de karakteristieke weerstand Z_0 .

We kunnen nu de grootte $S = j \tan \beta l$ definiëren, waarmee de matrix ABCD als volgt wordt:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} A & B \\ C & D \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \cos \beta l & jZ_0 \sin \beta l \\ j \sin \beta l / Z_0 & \cos \beta l \end{bmatrix} \\ &= \cos \beta l \begin{bmatrix} 1 & jZ_0 \tan \beta l \\ j \tan \beta l / Z_0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

$$S = j \tan \beta l = - \frac{1}{\sqrt{1 - S^2}} \begin{bmatrix} 1 & SZ_0 \\ S/Z_0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Deze matrix noemt men de matrix van het *eenheidselement* met de karakteristieke impedantie Z_0 .

Voordat we de elementaire lijnstukken aan elkaar knopen (cascaderen) tot een lange lijn, zullen we eerst een aantal vereenvoudigde eenheidselementen beschouwen (zie fig. 3).

Stel $U_2 = 0$ (de uitgang is kortgesloten). De ingangsimpedantie bedraagt $U_1/I_1 = SZ_0$ en we noemen Z_0 een *S-vlak-zelfinductie*.

Is de uitgangsstroom $I_2 = 0$ (open uitgang), dan wordt de ingangsimpedantie $U_1/I_1 = Z_0/S$. Hieruit volgt een *S-vlak-capaciteit* $C = 1/Z_0$.

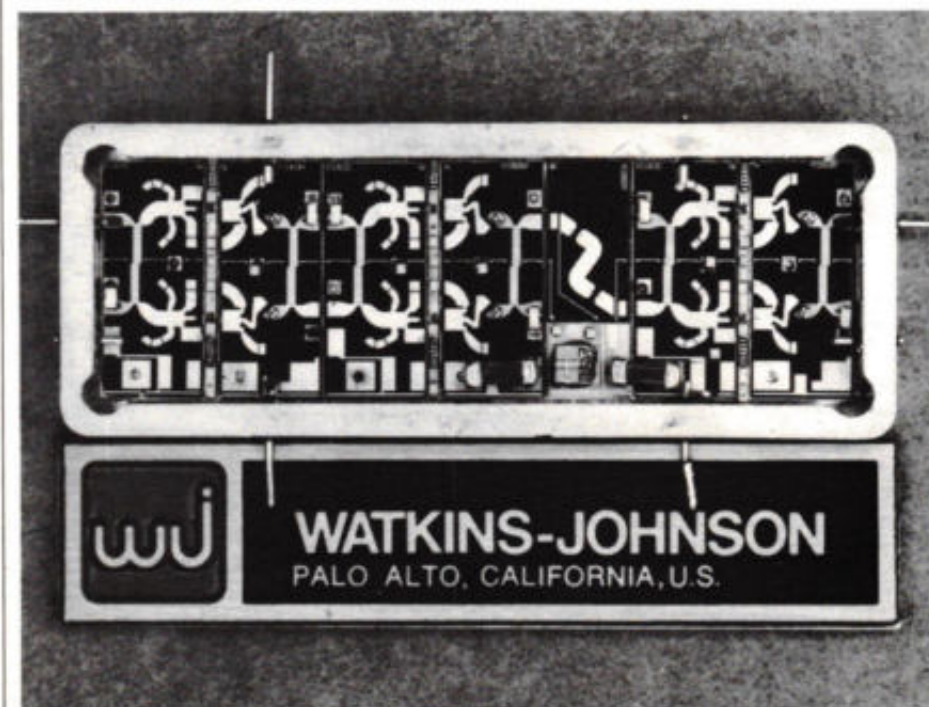
In de microgolfttechniek moeten we voorzichtig zijn met de interpretatie van het voorgaande. Het is namelijk niet zo dat de S-vlak-capaciteit zich fysisch altijd capacitief gedraagt. Voor dat gedrag is de grootte $S (= j \tan \beta l)$, en dus de frequentie hiervan, bepalend. Is $\tan \beta l > 0$, dan gedraagt de S-vlak-capaciteit zich inderdaad capacitief, maar als $\tan \beta l < 0$, dan gedraagt hij zich juist inductief, dat wil zeggen analoog aan de S-vlak-zelfinductie. De gedaantewisseling vindt plaats bij $\tan \beta l = 0$, ofwel bij $\beta l = \pi/2$. De frequentie f_R waarbij dit gebeurt noemt men de *resonantiefrequentie*.

Rekenen we de lengte uit van het stuk transmissielijn waarbij resonantie plaats vindt, dan krijgen we: $\beta l = \pi/2$; $l = \pi/2\beta$. Uit $\beta = 2\pi/\lambda$ volgt: $\beta = \lambda/4$. De lengte waarbij resonantie optreedt is dus gelijk aan een kwart golflengte.

MICROGOLFFILTERS

De truc van het werken met eenheidsele-

Microgolffilter voor het frequentiegebied 8...12 GHz. De versterkertrappen zijn symmetrisch uitgevoerd. De versterker heeft een versterking van 20 dB bij een ruisgetal van slechts 3 dB. Vrijwel alles is goud wat er blinkt...



microwave components van bodamer



Microwave components
Couplers
Rotary joints
Coax. relays

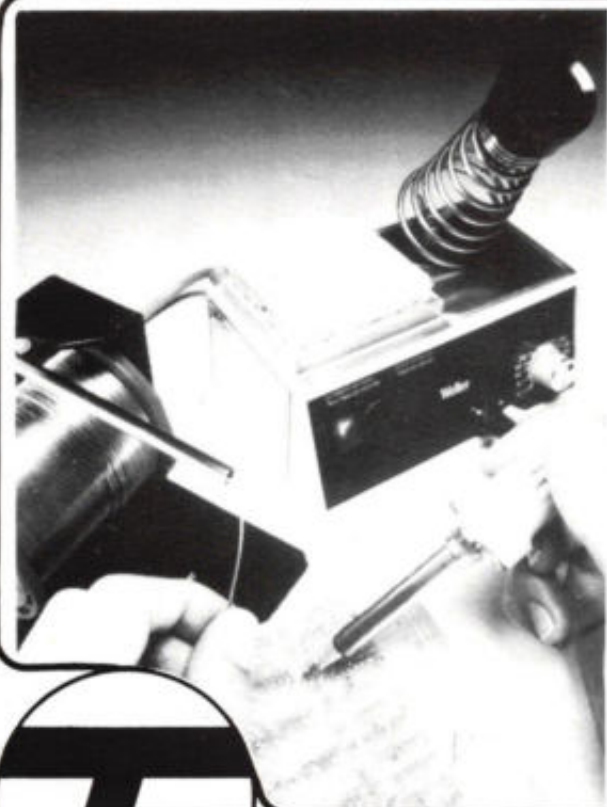
bodamer Havenstraat 8
international bv Zaandam
Tel. 075-351521
Bodamer België: Pamelstraat 371
B1770 Liedekerke - Tel. 054-337984



Wave guides
Twists and bends
Rigid, flexible and twistable



Coax. connectors
SMA; SMB; SMC. N. and TNC
Adaptors
Low loss coax. cable 18 GHz
Coax. cable assemblies
Phase-shifters



Voor elk werk de juiste temperatuur

Het complete Weller Soldeer-programma bij Technical Tools in voorraad. Voor professioneel solderen laten wij U kiezen uit verschillende systemen van temperatuur-regeling, vermogens en voltages. Ja, ook 12V en 24V en 42 V en 110 Volt.

Bovendien liggen alle onderdelen voor Weller Soldeerbouten bij ons op de plank.

Weller . . . warm aanbevelen.

U kunt het allemaal vinden in onze catalogus. Even bellen!



TECHNICAL TOOLS B.V.

Postbus 22031 3003 DA - Hoogstraat 62-64 - Rotterdam - Tel. 010-125697 en 125874



METEN EN AUTOMATISEREN

nieuws

produktontwikkelingen van Hewlett-Packard

MEI/JUNI 1983



Hogere precisie bij sweepmetingen van componenten

Hewlett-Packard's nieuwste scalaire netwerkanalyzer, de HP 8756A, biedt krachtige meetprestaties en nieuwe bedieningsmogelijkheden die de kwaliteit en productiviteit van uw sweepmetingen in het hoogfrequent en microgolf gebied aanzienlijk verhogen. De microprocessor-gestuurde HP 8756A bezit een aantal nieuwe tijdbesparende eigenschappen met behoud van het bedieningsgemak dat gebruikelijk is bij de traditionele scalaire netwerk-

analyzers. Het combineren van de HP 8756A met de nieuwe bijbehorende high-directivity bruggen en aangepaste Hewlett-Packard signaalbronnen levert een geheel programmeerbaar meetsysteem op met een frequentiegebied van 10 MHz tot 40 GHz, toepasbaar bij onderzoek, maar ook bij automatisch meten.

(Vervolg op pag. 2)

Hogere precisie bij sweepmetingen van componenten

(Vervolg van pag. 1)

Snel en eenvoudig gebruik

Het efficiënt meten van invoegverlies of versterking, returnverlies en absoluut vermogen kan met behulp van slechts vijf toetsen op het bedieningspaneel van de HP 8756A worden gedaan. Andere eigenschappen van de HP 8756A, die de productiviteit verhogen:

- Op het beeldscherm verschijnen zowel de meetcondities als de meetwaarden.
- De automatische meetbereikinstelling zorgt voor een zo groot mogelijke beeldvulling.
- De digitale beeldcursor met cursor max/min en cursor Δ zorgt voor een nauwkeurige weergave van amplitude- en frequentiewaarden van ieder punt van de elektronenstraal.
- Instellingen van de bedieningsorganen kunnen worden opgeslagen en weer worden opgeroepen om de meetsnelheid te verhogen en om herhaalde procedures nauwkeurig te reproduceren.
- Directe digitale plots (zonder computer) naar plotters met een HP-IB (IEEE 488)-aansluiting zorgen voor het vastleggen van de beeldscherm inhoud samen met de instelwaarden.
- Variabele sweeps over verschillende frequentie-bereiken of vermogenniveaus helpen bij het afregelen van onderling afhankelijk parameters.
- Digitale middeling verlaagt de ruis en verhoogt de resolutie.
- Ijkprocedures zoals "open-short" middeling en detector offset verhogen de nauwkeurigheid en de resolutie.
- Automatisch testen van interne digitale functies.

Ruime keuze aan signaalbronnen

Hoewel de HP 8756A met praktisch elke hoogfrequent of microgolf sweep-signaalbron kan worden gebruikt, worden de mogelijkheden sterk vergroot bij het gebruik met de HP 8350B Sweeper of de HP 8340A Synthesized Sweeper. Een eigen bus tussen de HP 8756A en de 8350B of de 8340A laat de analyzer als systeem-controller functioneren. De HP 8340A biedt de resolutie en de nauwkeurigheid van de synthesizer en een analoge sweep van 10 MHz tot 26,5 GHz, terwijl de HP 8350B van 32 verschillende hoogfrequent plugins kan worden voorzien, die het frequentiegebied van 10 MHz tot 40 GHz beslaan.

Automatische besturing met HP-IB

Alle mogelijkheden van de HP 8756A kunnen ook worden gebruikt bij automatische systemen. Alle bedieningsorganen en de meeste softkeys zijn programmeerbaar via de Hewlett-Packard Interface Bus (IEEE 488). De HP 8756A kan 401 punten met volle resolutie (0,01 dB) naar een computer sturen in precies 35 ms. Het oversturen van meetgegevens van één enkele frequentie duurt 5 ms. Men kan beschikken over beeldbuisgraphics voor door de gebruiker vast te leggen grenswaarden, diagrammen en instructies. Een volledig programmeerbaar automatisch scalar netwerkanalyzer meetsysteem kan eenvoudig worden opgebouwd door de HP 8756A te combineren met de HP 8350B Sweeper of de HP 8340A Synthesized Sweeper en een desktop computer van Hewlett-Packard. Krachtige systeemsoftware is eveneens leverbaar.

Voor meer informatie kruist u vakje A op de antwoordkaart aan.

Coaxiale meetaccessoires

De coaxiale vaste verzwakkers van de HP 8439C-familie bestrijken een groot frequentiegebied (gelijkspanning tot aan 26,5 GHz) en hebben nominale verzwakkingen van 3, 6, 10, 20, 30 en 40 dB. Ze zijn uitgevoerd met de APC-3,5 connector voor een lage staande golfverhouding, een lange levensduur en het doorstaan van honderden keren aan- en afkoppelen. Optie 890 levert ijkwaarden. Een en ander is zelfs voor het gebruik beneden 18 GHz het overwegen waard bij metingen die tijdens de productie worden uitgevoerd omdat het slijten van connectoren daar een probleem is.

De HP 11583C is een speciaal geijkte set van vier HP 8493C verzwakkers (3, 6, 10 en 20 dB) in een notehouten kistje. De set is individueel geijkt zoals voorgeschreven door het United States National Bureau of Standards. Voor het gebruik in automatische meetsystemen is de HP 8497K te overwegen; een high-performance, programmeerbare 90 dB stappenverzwakker. Zijn frequentiegebied loopt van gelijkspanning tot 26,5 GHz in stappen van 10 dB. Hij heeft een staande golfverhouding die lager is dan 1,8 en een invoegverlies van slechts 2,8 dB bij 26,5 GHz. De reproduceerbaarheid is zelfs na 1.000.000 schakelingen nog 0,05 dB.

De HP 909C afsluitweerstand is bedoeld voor extreem nauwkeurige ijkingen in het gebied tussen gelijkspanning en 2 GHz. Met de APC-7-connector is de staande golfverhouding kleiner dan 1,005. De connectortypes N (f) en N (m) zijn optioneel verkrijgbaar.

Het werkgebied van de HP 909D afsluitweerstand loopt van gelijkspanning tot 26,5 GHz; hij is uitgevoerd met APC-3,5-connector

Deze nieuwe coaxiale meetcomponenten geven betere resultaten en zijn bruikbaar tot 26,5 GHz.



en heeft een staande golfverhouding van <1,22 en is bruikbaar tot 34 GHz met een verwachte staande golfverhouding van 1,3. Hij is leverbaar met APC-3,5(m)-of APC-3,5(f)-connectoren.

Voor meer informatie kruist u vakje B aan op de antwoordkaart.

Testen van data-communicatie met analoge TIMS en digitale data-analyse

Is uw datacomnetwerk minder vaak beschikbaar dan u zou willen? Klagen uw klanten omdat het systeem plat ligt? Het testen van datacommunicatie verhoogt de beschikbaarheid van een netwerk en de opbrengst ervan, vandaag de dag een belangrijk punt voor iedere tak van handel en industrie.

Een uitgebreide digitale en analoge testset wordt nu door Hewlett-Packard in één apparaat aangeboden. Het bestaat uit de nieuwe HP 4925A Bit-Error-Rate testset en de HP 4936A (CCITT-versie) Transmission Impairment Measuring Set (TIMS). De HP 4925A vervangt eenvoudigweg het deksel van de 4936A. Het is een makkelijk te hanteren systeem, dat alle essentiële metingen omvat die nodig zijn voor het foutzoeken in de meeste data-verbindingen tot 72kbps en de controle op de juiste wijze van installeren van netwerkcomponenten.

Het schema geeft aan waar de HP 4936A en de HP 4925A worden ingepast bij het testen van een gebruikelijke dataverbinding. De HP 4936A test tussen de analoge interfaces van de modems en meet de belangrijke parameters van de telefoonlijn. De HP 4925A test tussen de meerpolige digitale interfaces van twee modems, zoals getoond, en meet de invloed van de modems en de telefoonlijn op de doorvoer van data. Daarnaast test hij snel en nauwkeurig printers en terminals.

Meer dan BERT

De HP 4925A is meer dan alleen een instrument voor het meten van de bit-error-rate. Dit nieuwe lid van de datacominstrumentenfamilie van Hewlett-Packard biedt veel mogelijkheden die anders alleen in duurdere digitale testsystemen worden aangetroffen.

Afzonderlijke schakelaars maken het mogelijk de interfaceverbindingen te onderbreken. LCD's bewaken 10 verbindingen op positieve of negatieve spanningen. Positieve en negatieve spanningsbronnen geven u de mogelijkheid op elke verbinding een mark of een space te zetten.



De HP 4925A komt in de plaats van het deksel van de HP 4936A

De HP 4936A Transmission Impairment Measuring Sets en de HP 4925A Bit-Error-Rate Test Set voorzien tezamen in uitgebreide datacommunicatiemetingen voor service, installatie en onderhoud.

De HP 4925A is een uniek stuk gereedschap voor het testen tijdens het installeren. Hij voert drie verschillende opstarttests uit en de belangrijke request-to-send/clear-to-send (RTS-CTS) vertragingmeting. Hij kan ook een modem vervangen en een FOX-boodschap naar terminals of printers sturen om te zien in hoeverre zij data ontvangen en weergeven. Voor asynchrone, karakter-georiënteerde systemen, kan het digitale telegram worden voorzien van start- en stopbits en kan een parity worden gekozen.

De HP 4925A weegt slechts ca 1,5 kg met batterijen en kan als apart meetinstrument worden besteld. De HP 4936A weegt ca 5 kg met batterijen.

Voor meer informatie kruist u vakje C aan op de antwoordkaart.

Computers, Peripherals en Calculators

Hoe u de meest geschikte X-Y plotter of recorder kunt kiezen

Werkt u met een HP 853A Spectrum Analyzer Display, of met een HP 1980 A/B Oscilloscoop Meetsysteem, een HP 3724A/25A/26A Baseband Analyzer of een HP 5180A Waveform Recorder? Deze, en bijna 100 andere Hewlett-Packard meetsystemen, kunt u optimaal benutten door gebruik te maken van "hard-copy" grafische weergaves. De voordelen zijn duidelijk; sneller inzicht in de resultaten van de metingen, betere communicatie en ideaal voor het geven van presentaties. Deze verbeteringen kunnen leiden tot aanzienlijke tijdsbesparing en daarmee een kostenbesparing voor uw bedrijf betekenen.

In een 6 pagina's tellende brochure zijn van deze 100 instrumenten de outputmogelijkheden aangegeven (direct of via een computer

naar een plotter, of direct naar een recorder). Ook spanning en penlift outputs voor X-Y recorders zijn vermeld. Voor elke toepassing kunt u zien welke recorder of plotter het meest geschikt is.

Voor een gratis exemplaar van deze brochure "X-Y Recorder and Graphics Selection Guide for HP Instruments" gelieve u vakje D op de antwoordkaart aan te kruisen.

Voor meer specifieke plotter toepassingen zijn de volgende brochures (eveneens gratis) beschikbaar:

"Add Report Quality Graphics to your 3054 System", vakje E

"Add Report Quality Graphics to your HP 1980 A/B Oscilloscope Measurement System", vakje F

"Add Report Quality Graphics to your Signal Analysis System", vakje G.

Tekeningen maken op kleurenbeeldschermen.

U kunt nu naar believen en zonder toetsenbord data invoeren op de HP 2627A Color Graphics Terminal met de nieuwe HP 17623A Graphics Tablet.

Het over het tablet bewegen van de schrijfstift is net zo gemakkelijk als het schrijven met pen en papier. Het tablet kan tot een comfortabele stand worden gekanteld bij gebruik op een tafel, maar is ook licht genoeg om op schoot te nemen. Het tablet is voor zowel links- als rechtshandige gebruikers even gemakkelijk; het coördinatenstelsel kan d.m.v. een knop worden omgekeerd.

De combinatie van de HP 2627A Graphics Terminal en de HP 17623A Graphics Tablet vormt een voordelig grafisch werk-



Grote beeldscherpte en snelle uitwisseling van gegevens kenmerken de HP 17623A Graphics Tablet voor de HP 2627A Color Graphics Terminal.

station voor kleur. Met software als HPDRAW, GRAPHICS/1000-II of GRAPHICS/9000 kan deze combinatie communiceren met een computer met een RS-232-C ingang.

Het plat uitgevoerde tablet heeft een actief oppervlak van 8,5 x 11,6 inch (217 x 295 mm) voor digitaliseren en biedt twee verschillende beeldschertes: 390 x 512 punten, wat overeenkomt met het beeldscherm, of 1560 x 2048 punten, hetgeen een viermaal zo grote beeldscherpte oplevert (niet met DGL software). Verder kent het tablet twee methoden voor het overbrengen van informatie, drie instellingen voor verschillende pentypes, een on-line/off-line toets, een enter pointtoets voor het nauwkeurig overbrengen van coördinaten en een toets om het assenstelsel om te keren.

De HP 17623A heeft een optimale interactie met de terminal; de cursorbesturing is onafhankelijk van de centrale computer. Het effect hiervan is een snellere responstijd en een grotere productiviteit van de gebruiker.

De coördinaten kunnen in ASCII-code naar de computer worden gezonden, wat het programmeren vereenvoudigt, of binair om de transmissietijd te beperken. De gebruiker heeft verder keus uit verschillende methoden voor het overbrengen van de coördinaten. Er kan telkens bij elk contact met de schrijfstift één coördinaat worden overgebracht voor toepassingen als het selecteren van een programma uit een menu. Ook kan een reeks coördinaten worden overgebracht voor tekenen uit de losse hand of voor controle.

Het tablet is eenvoudig in gebruik te nemen. Er kan een interface-module in het contact voor het toetsenbord van de terminal worden gestoken. De connectoren van het tablet en het toetsenbord worden vervolgens in deze module gestoken. Een netaansluiting is niet nodig omdat de module via de terminal gevoed wordt.

Voor aanvullende informatie kunt u **H** aankruisen op de antwoordkaart.

Betere penplotters bij gelijkblijvende prijs

Twee verbeterde penplotters van Hewlett-Packard, de HP 7580B D-size (A1) en de HP 7585B E-size (A0) hebben een grote nauwkeurigheid en nieuwe computer interface mogelijkheden. De prijs is hetzelfde gebleven.

De beide plotters zijn standaard uitgevoerd met de RS-232-C/V.24 communicatie-interface en de HP-IB (IEEE 488) instrumentatie-interface.

Als bij een plotter - die wordt toegepast bij het ontwerpen van schakelingen, het ontwerpen van mechanische onderdelen of het bouwkundig ontwerpen - kan worden gekozen tussen de twee belangrijkste types interface, wordt het mogelijk de plotter op een grote verscheidenheid van host-computers aan te sluiten.

Door gebruik te maken van twee RS-232-C/V.24 interfaceconnectoren kunnen zowel de HP 7580B als de 7585B op de lijn meeluisteren waardoor er bij het gebruik van een plotter samen met een terminal maar één interface-aansluiting van de computer behoeft te worden gebruikt. Dit is vooral van belang bij remote-toepassingen omdat dan slechts één telefoonlijn en één modem nodig zijn om een terminal en een plotter gezamenlijk te gebruiken (eavesdrop).

Beide plotters maken gebruik van microgrip aandrijftechniek en hebben microprocessor-besturing, hoge resolutie (0,025 mm adresbaar en 0,003 mm mechanisch), hoge versnelling (4G) en programmeerbare tekensnelheid (tot 60 cm/s, onafhankelijk van de richting).

De hogere nauwkeurigheid is van belang als er aan nauwe toleranties

moet worden voldaan, zoals bij het ontwerpen van gedrukte bekrading en mallen.

Voor meer informatie kruist u vakje **1** aan op de antwoordkaart.



Remote timesharing, computer-aided design, bouwtechniek en kartering zijn enkele toepassingsmogelijkheden van de 7580B en de 7585B penplotters.

De Instruments Product Group van Hewlett-Packard heet nu Electronic Test and Measurement Group

Hewlett-Packard Company is een wereldomvattend bedrijf met ruim 68.000 werknemers die zorgen voor de ontwikkeling, productie en verkoop van meer dan 5000 hoogwaardige elektronische producten voor het verrichten van metingen, analyses en berekeningen. De Hewlett-Packard organisatie omvat ca. 30 Produkt Divisies die zijn samengevoegd tot 5 produkt groepen:

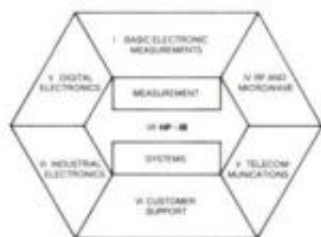
Computer Marketing Group, Medical Product Group, Analytical Product Group, Components Product Group en de Electronic Test and Measurement Group. Deze laatste genoemde Group heette voorheen Instruments Product Group.

Het ontwerpen en produceren van elektronische test- en meetinstrumenten was de eerste activiteit van Hewlett-Packard. Door voortdurend in Research and Development te investeren is Hewlett-Packard er in geslaagd doorlopend nieuwe technologische ontwikkelingen te realiseren.

Deze technologische ontwikkelingen hebben bijgedragen tot het ontwerpen van nieuwe elektronische apparatuur voor toepassing op medisch gebied, in de wetenschap, industrie, administratie, bedrijfsbeheer en het onderwijs. Hewlett-Packard heeft zich de laatste jaren sterk gericht op het ontwikkelen van totaal-oplossingen in de meet- en regel sector. Het MPN concept (Management Productivity Network) is de basis van alle ontwikkelingen in elke Product Group.

Veel apparatuur wordt geleverd in instrumentatie systemen onder controle van een desk-top- of minicomputer, verbonden door de HP-IB (Interface Bus). Deze door Hewlett-Packard ontwikkelde Interface Bus wordt als IEEE 488 Standaard zo algemeen geaccepteerd, dat thans honderden instrumenten van meer dan 50 verschillende fabrikanten hierop aansluitbaar zijn. Hewlett-Packard levert zelf ruim 200 verschillende instrumenten die aan de HP-IB norm voldoen.

Door het brede scala van elektronische test- en meetapparatuur opereert Hewlett-Packard in diverse markten die elk een eigen benadering vereisen. Om de afnemers zo goed mogelijk van dienst te kunnen zijn, wordt een onderverdeling naar produktspecialisatie gehanteerd volgens het hierbij afgebeelde overzicht.



I. Basic Electronic Measurements: Frequentie counters, signaalbronnen, power supplies, voltmeters, recorders, signaal analyzers, grafische displays, componenten testapparatuur, oscilloscopen, plotters.

II. Digital Electronics: Logic analyzers, micro processor ontwikkel-systemen, logic troubleshooters, woord generatoren.

III. Industrial Electronics: Laser systemen, data acquisitie, board testers, productie automatisering.

IV. RF and Microwave: Spectrum analyzers, netwerk analyzers, signaal analyzers, sweepers, couplers, detectors.

V. Telecommunications: Kabel testers, voice en datalijn testers, digitale protocol analyzers, FDM en PCM terminal test sets, radio system analyzers.

VI. Customer Support: Dit is een integraal onderdeel van elk Hewlett-Packard meetsysteem. Immers, door een goede begeleiding is een optimale inzetbaarheid gedurende een lange periode gewaarborgd.

VII. Measurement HP-IB systeem: Uit de hierboven vermelde instrumenten kan een systeem worden samengesteld op specificatie van de gebruiker. Of het nu gaat om een eenvoudige voltmeter, controller combinatie of een complex netwerk van meet- en regelstations doet er niet toe. Het systeem wordt op maat gemaakt en geleverd.

De System Engineering Organisatie (SEO) verzorgt adviezen voor en na de aanschaf, training, software ondersteuning, bijscholingscursussen en hardware service. De ondersteuning die Hewlett-Packard biedt is geheel afhankelijk van de behoefte die de klant heeft. Bij problemen kan de klant te allen tijde terugvallen op deze support organisatie.

Uit het bovenstaande blijkt dat de Instruments Product Group meer doet dan het verkopen van meetinstrumenten: daarom is de naam gewijzigd in **Electronic Test and Measurement Group**.

Wilt u meer informatie over Hewlett-Packard? Kruist u dan vakje Y1 aan. Voor een brochure over Customer Support kunt u vakje Y2 aankruisen.

Nieuw kantoor in Eindhoven

Sinds januari 1980 zijn de verkoop- en service-activiteiten in Nederland opgesplitst in twee regio's: Noord-Nederland en Zuid-Nederland. De noordelijke regio wordt bediend vanuit de vestiging in Amstelveen, die tevens het hoofdkantoor voor Nederland huisvest. In Capelle a/d IJssel werd in 1980 een kantoor betrokken voor de activiteiten in de zuidelijke regio. Onlangs werd in deze vestiging een computercentrum ingericht.

Door de steeds doorgaande groei is verdere decentralisatie noodzakelijk geworden. In verband hiermee is de gehele Electronic Test and Measurement Group per 6 juni 1983 verhuisd naar Eindhoven.

Wij hopen onze relaties in de regio Zuid-Nederland voortaan vanuit deze nieuwe vestiging optimaal te kunnen bedienen.

Organisatie "Electronic Test and Measurement Group"

De algehele verantwoordelijkheid van de Electronic Test and Measurement Group in Nederland berust bij de heer Th. van der Staay.

Alle activiteiten m.b.t. customer support worden, eveneens vanuit de vestiging te Amstelveen, gecoördineerd door de heer M. Savenije.

	Regio Noord-Nederland	Regio Zuid-Nederland
Sales Manager	W. van Setten	F. Cox
Staff engineer	D. Vogelsang	J. Faber
Secretariaat	Mevr. E. Nienhuis	Mevr. D. Driessen
Kantooradres	v. Heuven Goedhartlaan 121 1181 KK Amstelveen	Past. Peterstr. 134-136 5612 LV Eindhoven
telefoon	020-472021	040-326911
telex	13216 HEPA.NL	51484 HEPAE.NL

Hewlett-Packard apparatuur ingezet bij de Oosterschelde werken

Van Rietschoten en Houwens, opgericht in 1860, is gespecialiseerd in de levering en installatie van machines, apparatuur en gereedschappen voor de scheepvaart en de meest uiteenlopende takken van industrie. De activiteiten zijn onderverdeeld in vijf bedrijfstakken: Technologie, Utiliteit en Woningbouw, Industrie, Schepen en Diverse Activiteiten. De kracht van het bedrijf ligt in de geïntegreerde uitvoering van opdrachten, van de ontwerpfase tot en met de nazorg. Met ca. 1800 medewerkers is het in zijn soort het grootste elektrotechnisch installatiebedrijf in Nederland.

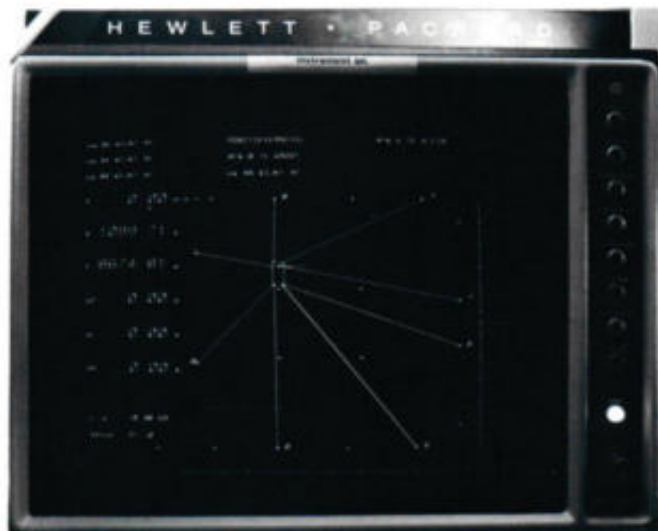
Van Rietschoten en Houwens is al geruime tijd een tevreden afnemer van meet- en testapparatuur en computers van Hewlett-Packard. Het Oceanlog project, inmiddels bijna 10 jaar geleden gestart, is een goed voorbeeld van de samenwerking tussen beide ondernemingen. Voor oceanografisch onderzoek werd een "logging en processing" systeem ontwikkeld met behulp van Hewlett-Packard apparatuur. Allerlei grootheden zoals diepte, positie, magnetisme, zwaartekracht, zoutgehalte en allerlei meteorologische grootheden moesten hiervoor worden gemeten, vastgelegd (logging) en verwerkt (processing).

Aan het Oosterschelde-project, waarvoor inmiddels wereldwijde belangstelling bestaat, heeft Van Rietschoten en Houwens eveneens een bijdrage geleverd.

Voor de stormvloedkering moeten 66 pijlers, zo hoog als een flatgebouw en 18 miljoen kilo zwaar, in open zee op funderingsmatten geplaatst worden (met een nauwkeurigheid van 15 cm). Om dit te realiseren zijn vijf speciale schepen gebouwd c.q. aangepast. Eén hiervan, de Jan Heijmans, oorspronkelijk een drijvende asfaltfabriek van Bitumarin B.V., is omgebouwd voor het storten van filtermateriaal tussen de funderingsmatten. De matten worden door een ander schip (de Cardium) in samenwerking met de Jan Heijmans gelegd. Deze werkzaamheden zijn erg tijdkritisch i.v.m. de sterke stroming. Aan de besturing en de juiste positionering worden zeer hoge eisen gesteld. Bij de aanpassing van het schip en met name het ontwerp en de bouw van de installaties en de besturingen is Van Rietschoten en Houwens vanaf het begin betrokken geweest. Om alles te regelen en te registreren zijn zo'n 150 controle en stuursignalen benodigd. Voor dit doel is op de Jan Heijmans een computersysteem geïnstalleerd met drie onderling gekoppelde HP 9825T computers. Een groot aantal condities en resultaten wordt zichtbaar gemaakt op printers, plotters en displays.



Het Jan Heijmans survey-systeem is geconfigureerd rond drie HP 9825T desktop computers met veel Hewlett-Packard- en andere randapparatuur. Zichtbaar zijn twee HP 6940B multiprogrammers en twee HP 9872S plotters.



Het verhaan van de Jan Heijmans geschiedt m.b.v. lieren en ankerkabels. Positie van het schip alsmede enkele belangrijke grootheden worden zichtbaar gemaakt op een HP 1350S grafisch systeem. Het schip wordt met een constante snelheid langs een vooraf bepaald traject gestuurd.

De drie computers hebben elk een specifieke taak en een daarmee verband houdende naam: nl. Master, Control en L.T.O. (Lage Transducer Opstelling).

Ten behoeve van de onderlinge gegevensuitwisseling zijn de Control en de L.T.O. computer beide met de Master verbonden.

- A. De Master zorgt voornamelijk voor de positiebepaling, de communicatie met de andere twee, alsmede de besturing van de ontzandingsinstallatie. Deze installatie, jetbalk genaamd, voor het opschonen van de matten en de tussenruimtes, is onder het schip gemonteerd. De jetbalk dient onafhankelijk van de scheepsbewegingen het bodemprofiel op een vaste voorgeschreven afstand te volgen.
- B. De Control regelt de verplaatsing van de Jan Heijmans met een vaste snelheid langs een vooraf bepaalde baan. Dit gebeurt via acht ankerlienen. De plaats van de ankers is bekend en de positie van de aangrijpingspunten van de ankerdraden aan de Jan Heijmans eveneens, zodat op elk moment de Control computer kan berekenen aan welke draden getrokken dient te worden en welke gevierd moeten worden teneinde gewenste snelheid en koers te handhaven.
- C. De L.T.O. computer registreert de eigen dieptepeilingen en verwerkt eveneens de peilingen die eerder door de Cardium verricht zijn. De L.T.O. is een balk met 18 transducers (echoloden) op 1 meter onderlinge afstand waarmee gelijktijdig 18 dieptemetingen gerealiseerd worden. Deze L.T.O. balk is, net als de jetbalk, in de breedte onder de Jan Heijmans gemonteerd. De diepte t.o.v. een referentieniveau (NAP) en de stand waaronder de L.T.O. balk staat, zijn op ieder moment bekend, zodat het computersysteem met de gepeilde dieptes de bodemligging kan bepalen.

Hewlett-Packard apparatuur kan worden ingezet voor de meest uiteenlopende meet- en regelproblemen. Hierboven is één van de vele toepassingsmogelijkheden van de Hewlett-Packard Interface Bus (HP-IB) beschreven.

Voor meer informatie over HP-IB kunt u vakje Y3 op de antwoordkaart aankruisen.

Individueel CAD-werkstation biedt voordelig kleur



Voor o.a. software ontwerp, ontwikkeling van geïntegreerde schakelingen, grafische weergave van bedrijfsinformatie en commerciële ontwerpen, is dit Personal Computer Aided Design Workstation bij uitstek geschikt.

Een voordelige kleurenuitvoering van de zeer krachtige Hewlett-Packard serie 200 technische computersystemen die op de 68000 zijn gebaseerd, is nu beschikbaar.

De HP serie 200 model 36C, ontworpen als een CAD-werkstation, biedt elke technicus, voor een aanvaardbare prijs, uitbreiding met kleur. Het systeem wordt onder andere gekenmerkt door vier grafische geheugenvlakken, een grijschaal en een programmeerbaar kleurenpalet dat eenvoudig te besturen is met behulp van de verbeterde grafische mogelijkheden van BASIC en Pascal. De 36C beschikt over een ingebouwd schijfgeheugen. Een uitgebreide reeks randapparatuur kan worden aangesloten.

Een aantal technische softwarepakketten maakt intensief gebruik van de mogelijkheden van grafische kleurenweergave. Deze zijn beschikbaar via het HP Third-Party Softwareprogramma; bijvoorbeeld 2-D tekenen, eindige elementenanalyse en pakketten voor het analyseren van ruis en trillingen. Een algemeen systeem van Hewlett-Packard voor het genereren van technische ontwerpen, waarmee de gebruiker gedrukte bedradingen, schema's en andere 2-D tekeningen kan ontwerpen, is gepland in de zomer van 1983.

Netwerken

Via Hewlett-Packard Shared Resource Management Network (SRM) kan model 36C zowel aan andere serie 200 systemen worden gekoppeld als aan de 32 bit systemen van de HP9000-lijn voor het gemeenschappelijk gebruik van data- en programmabestanden, grote schijf-eenheden en printers. De HP serie 200-lijn omvat de modellen 20 en 26 Instrument Controllers, model 36 Engineering Workstation en model 16 Personal Technical Computer. Tussen alle serie 200 systemen kan programmatuur in BASIC en Pascal zonder meer worden uitgewisseld.

Voor aanvullende informatie kunt u J aankruisen op de antwoordkaart.

Instrumentenbesturing voor produktietests

Een nieuwe besturing voor meetapparatuur van Hewlett-Packard biedt de prestaties van de op de 68000 gebaseerde HP serie 200 computers in een uitvoering voor rekmontage. Het systeem kan worden uitgevoerd met diverse schijf-eenheden en toetsenborden en beschikt over 15 slots voor I/O en geheugen.

De HP serie 200 model 20 is dank zij de flexibiliteit, de stevige constructie en de grote I/O capaciteit zeer geschikt voor testwerk bij industriële productie zoals bijvoorbeeld kwaliteitscontrole, calibreren of het controleren van de werkomgeving. Het systeem kan op uw bijzondere eisen worden afgestemd en is bestand tegen stof en olie-dampen die in een productieomgeving dikwijls voorkomen. Het combineert de eigenschappen van een modulaar besturingssysteem met de programmeermogelijkheden van een desktopcomputer.

Zeer geschikt voor besturing van meetinstrumenten

Model 20 beschikt over een MC 68000 CPU met 8 Mhz interval-frequentie. Een 32 bit interne en een 16 bit externe architectuur zorgen voor zeer snelle in- en uitvoer. Ingebouwde I/O besturing, programmeerbare interrupts op zeven niveaus en uitgebreide I/O instructie helpen het opnemen van deze besturing in een testsysteem te vereenvoudigen.

Met de HP 9888A Bus Expander kan het aantal slots van een model 20 systeem tot 31 worden uitgebreid. Met vier expanders kan het geheugen worden vergroot tot 7 Mbytes en kunnen 24 I/O kaarten worden gebruikt.

Compatibel met HP serie 200 computers

Model 20 Instrument Controller kan BASIC en Pascal programma's verwerken die zijn geschreven voor andere Hewlett-Packard serie 200 systemen, waaronder de modellen 16, 26 en 36. Het systeem kan gemeenschappelijk informatie en randapparatuur gebruiken met andere serie 200 modellen en met de HP 9845 en HP 9000 (alleen Basic) via het SRM (Shared Resource Management) Network.

Voor aanvullende informatie kunt u K aankruisen op de antwoordkaart.



De HP serie 200 model 20 Modular Instrument Controller bestaat uit een computer, een 12 of 9 inch (305 of 229 mm) beeldscherm, verschillende toetsenbordmogelijkheden en samengestelde video interfacekaarten voor het aansluiten van het beeldscherm aan de computer.

Hewlett-Packard's spraakmodule geeft uw computer een stem



De HP 27201A Speech Output Module is zeer eenvoudig aan te sluiten en te gebruiken. De koptelefoon wordt meegeleverd.

Als u een computertoepassing hebt waarbij het nodig is dat boodschappen, waarschuwingen of foutmeldingen worden gegeven aan iemand die vaak niet aanwezig is, neem dan geen genoegen met een zoemer en een boodschap op het beeldscherm. Geef uw computer een stem en laat hem de operator vertellen wat er aan de hand is en wat hij moet doen.

De HP 27201A Speech Output Module levert een hoogwaardige spraakwaliteit tegen een lage prijs. De module is flexibel genoeg om het genereren van gesproken woord tot een zeer bruikbare techniek te maken voor een groot aantal verschillende toepassingen. Zo kan de technicus bij het testen van schakelingen met de computer, in

plaats van naar het beeldscherm te moeten kijken, zich volledig concentreren op hetgeen er wordt getest en naar de spraakmodule luisteren om het goed- of afkeuren te vernemen. In een rekencentrum kan de spraakmodule de operator waarschuwen dat er een magneetband moet worden opgezet of dat de printer geen papier meer heeft.

Intern of door centrale computer gestuurde tekst

De spraakmodule is een klein extern apparaat ($6\frac{1}{4} \times 4\frac{1}{4} \times 1\frac{1}{4}$ inch = 15,6 x 11,8 x 3,1 mm), dat direct op de centrale computer kan worden aangesloten of tussen deze computer en andere randapparatuur als bijvoorbeeld een terminal, printer of plotter, kan worden geschakeld. Hij maakt gebruik van een drie-aderige vaste RS-232-C kabel en werkt met een transmissiesnelheid van 19.200 bits per seconde. Het vocabulair kan worden geladen vanaf een bestand in een centrale computer of het kan in de HP 27201A zelf zijn vastgelegd in een door de gebruiker geladen EPROM. Het vocabulaire op een EPROM kan 200 woorden omvatten. De woorden kunnen in elke willekeurige taal worden vastgelegd.

Software voor een gemakkelijk gebruik

Met de softwarepakketten voor de HP 1000 en HP 3000 kost het weinig inspanning om de spraakmodule aan de praat te krijgen. Deze pakketten bestaan ondermeer uit een bestand van 1500 engelse woorden en een besturingsroutine. U kunt hiermee interactief teksten samenstellen, luisteren hoe deze klinken en voor toekomstig gebruik in bestanden vastleggen. Het schrijven van een programma is niet nodig.

Voor aanvullende informatie kunt u **L** aankruisen op de antwoordkaart.

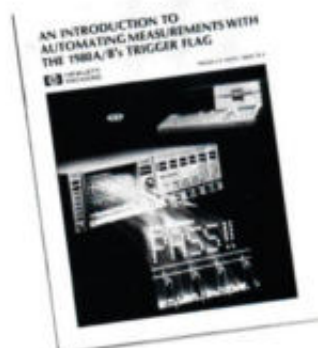
Nieuw produktinformatieblad voor automatische metingen met een oscilloscoop

De nieuwe Product Note "An introduction to Automating Measurements with the 1980A/B's Trigger Flag" beschrijft hoe programmeerbare comparatoren kunnen worden toegepast bij het automatisch meten van tijdsintervallen en spanningen (in minder dan 300 ms nominaal). Deze brochure van 8 bladzijden bevat tien tekeningen en complete specificaties en beschrijft hoe zeer goede comparatoren bij zowel statistische als dynamische metingen kunnen worden toegepast. Verschillende toepassingen worden beschreven, zoals tolerantie-metingen van spanning en timing, random-noise metingen, omhullende en burstmetingen en metingen van statisch gedrag.

Ieder HP 1980A/B oscilloscoop meetsysteem heeft een analoge meetmogelijkheid die Trigger Flag wordt genoemd. De Trigger Flag kan bij remote gebruik worden gelezen via de HP-IB (IEEE 488). Dit digitale uitgangssignaal meldt de computer wanneer de HP 1980A/B wordt getriggerd, d.w.z. dat het de computer de mogelijkheid biedt de trigger comparatoren van de HP 1980A/B te bereiken en ze voor het doen van automatische metingen te gebruiken. Automatische tijd-domeinmetingen met de Trigger Flag van de HP 1980A/B verkorten de uitvoeringstijd en bieden een oplossing bij moeilijke meetproblemen. De Trigger Flag is in het bijzonder geschikt voor toepassingen waarbij snel parameters moeten worden gemeten.

Hewlett-Packard's nieuwe 19800A Waveform Measurement Library bevat een complete set subprogramma's die met een Trigger Flag kunnen worden gebruikt. Deze Library draait op de computers van de 200-serie van Hewlett-Packard.

Voor een gratis exemplaar van de Product Note 1980A/B-4 kunt u **M** aankruisen op de antwoordkaart.



275MHz oscilloscoop

Met zijn nauwkeurigheid en resolutie van picoseconden kan de HP 1726A ondermeer IC-testsystemen karakteriseren.



Met een nauwkeurigheid tot 50 picoseconden en een resolutie van 10 picoseconden verricht de nieuwe 1726A Time Interval Oscilloscope van Hewlett-Packard betrouwbare tijdmetingen bij complexe periodieke signalen.

De HP 1726A is bij uitstek geschikt voor metingen aan de hedendaagse snelle schakelingen.

Om nauwkeurige tijdmetingen snel en betrouwbaar te kunnen uitvoeren, maakt de HP 1726A gebruik van een kristalgestuurde tijdbasis met een verfijnde oscilloscoop-triggerschakeling. Door deze combinatie geeft de HP 1726A het meetsignaal weer en meet het aangegeven tijdinterval tot op 50 picoseconden nauwkeurig. Daarnaast biedt de hybride technologie van de HP 1726A nieuwe meetmogelijkheden. Zo kunnen er bijvoorbeeld aan de eerste puls van een signaal metingen worden gedaan.

De kristalgestuurde tijdbasis van de HP 1726A heeft een resolutie van 10 ps bij het meten van tijdintervallen tot 1,2 μ s. Als de HP 1725A op triggeren staat, kunnen zijn metingen zelfs na enkele dagen worden gereproduceerd. Bij een gegeven signaal en trigger-niveau (te kiezen op het bedieningspaneel) worden dezelfde uitkomsten verkregen met een nauwkeurigheid van ± 30 ps. De trigger-mode minimaliseert de insteltijden en vereenvoudigt meetprocedures.

Toepassingen

De eisen van nauwkeurige tijdintervalmetingen zijn ontstaan door de vooruitgang in het ontwerpen van IC's, de karakteristieke wensen van custom devices, ECL-schakelingen en hogere klok-frequenties van computers en meetsystemen. Bedrijven die met deze technieken te maken hebben, kunnen de HP 1726A gebruiken voor het doen van repeterende tijdmetingen die nodig zijn om een proces te karakteriseren, systeemgedrag vast te stellen of een nieuw ontwerp te beproeven. De HP 1726A kan high-performance componenten als vertragslijnen en high-performance apparatuur als computers en IC-testers beproeven.

Voor meer informatie kruist u vakje N aan op de antwoordkaart.

Digitale displaymodule met HP-IB interface

Ontwerpers van instrumentatiesystemen kunnen nu grafische output genereren op een beeldbuis die door een desk-top computer of een andere controller over de HP-IB (IEEE 488) wordt aangestuurd. De programmeertaal voor de nieuwe HP 1346A HP-IB display-module is HP-GL (Hewlett-Packard Graphics Language), dezelfde taal die wordt gebruikt bij plotters van Hewlett-Packard, zoals de HP 9872C. Omdat HP-GL een betrekkelijk hoge programmeertaal is, wordt de hanteerbaarheid beter dan tot nog toe het geval was bij een systeem met beeldbuis display.

De HP 1346A is van het vector-scan of directed-beam type, waardoor vectoren strakke lijnen zijn in plaats van benaderingen met punten. De hoge resolutie van 1513 x 2048 punten geeft een goede detaillering bij complexe plots. De hoge update-frequentie van 50 Hz maakt real-time weergave mogelijk, zelfs bij verschillende golfvormen die elk uit honderden punten bestaan. Het lage gewicht van de module (4,8 kg), het lage opgenomen vermogen (35 W) en de robuuste modulaire opbouw maken hem geschikt voor draagbare of mobiele apparatuur, maar ook voor integratie in een systeembehuizing.

De HP 1346A displaymodule heeft een interne karaktergenerator met vijf te kiezen karaktersets en vier programmeerbare karakterafmetingen en oriënteringen. Er zijn vier programmeerbare regelsoorten en een plot mode. Vier programmeerbare schrijfsnelheden kunnen worden gecombineerd met drie programmeerbare intensiteitsniveaus waardoor tot twaalf verschillende intensiteitsniveaus kunnen worden verkregen om een beter onderscheid te maken in complexe afbeeldingen en het opnemen van de informatie te vereenvoudigen.

De HP 1346A heeft een refresh geheugen van 8k x 16 bit, waardoor de hostcomputer minder wordt belast met de refresh van het scherm. Het geheugen is opgedeeld in segmenten, zodat de display verschillende taken tegelijk kan uitvoeren. De ingebouwde zelf-test mogelijkheden verlagen de onderhoudskosten en verkorten de down time.

Voor meer informatie gelieve u **O** op de antwoordkaart aan te kruisen.



De HP 1346A displaymodule is ontworpen voor het gebruik in systemen.

Programmeerbare signature analyzer met HP-IL geeft tijdwinst

Een nieuwe signature analyzer van Hewlett-Packard biedt, voor het eerst, optionele programmeerbaarheid via óf de Hewlett-Packard Interface Loop (HP-IL) óf de HP-IB (IEEE 488). De nieuwe HP 5006A signature analyzer heeft ook samengestelde signature en een signature-geheugen; twee nieuwe functies die de gebruiker tijdswinst opleveren bij het handmatig foutzoeken in digitale schakelingen.

De samengestelde signature is de binaire som (modulus 2^{16}) van een aantal afzonderlijke knooppunt signatures. De gebruiker bespaart veel tijd bij het foutzoeken door een serie individuele signatures met de probe-schakelaar in te voeren zonder te moeten onderbreken om te zien of de signature voor ieder individueel knooppunt correct is. Alleen de samengestelde signature wordt vergeleken met het verwachte resultaat. Komt dat totaal overeen met het verwachte resultaat, dan zullen de afzonderlijke knooppunten goed zijn. Is dat niet het geval, dan hoeft de foutzoeker niet alle knooppunten opnieuw te controleren. De laatste 32 ingevoerde signatures worden gelabeld en opgeslagen in de signature geheugen-stock. De stock kan worden doorlopen om na te gaan welk knooppunt niet goed was. Op deze manier besparen foutzoekers tijd omdat ze niet apart iedere signature hoeven te vergelijken wanneer de samengestelde signature goed is en ze niet alles opnieuw hoeven te meten als de samengestelde signature niet goed is.

Aangepaste teststations verhogen de productiviteit

Het voordeel van de programmeerbaarheid via de HP-IL is dat het kleine aangepaste teststations mogelijk maakt. Een op HP-IL gebaseerd meetsysteem kan worden bestuurd met een laag geprijsde controller als de HP-41CV zakcomputer en past in een aktentas. Zo kunnen de tijdbesparende voordelen van designed-in signature analyse worden aangevoerd voor een lage investering in automatische meet-systemen.



De nieuwe HP 5006A Signature Analyzer is programmeerbaar via HP-IL (Hewlett-Packard Interface Loop). Een parallelle HP-IB interface (IEEE 488) is eveneens beschikbaar.

In aanvulling op de programmeerbaarheid via HP-IL, het nieuwe signature-geheugen en de nieuwe samengestelde signaturefunctie, biedt de HP 5006A een aantal verbeteringen ten opzichte van de oorspronkelijke HP 5004A signature analyzer:

- De 25 MHz klok breidt de mogelijkheden van het meten van signatures uit naar higher-performance digitale schakelingen.
- CMOS logic thresholds in aanvulling op standaard TTL vergroten de toepasbaarheid bij digitale produkten.
- Het display en de "instabiel"-indicatie kunnen worden bevroren om af en toe optredende fouten en instabiele signatures te kunnen vangen.
- Twee mogelijke signature metingen (normaal en qualify) voor het vereenvoudigd opsporen van fouten op componentniveau zijn compatible met de HP 5005A/B Signature Multimeters.

De HP 5006A geeft ook de status van de logic probe door naar de HP-IL of de HP-IB interface. Hierdoor kan de controller onderscheid maken tussen een signaal dat logisch vast hoog of laag is en een signaal dat altijd logisch hoog of laag is tijdens de klokpuls.

Voor meer informatie kruist u vakje P aan op de antwoordkaart.



Nederland:

Hewlett-Packard Nederland B.V.

van Heuven Goedhartlaan 121
Postbus 667
1180 AR Amstelveen
Telefoon 020 - 47 20 21

Bongerd 2
2906 VK Capelle a/d IJssel
Telefoon 010 - 51 64 44

Pastor Peterstraat 134-136
5612 LV Eindhoven
Telefoon 040 - 32 69 11

België

Hewlett-Packard Belgium S.A./N.V.
Woluwedal 100
1200 Brussel
Telefoon 02 - 762 3200

Noord-Europees hoofdkantoor:

Hewlett-Packard S.A.
Uilenstede 475
1183 AG Amstelveen
Nederland
Telefoon 020 - 43 77 71

Europees hoofdkantoor:

Hewlett-Packard S.A.
50, Route du Nant-d'Avril,
CH 1217 Meyrin 2
Genève
Zwitserland
Telefoon 022 - 83 81 11

menten in de microgolftheorie is dat op die manier de microgolfstructuren kunnen worden omgezet naar begrijpelijke „laag-frevente“ fysische componenten, zoals capaciteit, zelfinductie en transformator.

ven als in fig. 5. Een zelfde redenering geldt voor de paralleladmittantie (zie fig. 6).

Met behulp van de matrix-theorie uit het vorige hoofdstuk kunnen we een microgolffil-

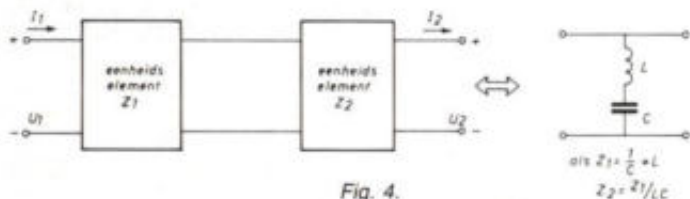


Fig. 4.

Als we twee eenheidselementen met een verschillende karakteristieke impedantie Z_1 en Z_2 met elkaar koppelen, dan ontstaat de situatie van fig. 4. We kunnen dan berekenen dat geldt:

$$Z_1 = \frac{1}{C} + L \text{ en } Z_2 = Z_1/LC$$

We kunnen dus niet alleen de ABCD-matrix voor een eenheidselement (8), maar ook die voor een serie-impedantie schrij-

ter met S-vlak-elementen berekenen alsof het een laagfrequentfilter betreft. Fig. 7 toont een eenvoudig laagdoorlatend filter. Bij normering van de afsluitimpedanties

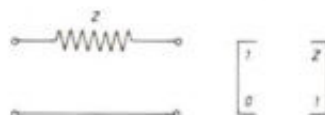


Fig. 5.

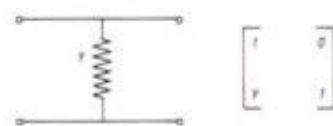


Fig. 6.

kunnen we zonder bezwaar een eenheidselement voor het filter schakelen (zie fig. 8).

Met behulp van de matrix-theorie kan dit worden omgerekend tot de situatie van fig. 9, waarin $C' = L + 1$.

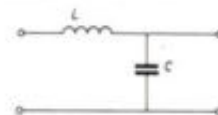


Fig. 7.

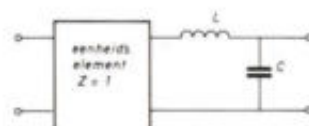


Fig. 8.

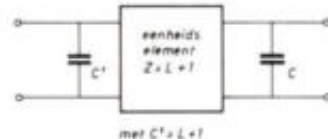


Fig. 9.

Dit laagdoorlatende filter kunnen we dus opbouwen met behulp van een eenheidselement met een karakteristieke impedantie $Z = L + 1$, dat aan beide zijden is voorzien van parallel geschakelde eenheidselementen met de karakteristieke impedanties $1/C$ en $1/C'$ (zie fig. 10).

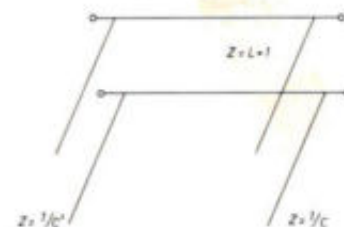
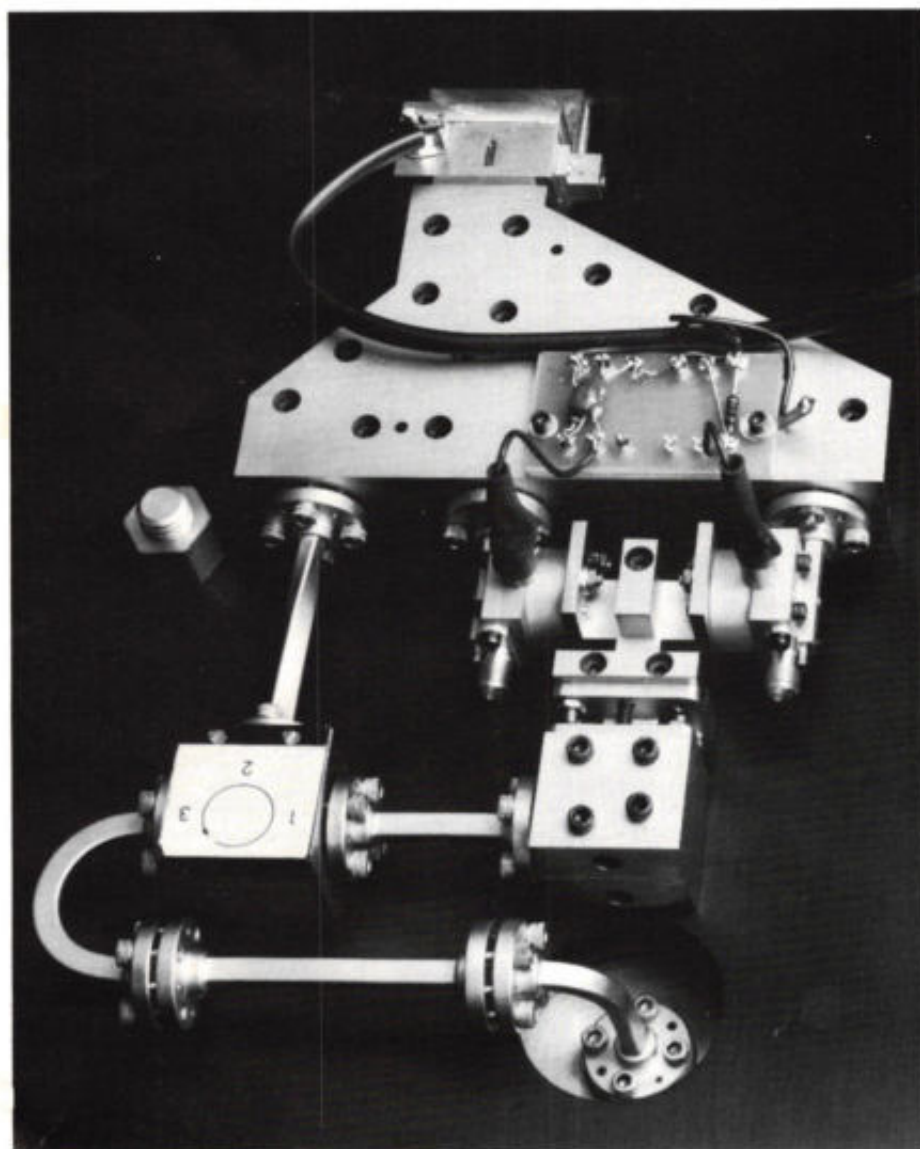


Fig. 10.

Microgolffilters vertonen periodiciteit. Een lijnstuk, dat aan het einde is kortgesloten, gedraagt zich als een zelfinductie wanneer het lijnstuk korter is dan $\lambda/4$. Maken we het kortgesloten lijnstuk steeds langer, bij gelijkblijvende frequentie, dan gedraagt het zich als een parallelschakeling van capaciteit en zelfinductie bij $\lambda/4$, als een capaciteit bij een lengte $\lambda/4 < \lambda/2$, als een serieschakeling van L en C bij $\lambda/2$ en opnieuw als een zelfinductie bij een lengte $> \lambda/2$.

Een zelfde periodiciteit geldt voor lijnstukken die aan het uiteinde open zijn. Bij $\beta l = 0 < \lambda/4 < \lambda/2 < 1,25\lambda$ gedraagt zo'n lijnstuk zich achtereenvolgens als een capaciteit,



een serieschakeling van capaciteit en zelf-inductie, een zelfinductie en een parallelschakeling van zelfinductie en capaciteit. Omdat een zelfinductie en een capaciteit zich als een laagdoorlatend en hoogdoorlatend filter gedragen, en een serie- en parallelschakeling van zelfinductie en capaciteit als banddoorlatend en bandsperrend filter kunnen worden gebruikt, is het mogelijk zowel met open als met kortgesloten lijnstukken elk van deze vier soorten filters te construeren, eenvoudig door de juiste elektrische lengte in verhouding tot de golflengte te kiezen.

ACTIEVE MICROGOLFCOMPONENTEN

Evenals bij lagere frequenties kunnen we de actieve microgolfcomponenten onderscheiden in elektronenbuizen en halfgeleiders.

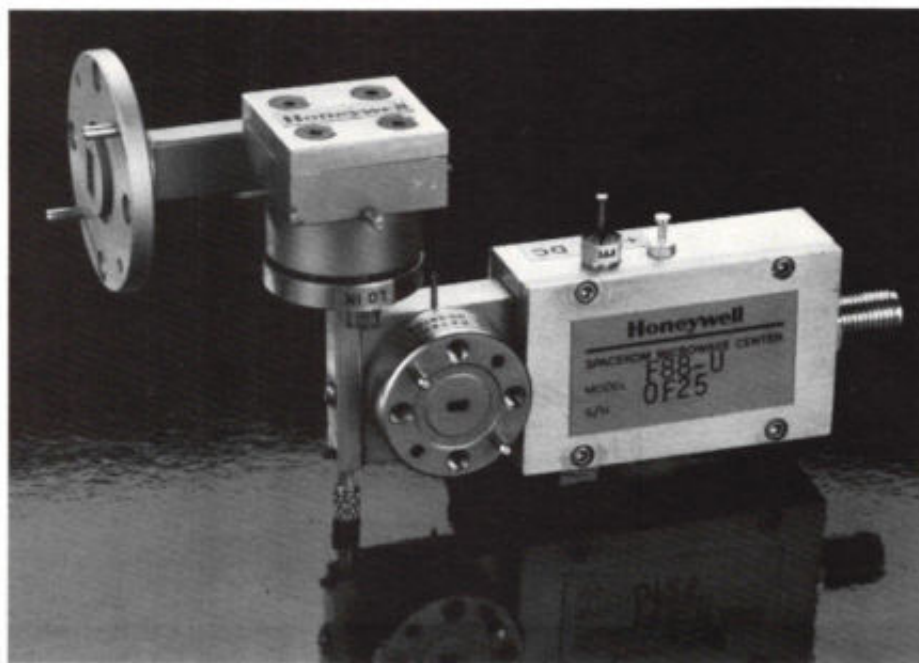
Als gevolg van de sterke opkomst van de halfgeleidertechnologie in de afgelopen jaren, hebben ook op microgolfgebied de vaste stof-elementen de microgolfbuizen op een aantal terreinen verdrongen. Toch neemt de elektronenbuis op microgolfgebied nog steeds een belangrijke plaats in. Vooral wanneer het om grote vermogens gaat (radar, magnetronovens e.d.), is de microgolf-elektronenbuis de enig mogelijke oplossing.

MICROGOLFBUIZEN

De looptijd van elektronen mag in het microgolfgebied niet worden verwaarloosd ten opzichte van de periodeduur van de microgolven. Dit verschijnsel, in combinatie met het verschijnsel dat de elektronen worden beïnvloed door elektrische en magnetische velden, stelt ons juist in staat bepaalde typen microgolf-elektronenbuizen te realiseren.

Een klystronversterker is hiervan een voorbeeld. Het te versterken signaal wordt toegevoerd aan een trillholte, die zich tussen een anode en een kathode bevindt. Nadat de elektronen in snelheid zijn gemoduleerd binnen de trillholte, komen zij in een veldvrije ruimte. Doordat in deze ruimte geen uitwendige krachten op de elektronen werken, zullen de snelle elektronen de langzame inhalen. Door middel van een juiste uitkoppeling met behulp van een tweede trillholte wordt vermogensversterking bereikt. Het is mogelijk op deze manier pulsen met een piekvermogen van vele megawatt op te wekken.

Een tweede type versterker, dat op hetzelfde principe berust, is de lopendegolfbuis (Travelling Wave Tube, TWT). Alleen is hierbij de snelheid van de elektronen gelijk aan die van de elektromagnetische golf. Dit wordt bereikt door een spiraalvormige verdringslijn in de buis aan te brengen. Lopendegolfbuizen vinden vooral toepassing bij het opwekken van grote microgolfvermogens. Hoe hoger de frequentie is, des te moeilijker is het een groot vermogen te produceren. Dit is een gevolg van het feit dat



Mengtrap met voorversterker voor het microgolfgebied.

het rendement van een lopendegolfbuis, bij voorbeeld voor radartoepassingen, slechts enkele procenten bedraagt. Doordat het onderscheidend vermogen van radar groter is naarmate de frequentie hoger is, zal het duidelijk zijn dat het verbeteren van lopendegolfbuizen, vooral van het rendement, nog steeds zeer actueel is. Het derde type microgolfbuis is het magnetron. Deze bestaat uit een cirkelvormige ruimte met aan de rand daarvan een aantal resonatoren, die te zamen zorgen voor een doorlopende opwekking van microgolven. In het midden van de ruimte bevindt zich een kathode, terwijl het cirkelvormige blok met resonatoren dienst doet als anode. Om te kunnen functioneren heeft een magnetron een krachtig magnetisch veld nodig, dat loodrecht staat op het elektrische veld tussen kathode en anode. Daarvoor gebruikt men een krachtige, uitwendige permanente magneet. Magnetrons hebben een hoog rendement (tot circa 50%) en kunnen grote vermogens opwekken (tot enkele kW bij continu bedrijf).

HALFGELEIDERS

Ook in de microgolftechniek worden halfgeleiders veelvuldig toegepast. Het ruisgetal en daarmee de gevoeligheid worden voortdurend verbeterd.

De gevoeligheid is van belang bij vrijwel alle microgolftoepassingen. Voor communicatietoepassingen betekent een hoge gevoeligheid bij voorbeeld dat het dynamisch bereik kan worden vergroot, waardoor aan de zendkant met een kleiner vermogen kan worden volstaan.

Bij radioastronomie is de ruisbijdrage van de versterkers van overheersend belang. Bij deze toepassing betekent een verbetering van het ruisgetal met 0,01 dB dat men vele lichtjaren verder in de ruimte kan „kijken“ en dat men op dezelfde afstanden

zwakkere objecten kan waarnemen.

Doordat versterking bij microgolffrequenties vaak moeilijk en duur is, wordt zo dicht mogelijk bij de antenne-ingang een mengtrap (mixer) toegepast. Deze bestaat uit een diode waaraan zowel het ontvangen signaal met de frequentie f_s als een oscillatorsignaal met de frequentie f_o wordt toegevoerd. Daarbij ontstaat een tussenfrequent ('middenfrequent') signaal met de frequentie $f_m = f_s - f_o$. Willen we een signaalfrequentie van 10 GHz ontvangen en is de tussenfrequentieversterker vast afgestemd op 400 MHz, dan kiezen we een oscillatorfrequentie van $10 - 0,4 \text{ GHz} = 9,6 \text{ GHz}$ (of $10 + 0,4 \text{ GHz} = 10,4 \text{ GHz}$).

Het belang van de mengtrap is duidelijk als we beseffen dat signaalversterking bij een frequentie van 400 MHz met conventionele middelen kan gebeuren.

De onderlinge ontkoppeling van ingangs-, oscillator- en tussenfrequentiesignaal is belangrijk. Sluit men de signaalbron en de oscillator rechtstreeks aan op de mengdiode, dan wordt een groot deel van het signaalvermogen gedissipeerd in de oscillator. Een richtkoppeling kan dit signaalverlies voorkomen. Zo'n richtkoppeling ziet er schematisch uit zoals in fig. 11 is weergegeven.

Bedraagt de koppelfactor 10 dB, dan is het verlies aan signaalvermogen slechts 10%; er gaat echter wel 90% van het oscillator-

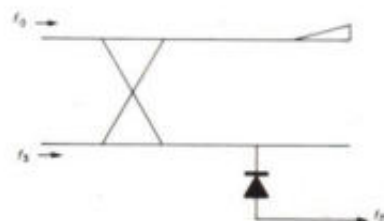


Fig. 11.

vermogen verloren. Daarom past men ook wel de gebalanceerde mengtrap toe die in fig. 12 is weergegeven, met een richtkoppeling van 3 dB. Laat men het tussenfrequentsignaal een laagdoorlatend filter passeren, dan kan men voorkomen dat vermogen met de oscillatorfrequentie aan de uitgang verschijnt.

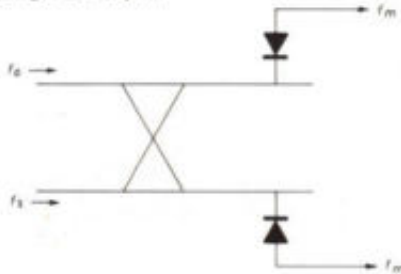


Fig. 12.

Als ingangstrap voor een ontvanger kan men een mengtrap gebruiken.

Brebandontvangers kunnen worden gerealiseerd met behulp van een spanningsgestuurde oscillator (Voltage Controlled Oscillator, VCO) in plaats van een vaste oscillator. Voert men aan de VCO een variërende gelijkspanning toe, dan kan men daarmee de ontvangfrequentie afstemmen.

Een nadeel van een ontvanger, uitgerust met een mengschakeling als ingangstrap, is de hoge ruisbijdrage van zo'n trap. Dit vindt zijn oorzaak in het feit dat de mengdiode in geleidende toestand wordt gebruikt; in die toestand is de ruis relatief sterk.

LAGERUISONTVANGERS

In het voorgaande is al aangegeven waarom het beschikbaar zijn van ontvangers en versterkers met een lage ruis belangrijk is. Uiteraard streeft men bij elke frequentieband naar een zo laag mogelijke ruis van de ontvanger, maar bij microgolffrequenties worden toch de beste resultaten bereikt. Dit is een gevolg van het feit dat de ontvanger, via de antenne, behalve het gewenste signaal ook ruis ontvangt; de sterkte van die ruis is bepalend voor wat de ontvanger zelf aan ruis mag produceren. Doordat men in het microgolfgedebiet met richtingsgevoelige antennes werkt, die geometrisch maar een smalle band ontvangen, is ook de hoeveelheid ontvangen omgevingsruis gering. Eenvoudige zend- en ontvangsystemen voor het microgolfgedebiet, werkend op een frequentie van bijvoorbeeld 10,5 GHz en bestemd voor het overbrengen van videosignalen of iets dergelijks, zijn dan ook mogelijk met een zeer gering antennevermogen van enkele milli-

watt. De te overbruggen afstand bedraagt tientallen kilometers. Dit is mogelijk door het uitgezonden signaal sterk te bundelen en een ontvanger met lage ruis te gebruiken.

Tegenwoordig worden in lageruisontvangers meestal transistorversterkers met galliumarsenide veldeffecttransistoren (GaAs-FET's) of parametrische versterkers toegepast.

Ongekoelde FET-versterkers kunnen, afhankelijk van hun bandbreedte, een ruisgetal van minder dan 2 dB behalen; gekoelde FET-versterkers kunnen zelfs een ruistemperatuur van 50 K (kelvin) of minder halen.

Parametrische versterkers bieden de beste mogelijkheden op het gebied van lage ruis, hoewel de FET-versterkers deze positie de laatste jaren steeds meer bedreigen. Een tot cryogene temperaturen gekoelde parametrische versterker met een ruistemperatuur van 10 K bij een frequentie van enkele GHz behoort tegenwoordig tot de mogelijkheden.

Een parametrische versterker berust op het gebruik van een varactor, een in het keergebiet werkende diode, waarvan de capaciteit afhankelijk is van de tegenspanning. Met een parametrische versterker („paramp”) kan men wisselspanningsvermogen van een bepaalde frequentie omzetten in wisselspanningsvermogen met één of meer andere frequenties. Bij die nieuwe frequentie kan dat versterking plaats vinden.

De werking van een parametrische versterker kunnen we ons voorstellen als een afgestemde (RLC-)kring met een condensator waarvan de platen beweegbaar zijn. Als de lading van de condensatorplaten maximaal is, wordt de afstand tussen de platen vergroot; is de lading nul, dan brengen we de platen weer terug in de oorspronkelijke stand. Blijft de lading constant, dan wordt eerst de capaciteit verkleind (de afstand tussen de platen vergroot); daardoor stijgt de kringspanning. Zo wordt versterking bij de signaalfrequentie verkregen.

Een parametrische versterker is in feite een versterker met een negatieve inwendige weerstand. De varactordiode wordt „gepompt” op een frequentie f_3 ; dit heeft tot gevolg dat een kring, afgestemd op de signaalfrequentie f_1 , wordt gedempt als er bij de verschilfrequentie $f_2 = f_3 - f_1$ stroom kan lopen. Deze frequentie wordt de „idler”-frequentie genoemd. In- en uitgangssignaal worden gescheiden door middel van een circulator.

Int.: Koning en Hartman Elektrotechniek BV, postbus 43220, 2504 AE Den Haag (070) 210101

Datron b.v.

MICROGOLF COMPONENTEN DC-300 GHz

- ☐ Antennes en Accessoires
- ☐ Ferriet Circulators/ Isolators
- ☐ Golfpijpen Accessoires
- ☐ Halfgeleiders
- ☐ Microgolf Precisie Gietwerk
- ☐ Microgolf Ferriet-, Keramische- en Diëlectrische materialen
- ☐ Millimetergolf Componenten
- ☐ Passieve Componenten
- ☐ Solid State Componenten
- ☐ Sub-Systemen

DE JUISTE GOLFLENGTE DATRON B.V.

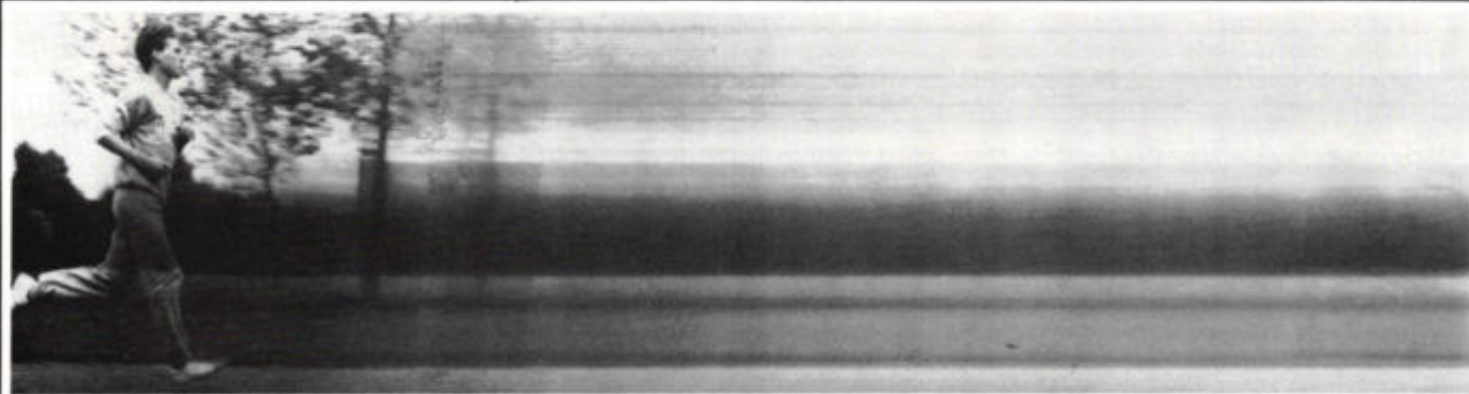
Postbus 75
1243 ZH 's-Graveland
Tel. 035-60834
Tlx. 43943

Lopendegolfbuizen met ingebouwde voeding voor de frequentiegebieden 18...26 en 26...40 GHz.



SINDS KORT HEEFT MCA-TRONIX
EXCLUSIEF VOOR NEDERLAND
SPECTROL IN HAAR LEVERINGS-
PROGRAMMA OPGENOMEN!

trimmers zijn vandaag de dag zeer populair... en die van spectrol des te meer!



VERGEET U OOK ONZE POTENTIOMETERS NIET!

SPECTROL biedt onder meer:

- * TRIMMER POTENTIOMETERS
Cermet en draadgewonden
- * PRECISION POTENTIOMETERS
Cermet, draadgewonden,
conductive plastic
- * DIALS
Digitaal en analoog

UIT VOORRAAD LEVERBAAR ZIJN O.A.:

CERMET TRIMMER type 43-63-64,
10-slagen gewonden POTENTIOMETERS
type 534,
CERMET POTENTIOMETERS type 149 en
de DIALS 15 en 16
tegen VERRASSEND LAGE PRIJZEN

Belt U voor meer informatie naar:
MCA-TRONIX INTL. B.V. 015-134940

mca-tronix

Postbus 1152, 2280 CD Rijswijk, Delftweg 69, 2289 BA Rijswijk
telefoon 015 - 13 49 40*, Telex 38314 MCA NL

Halfgeleiders en microgolftechniek: een vruchtbare symbiose

Van puntcontactdiode tot gigabit-logica

Na eerst de laagfrequent elektronica te hebben gerevolutioneerd, zijn de halfgeleiders nu ook in de microgolftechniek doorgedrongen. Ze hebben in minder dan 20 jaar dit vak een totaal ander aanzien gegeven. Nieuwe toepassingen dienen zich aan, met name in het domein van de consumentenelektronica. In de toekomst kunnen we voorts o.m. monolithisch geïntegreerde microgolf-schakelingen en ultrasnelle logica verwachten.

De toepassing van halfgeleiders in de microgolftechniek is haast net zo oud als de microgolftechniek zelf, maar pas de laatste 15 jaar is er sprake van een werkelijk dominerende invloed. In de beginjaren van de tweede wereldoorlog, toen radarsystemen de frequentiebanden boven 1 GHz in gebruik begonnen te nemen, ontstond ook de behoefte aan detectoren voor deze frequenties. De tot dan toe universeel gebruikte vacuümdioden schoten tekort en noodgedwongen greep men terug op een component uit de oertijd van de radio, de kristaldetector. Ondanks zijn reputatie van onbetrouwbaarheid en hoge ruis was dit de aangewezen oplossing, maar het was duidelijk dat er verbeteringen nodig waren voordat men aan toepassing in radarsystemen kon denken. Nu was in de tussentijd de kennis van de kristallijne vaste stof enorm toegenomen en in 1939 had Walter Schottky de werking van de kristaldetector verklaard uit de gelijkrichtende eigenschappen van een metaal-halfgeleiderovergang. Ter ere van hem spreekt men nog steeds van schottky-barrier dioden.

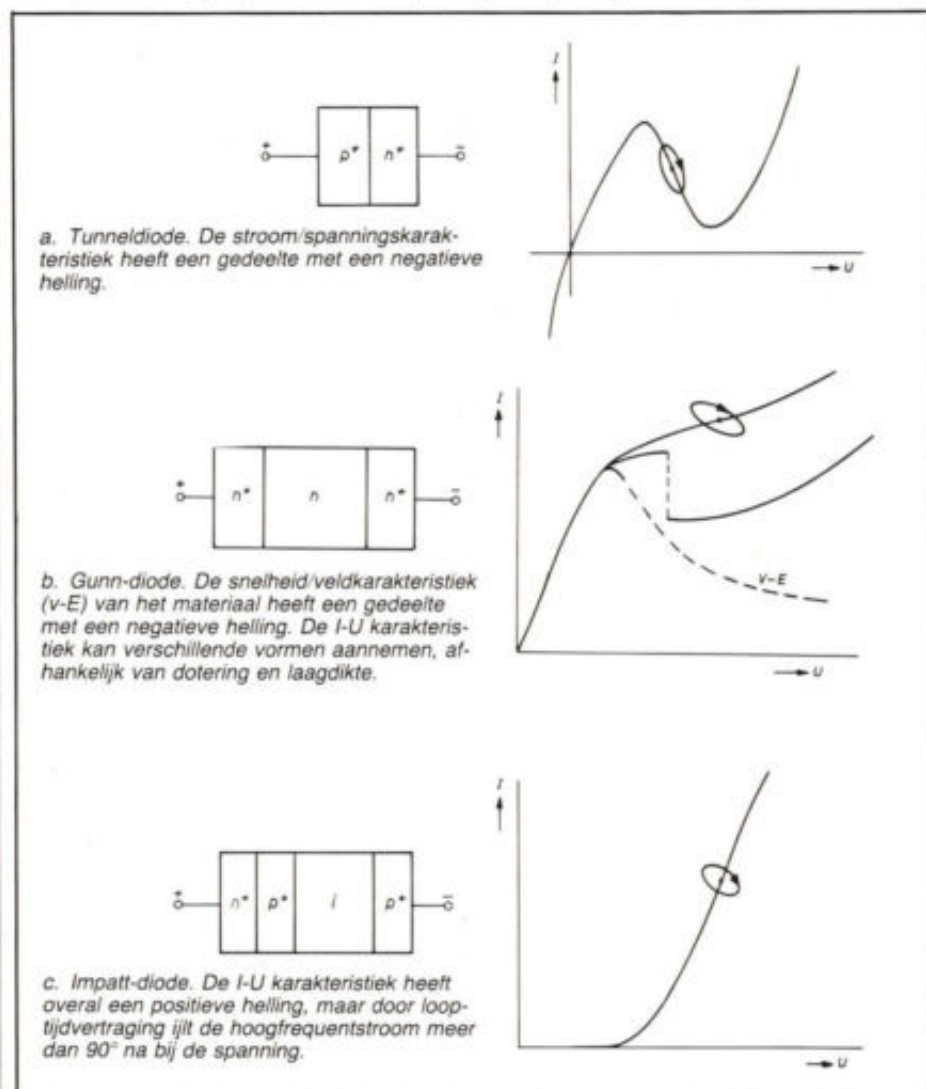
Al in het begin van deze eeuw was het bekend dat silicium de beste detectoren gaf. Onder druk van de oorlogsomstandigheden kwam nu in de VS een grote onderzoekinspanning op gang, gericht op het vervaardigen van zeer zuiver silicium en het verwante germanium. Het resultaat was allereerst dat op korte termijn goede en betrouwbare puntcontactdioden ter beschikking kwamen. Op wat langere termijn leidde de beschikbaarheid van deze materialen tot de uitvinding van de transistor in 1947, een ontwikkeling die de puntcontactdiode verre in belang zou overtreffen. Het zou niet de laatste keer zijn dat de microgolftechniek een belangrijke impuls gaf aan de halfgeleider-technologie.

OP ZOEK NAAR ACTIEVE DIODEN

Lange tijd bleven de puntcontactdioden de enige halfgeleidercomponenten voor de microgolftechniek. Voor opwekking en versterking van signalen bleef men op buizen

aangewezen. Al snel na de uitvinding van de transistor ging men zich afvragen of halfgeleiders ook voor het opwekken van korte golven zouden kunnen worden gebruikt.

Fig. 1. Drie typen negatieve-weerstandsdiodes en hun karakteristieken. De ellipsen geven het verloop van de hoogfrequente stroom en spanning aan bij een gekozen instelpunt.



Een van degenen die zich daarmee bezighielden was William Shockley, de bekende transistorpionier. In 1954 schreef hij een artikel waarin hij een aantal mogelijkheden aangaf. Gezien de toenmalige stand van de technologie durfde hij niet aan de mogelijkheid van microgolftransistoren te denken. Hij exploreerde daarom de mogelijkheden van actieve dioden, d.w.z. dioden waarvan de impedantie (in het algemeen een complex getal) een negatief reëel deel heeft in een bepaald frequentiegebied. In een resonante kring geplaatst kan zo'n diode de verliesweerstand van de kring compenseren zodat het geheel oscilleert. Sluit men een transmissielijn af met een negatieve-weerstandsdiode, zoals de actieve dioden ook vaak worden genoemd, dan is de reflectiecoëfficiënt groter dan één, zodat men een versterker heeft.

Shockley had voor de oorlog aan buizen gewerkt en hij wist dat in vacuümdioden de looptijd van de elektronen een vertraging introduceert van de stroommodulatie t.o.v. de spanningsmodulatie. Deze vertraging is weliswaar klein maar veroorzaakt bij zeer hoge frequenties toch een merkbare fase-

STANDAARD METAALFILMWEERSTANDEN VOOR EEN "KOOLFILMPRIJS"

(vanaf Hfl. 2,- per 100
bij 1.000.000 stuks jaarafname)

De standaard metaalfilmweerstand van Yageo, 1/4 Watt, 50/o, 50 ppm, maken qua prijs en specificatie het gebruik van koolfilmweerstand zinneloos. Tevens heeft Yageo metaalfilmweerstand 1/4 Watt, 10/o - 50 ppm voor zeer scherpe prijzen.

De kostprijs van Uw produkt kan omlaag door weerstanden gunstiger in te kopen; de kwaliteit omhoog door koolfilm te vervangen door metaalfilm. De weerstanden kunnen geleverd worden op tape in doos, in bulkverpakking, of op tape op reel. Stuur ons Uw weerstandsbehoefte en wij maken U een aanbieding die klinkt als een klok. Ook voor kleinere verbruikers zijn de prijzen zeer interessant.



Van beide series is de E24 reeks leverbaar uit voorraad Oosterhout.



PROFESSIONELE ELECTRONISCHE COMPONENTEN, MEETAPPARATUUR EN VOEDINGEN

KLAASING ELECTRONICS B.V.

BENELUXWEG 27, 4904 SJ OOSTERHOUT, HOLLAND, TEL.: 01620 - 51400, TELEX 54598

Voor ontwerpers van elektronische systemen brengt Racal-Redac de nieuwste ontwikkelingen op CAE-gebied



Ook middelgrote en grote ondernemingen kunnen nu profiteren van de kostenbesparende CAE-systemen die het engelse bedrijf Racal-Redac ontwikkeld heeft.

De Redac Cadet bijvoorbeeld is een geïntegreerd systeem met tal van mogelijkheden, waardoor u kosten en tijd bespaart. En bovendien nog een systeem dat voordelig in aanschaf is.

Racal-Redac cad/cam systemen bewijzen hun betrouwbaarheid en doelmatigheid in de praktijk. Wat uw problemen ook moge zijn, op het gebied van circuit design of PCB design en lay-out, Racal Redac heeft de oplossing.

Stuur de bon in voor meer informatie.

Ja, wij willen graag zien wat de computer aided design systemen van Racal Redac voor ons bedrijf kunnen betekenen.
☐ Stuur ons uitgebreide documentatie
☐ Bel ons voor een glasheide demonstratie

naam bedrijf: _____
kontaktpersoon: _____
adres: _____
postcode/plaats: _____
telefoon: _____

Bon in envelop zonder postzegel aan:
Racal-Redac, Antwoordnummer 2110, 3440 VB Woerden

RACAL-REDAC

— COMPUTER AIDS FOR ELECTRONIC ENGINEERING —

Racal-Redac B.V., Zaagmolenlaan 4, 3447 GS Woerden, tel. 03480-10990

verschuiving en als deze groter dan 90° is, is het reële deel van de impedantie negatief. Shockley stelde nu voor om dit effect bij halfgeleiders nuttig te gebruiken.

Om een idee te geven van wat er nodig is: de looptijd moet ongeveer een halve signaalperiode zijn om de gewenste faseverschuiving te krijgen, dus bij 5 GHz ca. 0,1 nanoseconde. De maximale snelheid die elektronen in een halfgeleider kunnen bereiken is ca. 10^5 meter per seconde, dus voor bovengenoemde looptijd moeten ze een afstand van 10 μm doorlopen. Dit is dus de laagdikte die een halfgeleiderlooptijd diode zou moeten hebben. In 1954 was dat bepaald geen eenvoudige klus maar men mocht hopen dat het in de toekomst toch wel tot de mogelijkheden zou gaan behoren. Het zou niettemin nog tien jaar duren voordat een werkende looptijd diode zou worden geconstrueerd.

Een ander idee van Shockley was het volgende: in halfgeleiders is de snelheid van de elektronen evenredig met de sterkte van het elektrische veld, althans zolang dat niet te groot is. Bij grotere veldsterkten neemt de snelheid minder dan evenredig toe en gaat tenslotte naar een constante waarde, de zgn. verzadigingssnelheid. Het idee was nu dat er wellicht materialen zouden zijn waarin de snelheid bij zeer hoge veldsterkten zou *afnemen*. Een weerstand gemaakt van zo'n materiaal zou een stroom-spanningskarakteristiek hebben met een negatieve helling bij hoge spanningen. Met een voorspanning in dit gebied zou de wisselstroomweerstand negatief zijn. Ook dit idee werd ca. 10 jaar later gerealiseerd, maar voor die tijd kwam uit een andere hoek nog een derde oplossing.

In 1958 was de Japanner *Leo Esaki* bezig met PN-dioden waarin zowel het P- als het N-gebied zeer zwaar gedoteerd waren en hij ontdekte dat ze een heel andere karakteristiek hadden dan normale dioden. De karakteristiek is geschetst in fig. 1a. De oorzaak is het zogenaamde tunnелеffect dat alleen met behulp van de quantummechanica kan worden verklaard. Esaki zou later voor deze ontdekking de Nobelprijs krijgen. De tunneldiode zou als eerste actieve component in het microgolfgedebied worden toegepast. Dit begon rond 1960. In fig. 1 zijn de drie effecten die kunnen leiden tot actieve dioden bij elkaar gezet.

GALLIUMARSENIDE

In 1961 bedachten *Ridley* en *Watkins* een mechanisme dat in sommige halfgeleiders tot een v-E karakteristiek met een negatieve helling als in fig. 1b zou kunnen leiden. Om dit goed te begrijpen is een tamelijk diepgaande kennis van halfgeleiders nodig, maar het komt er op neer dat elektronen in halfgeleiders in twee toestanden kunnen voorkomen, een lichte en een zware. Voor de karakteristiek van fig. 1b is het nodig dat ze bij lage veldsterkte alle in de lichte toestand zijn maar bij hogere veldsterkten steeds meer in de zware toestand overgaan. Aangezien zware elektronen moeilijker in beweging zijn te krijgen dan lichte, zal dit tot gevolg hebben dat de snel-

heid bij toeneming van de veldsterkte afneemt. In 1962 wees *Hilsum* de verbinding galliumarsenide GaAs (in de wandeling meestal *galliumarseen* genoemd) aan als een halfgeleider waar de omstandigheden gunstig waren voor het optreden van dit effect. Merkwaardig genoeg werden er niet onmiddellijk pogingen in het werk gesteld om na te gaan of het effect ook inderdaad optrad, hoewel *Hilsum* uitdrukkelijk op het grote belang voor de microgolfschakel had gewezen. Waarschijnlijk was de onbekendheid van het materiaal GaAs hier debet aan.

GUNN-DIODEN

In 1963 echter was *Ian Gunn* in het onderzoekslaboratorium van IBM bezig met het meten van de ruis van halfgeleiderweerstand bij hoge spanningen. Nadat hij zich uitgebreid had bezig gehouden met silicium en germanium wendde hij zijn aandacht naar minder bekende materialen, zoals GaAs en indiumfosfide InP, zonder van het werk van *Ridley*, *Watkins* en *Hilsum* op de hoogte te zijn. Groot was dan ook zijn verrassing toen hij merkte dat boven een bepaalde spanning de ruis opeens sterk toenam terwijl sommige preparaten zelfs coherent gingen oscilleren. Dit verschijnsel, dat naar hem het Gunn-effect werd genoemd, trok meteen sterk de aandacht en door verdere experimenten wist *Gunn* aan te tonen dat het inderdaad om het door *Ridley* enz. voorspelde fenomeen ging. In microgolfringen realiseerde men zich direct het belang van deze ontdekking en vele laboratoria gingen aan het werk om de technologie van galliumarsen te verbeteren en gunn-dioden te fabriceren die bij microgolf frequenties konden oscilleren. Het is interessant te zien hoe voor de tweede keer de ontwikkeling van een halfgeleider vanuit de microgolfschakel werd gestimuleerd. Na Si is GaAs tegenwoordig de tweede technisch belangrijke halfgeleider. Overigens heeft hiertoe ook de uitvinding van de halfgeleiderlaser in 1962 sterk bijgedragen.

Gunn-dioden van GaAs zijn tegenwoordig beschikbaar voor frequenties tot ca. 100 GHz. Met InP als uitgangsmateriaal ligt de frequentiegrens nog iets hoger, bij ca. 150 GHz. Ze zijn zeer geschikt voor oscillatoren met lage ruis en betrekkelijk klein ver-

mogen (1...100 mW). De werkspanning is ca. 10 volt wat ze geschikt maakt voor draagbare apparatuur. Toepassingen: lokale oscillatoren in ontvangers, kleine radarsystemen (snelheidscontrole!), bij frequenties boven 20 GHz ook als versterkers voor kleine signalen (ruisgetal ca. 15 dB). Opgemerkt moet worden dat gunn-dioden geen dioden zijn in de gangbare betekenis van het woord: het zijn eigenlijk weerstanden die pas bij hoge spanningen hun merkwaardige eigenschappen beginnen te vertonen.

IMPATT-DIODEN

Ongeveer tegelijk met de gunn-dioden begonnen ook de op looptijd gebaseerde componenten hun opmars. Bij hoge spanningen in in tegenrichting aangesloten PN-dioden worden grote aantallen elektronen en gaten geproduceerd waardoor de stroom sterk toeneemt. Dit heet *lawine-doorslag* en in 1958 had *Read* voorgesteld om dit effect te combineren met looptijdvertraging om zo efficiënte microgolffoscillatoren te maken. Pas in 1964 was de siliciumtechnologie zover dat men lawinedoorslag in dioden kon laten optreden zonder ze meteen te laten sneuvelen en toen werden ook de eerste oscillerende dioden gemaakt. Deze noemt men *impatt-dioden*, een afkorting van Impact Avalanche and Transit Time. Impatt-dioden kunnen werken tot frequenties van meer dan 300 GHz. Ze geven meer vermogen af dan gunn-dioden. Daartegenover staat dat de werkspanning hoog is, 50...100 volt, en dat ze ook meer ruisen. Dit laatste is een gevolg van het lawineproces. Toepassingen o.a. repeaters voor draaggolfsystemen.

VARACTOR- EN PIN-DIODEN

Intussen had de puntcontactdiode gezelschap gekregen van enkele andere passieve componenten, de varactordiode en de PIN-diode. De eerste is een broertje van wat bij lagere frequenties een varicap heet en maakt gebruik van het feit dat een P-N overgang in niet-doorlatende richting zich gedraagt als een spanningsafhankelijke capaciteit. Toepassingen: het elektronisch afstemmen van oscillator- en filterkringen en parametrische versterkers. Om deze dioden ook bij GHz-frequenties te kunnen gebruiken moeten de parasitaire reactan-

Fig. 2a. Varactorhuisje voor montage van dioden.

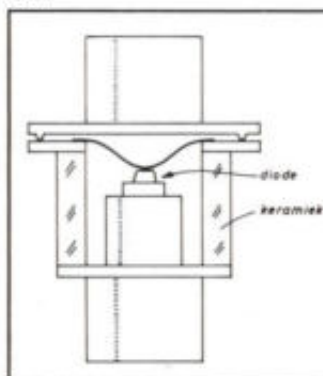
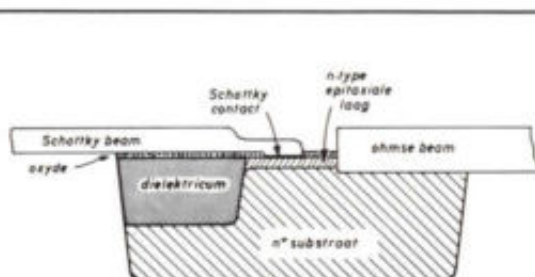


Fig. 2b. Beam-lead diode.





ties van aansluitdraden enz. klein gehouden worden. Hiertoe zijn speciale zgn. varactorhuisjes ontworpen die geschikt zijn voor montage in coax- en golfpijpcircuits, zie fig. 2a. Deze huisjes voldoen uitstekend voor frequenties tot ca. 30 GHz en worden ook voor andere typen microgolfdioden gebruikt. Bij hogere frequenties en ook voor montage in microstripcircuits maakt men gebruik van de beam-lead techniek, fig. 2b. PIN-dioden ontleen hun naam aan de structuur: tussen de P- en de N-laag is een intrinsieke laag toegevoegd zodat de spercapaciteit zeer klein is en de impedantie hoog. In voorwaartse richting geschakeld gedraagt de PIN-diode zich voor microgolven als een weerstand waarvan de grootte afhankelijk is van de gelijkstroom. Toepassingen als schakelaars voor microgolfsignalen en in elektronisch variabele verzwakkers.

Tenslotte was de halfgeleiderstechnologie in het begin van de jaren 60 zo ver voortgeschreden dat men kon beginnen de aloude puntcontactdioden te vervangen door planaire metaal-halfgeleiderdioden, ook genoemd schottky-dioden. De voordelen hiervan zijn: eenvoudiger massafabricage met minder spreiding in eigenschappen, robuustere opbouw, lagere ruis en kleinere parasitaire zelfinductie. Ondanks dat zijn puntcontactdioden tot op de dag van vandaag in gebruik.

In de tweede helft van de jaren 60 hadden we dus de beschikking over een groot aantal halfgeleiderdioden, zowel passieve als actieve, met eigenschappen die hen in staat stelden te concurreren met de gangbare vacuümdioden voor kleine vermogens. De toepassing van halfgeleiders in de microgolftchniek nam dan ook snel toe.

TRANSISTOREN NEMEN OVER

Ondanks het succes van tunnel-, gunn- en impattdioden waren de microgolftchnici nog niet tevreden. Diodeoscillatoren en -versterkers hebben een aantal nadelen: een laag rendement (gunn's ca. 5%, impatt's ca. 10%) en een vrij hoge ruis. In diodeversterkers is altijd een circulator nodig om in- en uitgangssignaal te scheiden. Transistoren zouden aan al deze bezwaren tegemoet kunnen komen en de vraag was dus hoever de grensfrequenties zouden kunnen worden opgeschoven. Om deze vraag te beantwoorden is het nodig een paar woorden te wijden aan de technologie.

Rond 1960 begon de siliciumtechnologie volwassen te worden. Er waren een aantal technieken ontwikkeld die het mogelijk maakten halfgeleidercomponenten te maken naar tevoren vastgelegde specificaties. Dit waren:

- epitaxie, d.w.z. het laten groeien van dunne lagen met een voorgeschreven dotering op een schijf van monokristallijn silicium, het zgn. substraat;
- het aanbrengen van een oxydelaag op het oppervlak van de schijf en het etsen van gaten in deze laag met behulp van fotolithografische technieken;

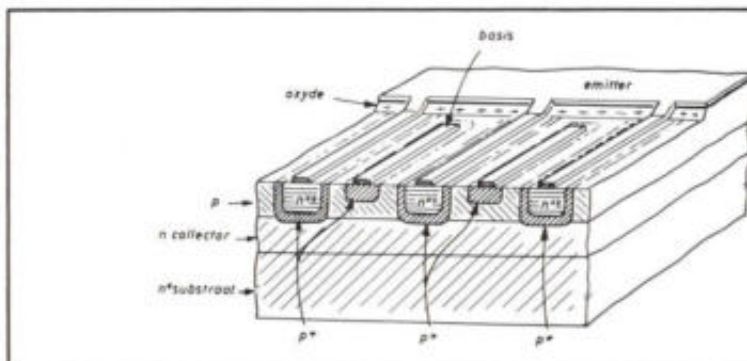


Fig. 3. Opbouw van een silicium bipolaire microgolfttransistor (de basisvingers zijn vóór het vlak van de tekening doorverbonden).

- het lokaal indiffunderen van dopstoffen via de gaten in de oxydelaag;
- tenslotte het aanbrengen van metallisatiepatronen op het oppervlak, ook weer met behulp van fotolithografie.

Dank zij deze technieken was het mogelijk geworden impatt-dioden te maken. In deze componenten treden de hoogste veldsterkten en ook de hoogste stroomdichtheden op, die men in halfgeleiders kan aantreffen en ze stellen dan ook de hoogste eisen aan de uniformiteit van laagdikten en doteringen.

Rond 1970 voegde zich bij deze technieken een nieuwe, de ionenimplantatie. Atomen van dopstoffen worden elektrisch geladen en vervolgens versneld met een elektrische spanning die tussen 50 en 500 kV ligt. Wordt deze ionenbundel dan op een halfgeleiderschijf gericht dan dringen de atomen hier in tot een diepte die ca. 1 μm bedraagt voor de hoogste versnellingspanningen. Met deze techniek is het mogelijk doping in dunne lagen zeer nauwkeurig gedoseerd aan te brengen. Voor de fabricage van hoogfrequent transistoren is dit essentieel.

De frequentiebegrenzing van transistoren heeft voornamelijk twee oorzaken. Ten eerste vormen de basis-emittercapaciteit en de basis-serieweerstand samen een laagdoorlaatfilter, ten tweede veroorzaakt de looptijd die elektronen tussen de emitter en de collector nodig hebben een verzwakking en een faseverschuiving van de collectorwisselstroomcomponent. Voor veld-effecttransistoren geldt hetzelfde verhaal, alleen leze men *source*, *gate* en *drain* in plaats van *emitter*, *basis* en *collector*. Aan het eerste effect kan men wat doen door het emitteroppervlak zo klein mogelijk te houden, de basis zo hoog mogelijk te doteren en te zorgen dat de weg die de gaten (we praten over een NPN-transistor) in de basis moeten afleggen zo kort mogelijk is. Deze eisen combinerend komt men tot een structuur waarin de emitter de vorm heeft van een aantal smalle vingers waartussen de basiscontacten zijn aangebracht, zie fig. 3. De looptijd wordt geminimaliseerd door de basis zo dun mogelijk te maken. Met de huidige technologieën is de minimum emitterbreedte ca. 2 μm en de kleinste mogelijke basisdikte ca. 0,1 μm . Het wer-

kingsgebied van op deze manier gemaakte siliciumtransistoren strekt zich uit tot ca. 5 GHz. In dit gebied kunnen vermogens van 10 watt of meer en ruisgetallen van enkele dB worden gehaald, een niet geringe prestatie. Boven 5 GHz nemen andere transistoren het over.

VELDEFFECTTRANSISTOREN

De grote doorbraak op transistorgebied kwam uit een andere hoek, die van de veld-effecttransistor. Voor hoge frequenties hebben deze een aantal principiële voordelen t.o.v. de bipolaire, vooral als men de gate in de vorm van een schottky-barrier diode uitvoert: de gate-source capaciteit kan klein worden gehouden evenals de gate-serieweerstand. De snelheid van de elektronen tussen source en drain wordt uitsluitend bepaald door het elektrische veld en kan dus hoger zijn dan in de bipolaire transistor waar diffusie een belangrijke rol speelt. Daar staat tegenover dat de gatelengte door de lithografie wordt bepaald en dus niet zo klein gemaakt kan worden als de basisdikte van een bipolaire transistor.

De voordelen van de veld-effecttransistor komen pas goed tot hun recht als men een materiaal gebruikt met een hogere elektronbeweeglijkheid dan silicium. Welnu, dit materiaal diende zich aan in de vorm van galliumarsenide. Dank zij de productie van gunn-dioden had men meer ervaring met de technologie van GaAs gekregen en rond 1970 durfde men het dan ook aan om er transistoren mee te maken. De hogere beweeglijkheid van elektronen in GaAs betekent niet alleen een hogere afsnijfrequentie maar ook een grotere transconductantie (dI_d/dU_g). Het materiaal heeft nog een voordeel t.o.v. silicium: ongedoteerd heeft het een zeer hoge specifieke weerstand, ca. 10^8 ohmcm. Nu is het niet zo eenvoudig om GaAs zonder verontreinigingen te maken, maar gelukkig kan hetzelfde effect ook worden bereikt door een dotering met chroom. Men spreekt dan van semi-isolerend materiaal. Op een substraat van dit materiaal wordt een N-type laag epitaxiaal gegroeid. Op het oppervlak hiervan worden dan de source en drain gemaakt d.m.v. een metaal dat een ohms contact geeft (meestal goud met kleine toe-

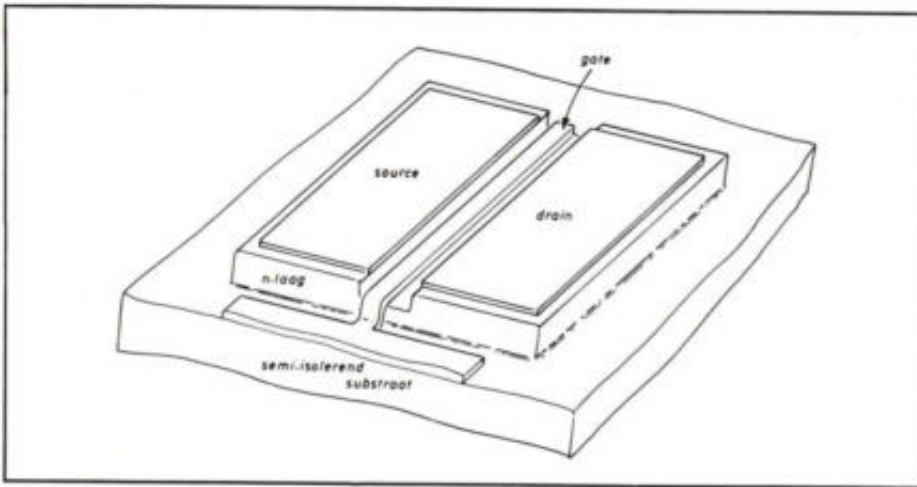


Fig. 4. Opbouw van een galliumarsenide veldeffecttransistor.

voegingen van germanium en nikkel), terwijl de gate wordt uitgevoerd als een gelijkrichtende metaal-halgeleiderovergang (meestal aluminium). De opbouw van de GaAs-FET is dus in principe erg eenvoudig. Het isoleren van de transistoren gebeurt door de N-laag eromheen weg te etsen. Vaak wordt de gate aangebracht in een uitgeëtste groef, zie fig. 4. Hiermee wordt de stroom weggehouden van het oppervlak, wat gunstig is voor de doorslag-eigenschappen bij hoge drainspanningen en ook voor de ruis-eigenschappen. Op het ogenblik zijn de standaard gate-lengten 1 en 0,5 μm , wat een bruikbaar frequentiegebied geeft van ca. 15, resp. 30 GHz. De ruis-eigenschappen van deze transistoren zijn uitermate gunstig. Ook wat vermogen betreft slaan ze geen slecht figuur. In fig. 5 en 6 is aangegeven wat men van de tot nu toe besproken componenten op het gebied van ruis en vermogen mag verwachten. Opgemerkt moet hierbij worden dat deze figuren betrekking hebben op verschillende transistoren. Een transistor die is geopti-

maliseerd voor vermogen heeft in het algemeen een hogere ruis dan een transistor die is geoptimaliseerd voor lage ruis. Transistoren hebben, zoals gezegd, voordelen boven dioden. Ze hebben echter één aansluiting meer, dus twee voedingsspanningen nodig, en zijn bovendien moeilijker te monteren, vooral in coax- en golfpijpcircuits. Echter, al in de jaren 50 werd microstrip als transmissiemedium ontwikkeld (zie hierover elders in dit nummer) en dit medium is door zijn planaire opbouw de ideale partner voor transistoren. Commerciële microgolftansistoren worden meestal gemonteerd in microstriphuisjes waarbij de aansluitingen zijn uitgevoerd als strips die op de microstrip worden gesoldeerd. Afb. 7 laat een heterodynemer in microstriputvoering zien.

GAAS-FET VEELZIJDIG ELEMENT

De GaAs-FET is een veelzijdig element. Behalve de voor de hand liggende toepassingen in oscillatoren en versterkers zijn er nog andere te bedenken. Brengt men een

tweede gate aan achter de eerste, dan is deze te gebruiken voor amplitudemodulatie, versterkingsregeling etc. Ook mengen en multiplexen is met deze constructie mogelijk. Deze transistor is hard op weg het werkpaard van de microgolftchniek te worden. Uit de vele mogelijke toepassingen selecteren we hier enkele interessante:

- satellietcommunicatie; tot nu toe waren de transponders in communicatie-satellieten steeds uitgerust met lopende golfbuizen omdat deze de enige waren die aan de gecombineerde eis van enkele GHz bandbreedte en ca. 20 W uitgangsvermogen konden voldoen. Binnenkort worden echter de eerste satellieten gelanceerd, waarin deze functie wordt overgenomen door GaAs-FET versterkers, die een langere levensduur en minder energieverbruik hebben;



Afb. 7. Een downconverter in hybride microstriptechniek, ontworpen als ontvanger voor de OTS- en ECS-satellieten in de band van 11,4...11,7 GHz. Linksboven de transistoroscillator, gestabiliseerd met een diëlektrische resonator. In het midden de gebalanceerde mengtrap en rechts de middenfrequentversterker (foto Philips-Elcoma).

Fig. 5. Ruisgetallen van microgolftansistoren.

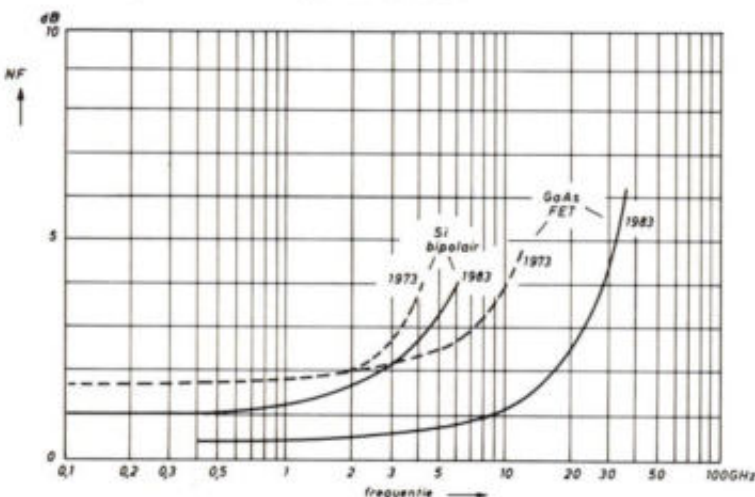
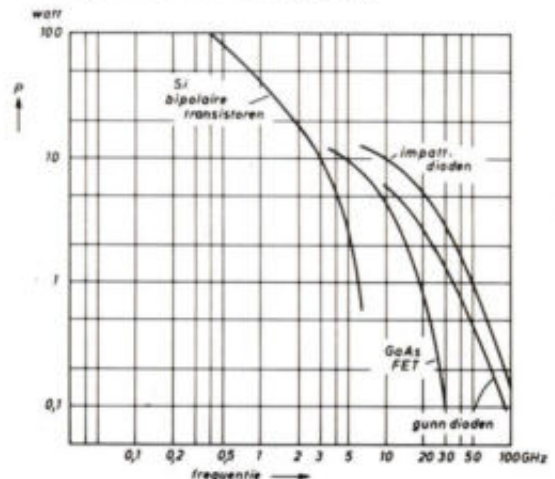


Fig. 6. Continu vermogen als functie van de frequentie voor verschillende halfgeleidercomponenten (bij gepulst gebruik kunnen de vermogens een factor 10 hoger zijn).

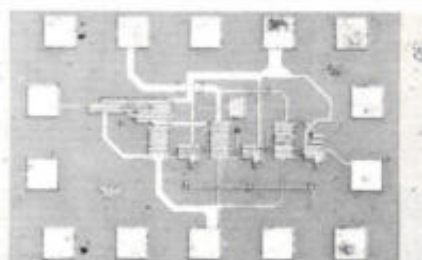


- satelliet-televisie; de te lanceren TV-satellieten zullen uitzenden in de band van 11,7 tot 12,2 GHz. De eerste trap van de ontvanger moet dit signaal omhoogbrengen naar een band van 400...900 MHz. Dit gebeurt in een zgn. „outdoor unit” die zo dicht mogelijk bij de antenne wordt aangebracht. Gezien de eisen aan beeldkwaliteit, het door de satelliet uitgestraalde vermogen en de maximale antennegrootte en niet te vergeten de prijs is het gebruik van GaAs-FET's onontkoombaar;
- phased-array radars; deze bestaan uit een groot aantal stralers die in een vlak zijn opgesteld. Door de onderlinge fasen van de stralers te veranderen kan men de bundel van richting veranderen. Daardoor is het bijv. mogelijk veel sneller een sector van het uitspannel af te tasten, aankomende raketten te volgen etc. Ook bij de verkeersregeling op vliegvelden zou zo'n systeem uitstekende diensten kunnen bewijzen. Over phased arrays wordt al 15 jaar gepraat maar dank zij de GaAs-FET lijken ze nu dan toch tot de (financiële) mogelijkheden te gaan behoren.

DE TOEKOMST: MICROGOLF-CHIPS, GIGABIT LOGICA

Als er in de microgolfttechniek wordt gesproken over *Microwave Integrated Circuits* (MIC's) dan bedoelt men microstrip-schakelingen op een substraat van isolatiemateriaal (meestal aluminiumoxyde), waarop de passieve componenten inderdaad via IC-technieken worden gemaakt maar waarin de halfgeleiders (dioden, transistoren) apart moeten worden ingemontereerd.

Strikt genomen zijn dit dus hybride schakelingen. Echter, wetende dat transistoren (en vaak ook dioden) van GaAs worden gemaakt en dat dit materiaal ook in (semi-) isolerende vorm verkrijgbaar is, ligt het voor de hand om te denken aan volledige integratie van alle componenten op een GaAs-substraat, microgolffchips als het ware. Al direct toen men met de ontwikkeling van GaAs-FET's begon, werd ook de mogelijkheid van monolithische integratie onderzocht, maar pas de laatste jaren is dit werk echt serieus ter hand genomen. De reden is dat passieve componenten op microstrip vrij veel oppervlakte in beslag nemen en dit had dus weinig zin in een tijd dat de verkrijgbare GaAs-plakken niet groter waren dan 1 à 2 cm diameter. Tegenwoordig zijn substraten verkrijgbaar van 5 en 7,5 cm maar nog steeds is de kostprijs (tien tot vijftien gulden per cm² plus de bewerkingskosten die een veelvoud hiervan zijn) een rem op de toepassing van monolithische integratie. Ter onderscheiding van MIC's noemt men deze schakelingen MMIC's (Monolithic Microwave Integrated Circuits). Een tweede, eveneens kostprijs-verhogend, bezwaar is dat monolithische schakelingen die niet aan de specificaties voldoen, niet meer kunnen worden gerepareerd. Bij frequenties beneden 4 GHz tellen

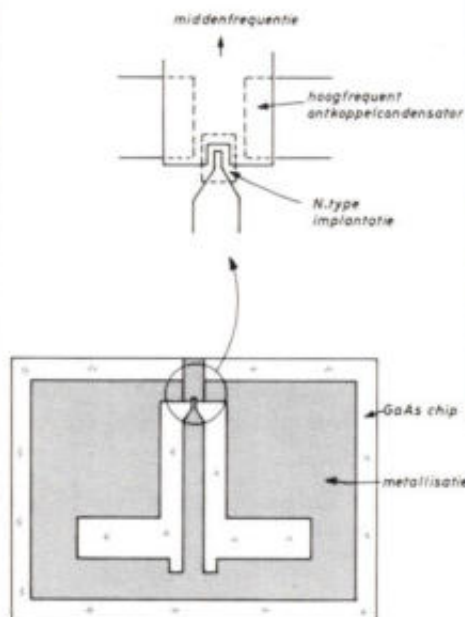


Afb. 8. Een monolithisch geïntegreerde drie-traps versterker op GaAs. De trappen zijn direct gekoppeld. Bandbreedte 0,1...4 GHz en 0,7...1,0 mm (foto Philips L.E.P., Frankrijk).

deze bezwaren minder, althans voor versterkers, omdat men dan weerstandsgecouplede versterkers kan bouwen die veel compacter zijn. Merkwaardig genoeg worden de bezwaren ook weer kleiner bij zeer hoge frequenties (boven 30 GHz) omdat de afmetingen van de circuits schalen met de golflengte en bovendien de montageproblemen van hybride schakelingen steeds groter worden. Bij deze hoge frequenties ligt het probleem meer in het maken van de transistoren. Bij lage frequenties hoeft men overigens niet alleen aan GaAs te denken voor MMIC's. Hier is silicium een geduchte concurrent. Weliswaar is dit materiaal niet zo hoogohmig te maken als GaAs maar bij de lage frequenties zijn de extra verliezen die hier het gevolg van zijn niet desastreus.

geven in afb. 8. In deze frequentieband is het mogelijk alleen transistoren, dioden en weerstanden te gebruiken, hetgeen een compacte layout oplevert. Fig. 9 laat een millimetergolf (100 GHz) MMIC zien waarop een mengdiode is geïntegreerd met een antenne op een GaAs-chip. Het geheel wordt dwars in een golfpijp geplaatst die de beide signalen aanvoert.

Een tweede trend die we kunnen waarnemen volgt al even natuurlijk uit de ontwikkeling van de microgolfttransistor. Een transistor die een hoge afsnijpfrequentie heeft zal ook een snelle pulsresponsie vertonen



en het ligt dus voor de hand microgolff GaAs-FET's ook voor snelle logische schakelingen te gebruiken. Onderzoek hieraan startte al snel nadat de eerste analoge transistoren waren gemaakt en heeft intussen tot hoopgevendende resultaten geleid.

In logische schakelingen is niet in de eerste plaats de pulsstijgtijd van belang maar meer nog de vertraging tussen in- en uitgang van een poort. Een tweede belangrijke grootheid is de gemiddelde dissipatie per poort. Deze bepaalt hoeveel poorten men op een chip kan integreren. De hoeveelheid data die een chip per seconde kan verwerken is evenredig met het product van de maximale klokfrequentie en het aantal poorten op de chip. Men noemt dit product de „functional throughput rate” en dit is dus groter naarmate de poortvertraging en -dissipatie kleiner zijn. De kwaliteit van verschillende technologieën wordt daarom vaak vergeleken aan de hand van het product van vertraging en dissipatie per poort, het „speed-power product”. In deze vergelijking blijken de tot nu toe gemaakte GaAs-circuits een factor 10 beter te zijn dan de snelste Si-chips. Nog sterker dan bij de analoge toepassingen geldt hier dat het geen zin heeft het duurdere GaAs te gebruiken voor dingen die met Si ook kunnen, maar een verbetering met een factor 10 maakt GaAs interessant voor bepaalde toepassingen, bijv. geavanceerde radars en meetinstrumenten. Een voorbeeld van een GaAs-circuit waarvoor een markt bestaat is een 1 Kbit RAM met een toegangstijd van ca. 2 ns, waaraan dan ook door verschillende fabrikanten hard wordt gewerkt. Een derde trend tenslotte tekent zich af op het gebied van de technologie. Het is uit het voorgaande duidelijk dat naarmate men de grensfrequenties wil opschuiven, de afmetingen kleiner moeten worden en dit geldt niet alleen voor componenten die door looptijdefecten worden begrensd, zoals transistoren, maar ook voor componenten die looptijd nuttig gebruiken, zoals impatt-dioden. De gangbare technieken, die hiervoor al kort zijn besproken, hebben wat dit betreft de grenzen van hun mogelijkheden bereikt. Voor patronen op het oppervlak betekent dit een minimum van ca. 1 µm, een grens die wordt gesteld door de golflengte van het gebruikte ultraviolette licht. Wil men kleiner dan zal men „licht” van een kleinere golflengte moeten gebruiken, bijv. röntgenstralen of elektronenbundels. Evenals elektronenmicroscopen een veel groter oplossend vermogen hebben dan optische, kunnen elektronenbundelbelichters de resolutie van het lithografisch proces sterk verbeteren. In feite zijn deze belichters niets anders dan gemodificeerde elektronenmicroscopen. Een extra

Fig. 9. Een 1000 GHz mengdiode, geïntegreerd met koppelcircuit op een GaAs substraat. De chip, afm. ca. 1 x 2 mm, wordt dwars op de voortplantingsrichting in een W-band golfpijp gemonteerd (M.I.T., Cambridge, Mass. VS).

voordeel van een elektronenbundel is dat men deze kan sturen, zodat men in principe geen maskers meer nodig heeft. De bundel tekent als het ware het maskerpatroon direct in de fotolak. Op het moment is dit echter nog een tijdrovende zaak. Het beschrijven van een hele plak kan wel een uur duren. Voor massafabricage is het daarom beter met behulp van een elektronenbundel een metalen masker te maken en dit te gebruiken in een belichter die met röntgenstralen werkt.

Wat betreft de minimaal bereikbare laagdikte is de grens die met ionenimplantatie kan worden gehaald ca. $0,1 \mu\text{m}$. Een nieuwe kristalgroeitechniek, *molecuulbundelepitaxie*, MBE, belooft hierin verandering te brengen. Dit is een opdamptechniek in ultrahog vacuüm (10^{-10} tot 10^{-11} torr). Als het substraat, een monokristallijne halfgeleiderplak, op een temperatuur van ca. 500°C wordt gehouden zet het opgedampte materiaal zich ook monokristallijn af. Dank zij de lage groeitemperatuur treedt er geen uitdiffusie op en zijn de overgangen tussen verschillende lagen buitengewoon scherp, slechts enkele atoomlagen. Dit betekent dat men bijv. bipolaire transistoren zou kunnen maken met een basisdikte van $0,01 \mu\text{m}$, met een corresponderende verhoging van de afsnijfrequentie. In de GaAs-technologie heeft men nog als extra mogelijkheid het aanbrengen van lagen met verschillende samenstelling op elkaar, bijv. AlGaAs op GaAs. Dit noemt men *heterojuncties* en deze maken effecten mogelijk die men met één halfgeleider niet kan bereiken. In de technologie van halfgeleiderlasers wordt hier al druk gebruik van ge-

maakt maar ook in de microgolfttechniek verwacht men er voordelen van.

Tenslotte is het nog zo dat het aanbrengen van kleine patronen in fotolak alleen niet voldoende is. De patronen moeten ook getrouwd in het onderliggende materiaal kunnen worden overgebracht. Met name de etstechnieken met chemische oplosmiddelen zijn hiervoor niet geschikt. Nieuwe technieken zoals het etsen in een gasontlading (plasma-etsen) of met een ionenbundel worden hiervoor ontwikkeld. Er is dus op alle fronten van de technologie een sterke ontwikkeling aan de gang. Hierbij moet aangetekend worden dat al deze nieuwe technologieën gemeen hebben dat ze zeer duur zijn. Het is dus nog even afwachten of de toepassingen de hoge investeringen zullen kunnen terugverdienen. Niettemin is het fascinerend te speculeren over de mogelijkheden die zich voor ons openen.

SLOTBESCHOUWING

Het zal de lezer die het voorgaande heeft doorgewerkt misschien af en toe geduizeld hebben. Hij kan zich dan troosten met de gedachte dat het voor de professionele microgolffingenieur ook niet altijd even gemakkelijk is geweest de stormachtige ontwikkeling van zijn vakgebied bij te houden. De simpele puntcontactdiode van vroeger heeft gezelschap gekregen van een groot aantal familieleden met allerlei verschillende eigenschappen. In plaats van omvangrijke golfpijpcircuits met buizen, het zogenaamde loodgieterswerk, hebben we nu microstripschakelingen met dioden en transistoren, die minder plaats innemen,

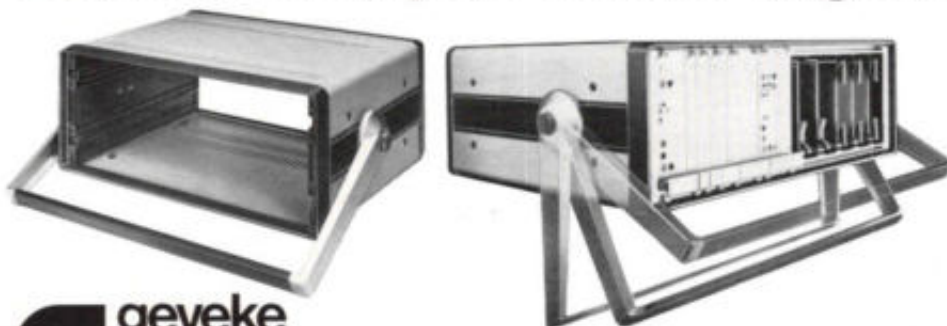
minder energie verbruiken en ook wat levensduur en ruis eigenschappen betreft gunstig afsteken bij de vroegere producten. Nieuwe toepassingen worden mogelijk: satelliet-TV, mobiele telefoons, autoradar, herkenning van voertuigen, burgerbandcommunicatie op microgolven. Microgolfelektronica is op weg in consumentenartikelen te worden toegepast.

Is de rol van de elektronenbuizen nu uitgespeeld? Geenszins, maar ze zijn wel verdrongen naar het gebied van de grote vermogens waar ze hun positie onbestreden handhaven. Ook bij de frequenties boven 50 GHz zullen buizen voorlopig nog een belangrijke rol blijven spelen.

Het gevolg van de opkomst van de halfgeleiders is ook dat de werkwijze van de microgolffingenieur aan het veranderen is. Was het ontwerpen van microgolfschakelingen vroeger gebaseerd op ervaring en het aanbrengen van de nodige afregelschroeven, tegenwoordig doen computer-aided design technieken steeds meer hun intrede. Schakelingen die met printed-circuit technieken gemaakt worden, regel je nu eenmaal niet meer zo gemakkelijk bij. Een ander belangrijk punt is dat met het toenemend gebruik van grote aantallen kleine systemen de vervuiling van het elektromagnetische spectrum ook zal toenemen. Ook microgolffingenieurs zullen zich zorgen moeten gaan maken over „Electromagnetic Compatibility“.

Hoe dan ook, de microgolfttechniek zal, dank zij de halfgeleiders, een steeds belangrijker positie in de maatschappij gaan innemen. Voor werkloosheid hoeft in deze bedrijfstak nog niet te worden gevreesd.

Vraag proefpakket van Schroff Compac-behuizingen.



G geveke
electronics

KOMPLEET IN 19" TECHNIEK

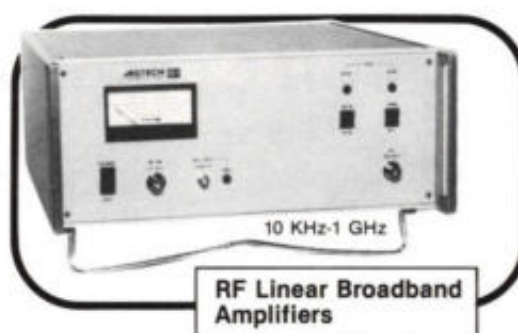
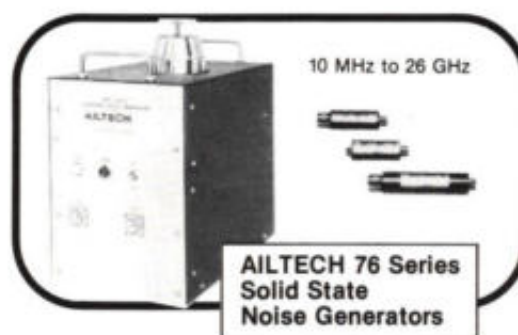
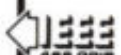
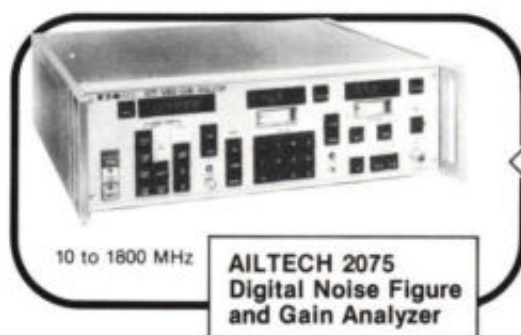
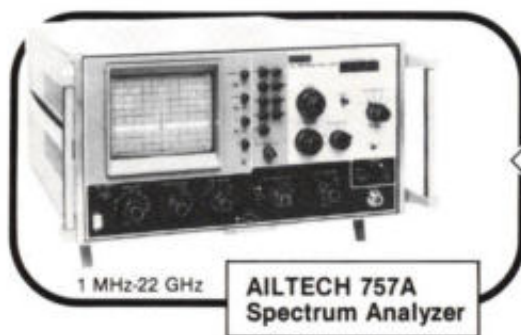
- revolutionaire vormgeving
- optimale mogelijkheden
- degelijke constructie
- inbouwmaten volgens DIN 41494, deel 5
- uiterst scherpe prijs.

Meer informatie?
Bel (020) 582.2852.

Geveke Elektronica bv
Afdeling Elektronica
Kabelweg 25, Postbus 652
1000 AR Amsterdam
Tel. (020) 5829111
Telex 18556.

Ailtech INSTRUMENTS

TE ZIEN OP
'HET INSTRUMENT'
STAND N108



EAT•N Advanced
Electronics

AILTECH - Holland
EATON Corporation
Aalsmeerderweg 543
1437 EG Rozenburg N-H
Tel. 02977-29376 Telex 18399

Ruismeting in de hoog-frequentietechniek

Definities, meetmethoden en -instrumenten

Ruis vormt een inherente beperking van ons vermogen tot het regenereren van signaalinformatie, als dit signaal wordt overgezonden van een zender naar een ontvanger. Derhalve is ruis een zeer belangrijk aspect in de telecommunicatie, telemetrie, radar en aanverwante technieken en eigenlijk in alle sectoren waarin ontvangers worden gebruikt.

Belangrijk is daarom ook het door meting bepalen van ruis-eigenschappen. In tegenstelling tot het meten van grootheden als stroom en spanning, bestaat er voor ruismeting geen direct afleesbare methode. Dit artikel beoogt een beknopte, praktische samenvatting te geven van definities, formules, methoden en instrumenten die samenhangen met ruis en met de meting daarvan in ontvangers.

Gegeven de huidige stand van de techniek kan met stellen dat een (over)groot percentage van de op een signaal aanwezige ruis wordt gegenereerd in de ontvanger zelf. Produceert de ontvanger veel ruis, dan zal aan de uitgang een kleinere signaal/ruis-verhouding ontstaan dan bij een ruisarme ontvanger onder vergelijkbare omstandigheden. We spreken dan respectievelijk van een „on gevoelige“ of een „gevoelige“ ontvanger.

Teneinde deze intern gegenereerde ruis op een standaard manier te kunnen karakteriseren, heeft men het begrip *ruisfactor* ingevoerd, welk begrip algemeen in de ontvangerindustrie wordt gebruikt en op algemeen geaccepteerde manieren wordt gemeten.

Omdat de ruisfactor een kwaliteitsfactor is voor de gevoeligheid en geen grootheid als spanning of stroom, is de meting van de ruisfactor een *indirecte* meting.

BEGRIPPEN EN DEFINITIES

Om tot een solide basis voor deze verhandeling over ruis in de hoogfrequentietechniek te komen, is het noodzakelijk eerst een aantal met ruis samenhangende begrippen te definiëren.

Om te beginnen wordt met de term *ruis* een aantal spontane fluctuaties in elektronische schakelingen aangeduid, welke ontstaan als gevolg van diverse oorzaken. Een zeer belangrijke oorzaak van ruis is de temperatuurbeweging van elektronen, waardoor in een geleider ladingen verplaatsen en diensgevolge tussen de uiteinden daarvan een ruisspanning opwekken.

Andere oorzaken zijn:

Haagruis, bijv. als gevolg van het individueel doorbreken van elektronen door een PN-junctie;

Geïnduceerde ruis, bijv. in een FET als gevolg van inductie in het gate circuit door de source-drain-stroom;

Verdelingsruis, bijv. als gevolg van de stroomverdeling tussen basis en collector in transistoren.

Stroomruis, die afhankelijk is van de stroom door een geleider.

Ter vereenvoudiging zullen we ons beperken tot de belangrijkste oorzaak van ruis, de *thermische ruis*. Verder zullen we voor wat betreft de hoogfrequent kant van het onderwerp alleen het lineaire deel van ontvangstsystemen beschouwen, waardoor detectie en andere signaalverwerkende uitgangsschakelingen achterwege worden gelaten. Door dit te doen komen we tot een relatief simpele beschouwing, zonder meer van toepassing op vele microgolf-overdrachtssystemen zoals satellietverbindingen, radar, straalverbinding en dergelijke.

Enige steeds terugkerende begrippen:

1. Beschikbaar signaalvermogen, P_s :

Het beschikbaar signaalvermogen van een netwerk is het maximale vermogen dat kan worden afgegeven aan een aangesloten belasting en dat is het geval indien de aangesloten impedantie gelijk is aan de impedantie van de bron of generator zelf. Het beschikbare vermogen van een generator met open klemspanning U en inwendige weerstand R is $P_s = \frac{U^2}{4R}$.

2. Beschikbaar ruisvermogen, P_n :

De openklem-ruisspanning, veroorzaakt door temperatuurbeweging in een weerstand (Johnsonruis) is volgens Nyquist gelijk aan $U_n^2 = 4kTRB$, waarin k de constante van Boltzmann is, T de absolute temperatuur in kelvin en B de bandbreedte waarin we de ruis beschouwen. Het beschikbare ruisvermogen is dan $P_n = kTB$ en dus onaf-

hankelijk van de waarde van de inwendige weerstand.

3. Vermogensversterking, G

De beschikbare vermogensversterking van een netwerk is simpelweg de verhouding tussen het beschikbaar vermogen aan de uitgang en het beschikbaar vermogen van de bron van het netwerk: $G = \frac{P_o}{P_s}$.

4. Ruistemperatuur, T

In veel gevallen is het gemakkelijk te verwijzen naar de „ruistemperatuur“ van een bron omdat het ruisvermogen meestal extreem laag is (kTB bij 290K is $4 \cdot 10^{-21}$ W/Hz). De ruistemperatuur is gedefinieerd als die temperatuur die een bron zou moeten hebben om een gelijk beschikbaar ruisvermogen, P_n , te produceren als de betreffende bron: $T_n = \frac{P_n}{kB}$.

Voor ruismetingen wordt gebruik gemaakt van de standaard brontemperatuur, T_o ; deze is 290 K (kamertemperatuur).

5. Ruisfactor, F

De ruisfactor van een netwerk is een maat voor de kwaliteit van het netwerk ter zake van de ruis eigenschappen en is de verhouding van de signaal/ruisverhouding aan de ingang tot die aan de uitgang. Om wille van de duidelijkheid zullen we in de formules S_i en S_o enz. gebruiken in plaats van P_{si} en P_{so} :

$$F = \frac{(S/N)_{\text{uitgang}}}{(S/N)_{\text{ingang}}} = \frac{S_o N_i}{S_i N_o} \quad (1)$$

6. Ruisgetal

Het *ruisgetal* (noise figure) is de in dB uitgedrukte ruisfactor. Ofwel

$$F = 10 \lg \frac{S_o N_i}{S_i N_o} \text{ (dB)}$$

DE RUISFACTOR

Met behulp van het voorgaande zullen we nu de ruisfactor nader beschouwen aan de hand van fig. 1.

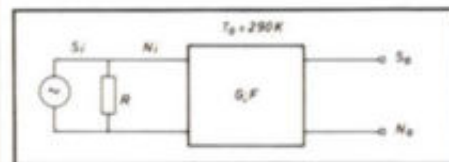


Fig. 1.

Het beschikbaar ruisvermogen aan de ingang is gelijk aan:

$$N_i = kT_o B \quad (2)$$

$$\frac{S_i}{S_o} = \frac{1}{G} \quad (3)$$

Substitutie van (2) en (3) in (1) geeft:

$$F = \frac{N_o}{GkT_o B} \quad (4)$$

$$N_o = GkT_o BF \quad (5)$$



SOLDEERGEREEDSCHAP EN ACCESSOIRES

Wij leveren U een uitgebreid programma soldeergereedschap en accessoires tegen ongekend lage prijzen. De temperatuur geregelde soldeerstations, met analoge of digitale indicatie, zijn continu regelbaar van 100°C - 500°C, hebben een lage tip lekspanning en een vernuftig ontworpen triac regelcircuit.

Model 220 MKII Temperatuur geregeld metalen soldeerstation met digitale indicatie. Hfr. 350,00	Model 888 Soldeer soldeerbout met regelbaar vermogen en analoge temperatuurindicatie geschikt voor elk type soldeerbout. Hfr. 43,00
Model 330 Soldeerbout met variabel vermogen (15 - 30 W) Hfr. 30,00	Model 233 MKII Temperatuur geregeld soldeerstation in kunststof behuizing met analoge temperatuurindicatie. Hfr. 146,00
Model 828 Tinsauger Hfr. 16,00	Model RS 8050 30 W soldeerbout Hfr. 6,50
Model 800 Seltide soldeerbouten (1 kg.) Hfr. 13,00	Model RS 8062 50 W soldeerbout Hfr. 7,00



Voor uitgebreide informatie over dit aantrekkelijke, complete en zeer scherp geprijsde programma, kunt U het best vandaag nog contact opnemen met:



PROFESSELE ELECTRONISCHE COMPONENTEN, MEETAPPARATUUR EN VOEDINGEN

KLAASING ELECTRONICS B.V.

BENELUXWEG 27, 4904 SJ OOSTERHOUT, HOLLAND, TEL.: 01620 - 51400, TELEX 54598

klees
electronics bv

Langs de werf 6
1185 xt amstelveen
tel.: 020-434351/tlx.: 17199



electronische bouwstenen van
topkwaliteit...

- single-in-line
- dual-in-line

de beste tegen scherpe prijzen
uit voorraad leverbaar

ook via onze distributor
multicomponents-zoetermeer
tel.: 079-410141

DALE®



Meerpolige stekers



HAN 16 E

Robuust en van een hoogwaardige kwaliteit. Een vrijwel onbeperkte keuze. Kijk maar: van 3 tot 128 polen, van 10 tot 35 ampère, van 42 tot 320 volt. U zegt maar wat u hebben wilt, Jobarco levert ze. Eén telefoontje en wij sturen u alle gegevens. Of meteen al de gewenste aantallen.



jobarco bv

voor kabels, wie anders?
Stephensonstraat 2
Industrieterrein
Zoeterhage, wijk 23
postbus 183
2700 AD Zoetermeer
tel. 079-319313
telex: 32333



Uitdrukking (5) laat zien dat het mogelijk is het probleem te vereenvoudigen door de ruisbijdrage van het netwerk zelf te verplaatsen naar de ingang, fig. 2. Dus als „extra” bron van een ideaal netwerk met de versterking G en $F = 1$. Dit netwerk is gegeven in fig. 3.

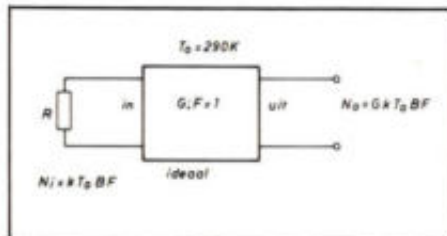


Fig. 2.

N_i bestaat dus uit twee delen:

1. De bijdrage van de afsluitweerstand op T_o .
2. De bijdrage als gevolg van het niet ideaal zijn van het netwerk.

$$N_i = kT_o BF = \underbrace{kT_o B}_{\text{bron}} + \underbrace{kT_o B (F-1)}_{\text{netwerk}} \quad (6)$$

Fig. 3 toont het vervangingsschema. N_i kan ook worden uitgedrukt in een temperatuur; deze wordt de *operationele ruistemperatuur* genoemd.

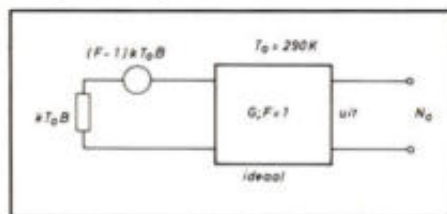


Fig. 3.

Operationele ruistemperatuur, T_{op}

F als maat voor het ruisgedrag is onhandig als de temperatuur van de bronimpedantie sterk afwijkt van $T_o = 290$ K. Dit is onder andere het geval bij satellietverbindingen waar de antenne is gericht op de koude ruimte.

In dergelijke gevallen is het praktischer de begrippen *operationele ruistemperatuur* T_{op} en *effectieve ruistemperatuur* T_e in te voeren. We definiëren T_{op} als die temperatuur die een bronimpedantie zou moeten hebben om bij een ideale tweepoort een uitgangsisruisvermogen te produceren, gelijk aan het ruisvermogen, aan de uitgang van de ruisende tweepoort bij de brontemperatuur T_i .

In formule (6) geeft dat:

$$kT_{op}BF = kT_iB + kT_oB(F-1) \quad (7)$$

$$T_{op} = T_i + T_o(F-1) \quad (8)$$

De term $T_o(F-1)$, de *netwerkbijdrage*, wordt ook wel *effectieve ruistemperatuur* genoemd.

Effectieve ruistemperatuur, T_e

Op analoge wijze als T_{op} wordt T_e gedefi-

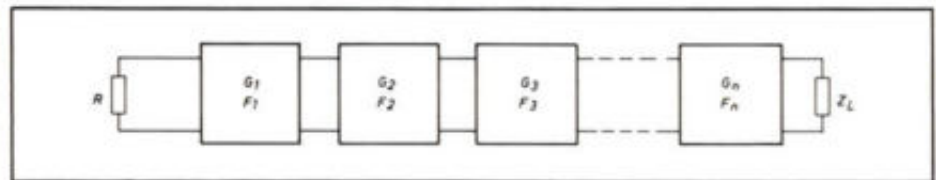


Fig. 4. Ruisende netwerken in cascade.

niëerd als die temperatuur die een bronweerstand moet hebben om aan de uitgang van een ideale tweepoort een ruisvermogen te produceren gelijk aan het ruisvermogen van een ruisende tweepoort met een niet-ruisende bronweerstand ($T_i = 0$ K).

$$\begin{aligned} T_e &= T_o(F-1) \\ T_e &= 290(F-1) \end{aligned} \quad (9)$$

Uit (8) volgt nu dat

$$T_{oo} = T_i + T_e \quad (10)$$

Is $T_i = T_o = 290$ K dan volgt daaruit:

$$T_{op} = 290 F$$

CASCADESCHAKELING VAN RUISENDE TWEEPOORTEN

Vaak komt het voor dat ruisende netwerken in cascade worden geschakeld, fig. 4. De ruisfactor F kan nu analoog worden bepaald door vereenvoudiging, namelijk door alle ruis van de afzonderlijke tweepoorten uit te drukken in ingangsisruis:

$$N_i = kT_oBF_{tot} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} N_i &= kT_oBF_i + \frac{kT_oB(F_2-1)}{G_1} + \\ &\frac{kT_oB(F_3-1)}{G_1G_2} + \dots + \frac{kT_oB(F_n-1)}{G_1G_2G_3\dots G_{n-1}} \end{aligned} \quad (12)$$

waaruit volgt:

$$\begin{aligned} F_{tot} &= F_1 + \frac{(F_2-1)}{G_1} + \frac{(F_3-1)}{G_1G_2} + \dots \\ &+ \frac{(F_n-1)}{G_1G_2G_3\dots G_{(n-1)}} \end{aligned} \quad (13)$$

De operationele temperatuur hiervoor is:

$$\begin{aligned} T_{op} &= T_i + T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_1} + \frac{T_{e3}}{G_1G_2} + \dots \\ &\frac{T_{en}}{G_1G_2G_3\dots G_{(n-1)}} \end{aligned} \quad (14)$$

MEETMETHODEN

Er zijn diverse manieren om de ruisfactor of het ruisgetal te meten. Alle meetmethoden zijn indirecte, relatieve methoden omdat absolute metingen, bijvoorbeeld van het ruisvermogen aan de uitgang, vooral bij kleine ruisfactoren praktisch onuitvoerbaar zijn en alleen dan waardevol zijn als de bandbreedte en versterking nauwkeurig

bekend zouden zijn. De op dit moment meest gebruikte meetmethode is de zgn. *Constant Excess Noise Ratio* methode, die uitgaat van twee bekende ruisniveaus aan de ingang. Andere zijn de „signaalgenerator”-methode en de „3dB”-methode, waarvan de laatste nog wel wordt toegepast maar toch ook steeds meer om o.a. nauwkeurighedsredenen wordt verlaten.

„3dB” RUISFACTORMETING

Deze meting maakt gebruik van een regelbaar ruisniveau en werkt als volgt (zie fig. 5).

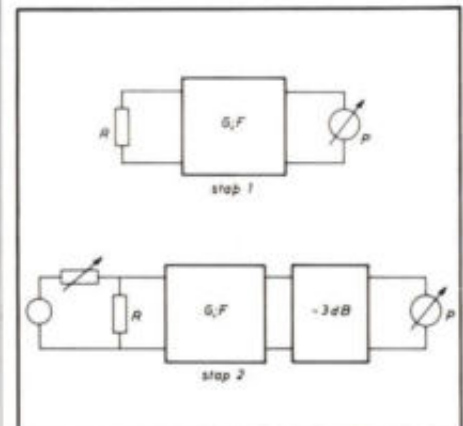


Fig. 5. Meting van de ruisfactor volgens de „3 dB”-methode.

Men sluit het te meten netwerk aan de ingang af met een weerstand op kamertemperatuur, leest het ruisvermogen aan de uitgang af en neemt dit als referentiepunt, fig. 5a. Vervolgens wordt een 3dB-verzwakker opgenomen in serie met de meter (fig. 5b) en wordt een ruisstroom door de afsluitweerstand gestuurd uit een regelbare ruisbron tot het dubbele ruisvermogen (zelfde meteruitslag) aan de uitgang is bereikt.

In formulevorm ziet dat er als volgt uit:

$$N_{o1} = GkT_oBF \quad (15)$$

$$N_{o2} = GkT_oBF + GN_g \quad (16)$$

N_g is het ruisvermogen uit de regelbare bron; N_i is het ruisvermogen van R . Na enige bewerking vinden we:

$$F = \frac{N_g}{N_i} \quad (17)$$

$$F = \frac{kT_oB}{i_r^2 R} \quad (18)$$

Wordt als ruisbron een verzadigde diode gebruikt dan geldt:

$$i_r^2 = 2qIB, \quad (19)$$

waarin q de eenheidslading van een elektron, $1,6 \cdot 10^{-19}$ C, I de kathodestroom en B de bandbreedte voorstellen. Substitueren we (19) in (18) dan vinden we:

$$F = \frac{2qIR}{kT_0} \quad (20)$$

Bij deze methode is het dus mogelijk de stroom door de ruisdiode direct teijken in „ruisfactor” omdat alle andere termen constant en onafhankelijk zijn van de versterking en de bandbreedte.

CONSTANT ENR- OF Y-FACTOR-METHODE

Deze methode is reeds in 1957 door het IEEE vastgelegd en sindsdien sterk verbeterd, maar het principe is door de jaren ongewijzigd gebleven. Uitgangspunt voor de meting zijn twee nauwkeurig bekende ruisvermogens, welke men beurtelings aan de ingang van een netwerk aanlegt en waarna de verhouding tussen de zo ontstane ruisvermogens aan de uitgang wordt gemeten (bijv. 4:1 aan de ingang en 5:2 aan de uitgang). De twee bekende ruisvermogens kunnen als volgt worden uitgedrukt:

$$N_{i1} = kT_1 B \quad (21)$$

$$N_{i2} = kT_2 B \quad (22)$$

In de praktijk gebruikt men hiervoor een ruisbron, bijvoorbeeld een door een verzwakker afgesloten ruisdiode, die beurtelings wordt aan- en uitgeschakeld en in de uit-stand (T_1) het ruisvermogen afgeeft van een weerstand op kamertemperatuur (T_0):

$$N_{i1} = kT_0 B$$

N_{i2} kan nu worden uitgedrukt als:

$$N_{i2} = kT_0 B + kT_2 B \text{ (zie fig. 6)} \quad (23)$$

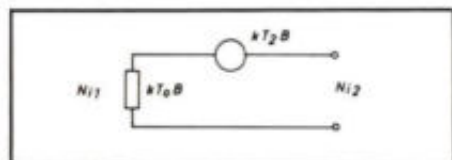


Fig. 6.

De excess-ruis is dan:

$$N_{i2} - N_{i1} = kT_2 B - kT_0 B \quad (24)$$

In verhouding is dat de „Excess Noise Ratio”:

$$\text{ENR} = \frac{T_2}{T_0} - 1 \quad (25)$$

$$\text{ENR}_{\text{dB}} = 10 \lg \left\{ \frac{T_2}{T_0} - 1 \right\} \quad (26)$$

Schematisch is dit in fig. 7 afgebeeld. Of in formulevorm:

$$N_{o1} = G \{ kT_1 B + kT_0 B (F-1) \} \quad (27)$$

$$N_{o2} = G \{ kT_2 B + kT_0 B (F-1) \} \quad (28)$$

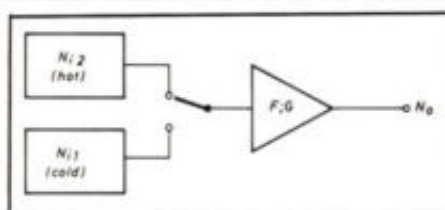


Fig. 7.

De gemeten ruisverhouding $\frac{N_{o2}}{N_{o1}}$ is bekend als de „Y-factor”:

$$Y = \frac{T_2 + (F-1)T_0}{T_1 + (F-1)T_0} \quad (29)$$

$$Y \left(\frac{T_1}{T_0} + F - 1 \right) = \frac{T_2}{T_0} + F - 1 \quad (30)$$

$$F(Y-1) = \frac{T_2}{T_0} - Y \frac{T_1}{T_0} + Y - 1 \quad (31)$$

$$F = \frac{T_2/T_0 - Y(T_1/T_0)}{Y-1} + 1 \quad (32)$$

Is T_1 gelijk aan de brontemperatuur T_0 dan is:

$$F = \frac{T_2/T_0 - 1}{Y-1} \quad (33)$$

Het ruisgetal is dan:

$$F_{\text{dB}} = 10 \lg \left\{ \frac{T_2/T_0 - 1}{Y-1} \right\} \quad (34)$$

$$F_{\text{dB}} = 10 \lg \left(\frac{T_2}{T_0} - 1 \right) - 10 \lg (Y-1) \quad (35)$$

Substitutie van (26) geeft:

$$F_{\text{dB}} = \text{ENR}_{\text{dB}} - 10 \lg (Y-1) \quad (36)$$

Dus is de ENR bekend, dan is de Y-meting voldoende om F te berekenen.

RUIS-MEETAPPARatuur

Vooraf door de ontwikkeling en verbetering van brede band precisie ruisgeneratoren, maken bijna alle aangeboden ruis factor-meters gebruik van de constant ENR of Y-factor methode. Fig. 9 toont een blokschema van zo'n opstelling.

Deze meetopstelling bestaat in wezen uit drie delen: de ruisbron, het te meten „Device Under Test” en de ruisfactor-meter. Met behulp van de precisieverzwakker wordt de Y-factor gemeten, waarna F kan worden berekend of, in andere toestellen, direct kan worden afgelezen.

De nauwkeurigheid van de meting hangt volgens formule 36 af van de ENR- en Y-nauwkeurigheid.

DE RUISBRON

Uit de eerdere beschrijving van de Y-factor methode weten we dat voor een meting twee nauwkeurig bekende ruis niveaus zijn vereist, welke door een ruisbron worden

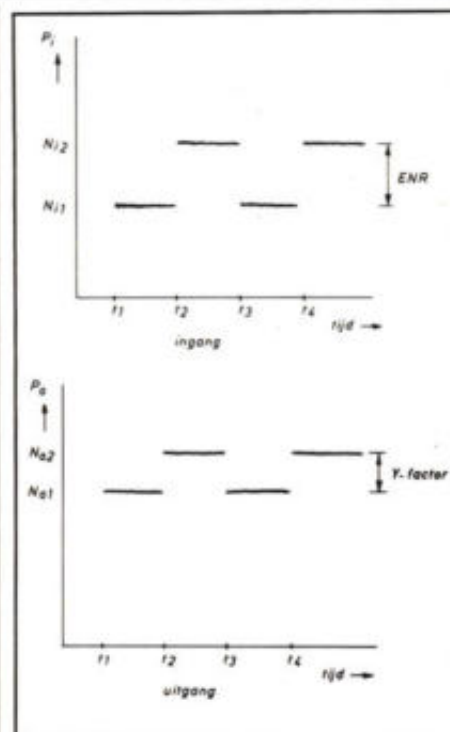


Fig. 8. ENR en Y-factor.

gegenereerd. De bekendste hoogfrequent ruisbronnen zijn:

- temperatuur gecontroleerde weerstanden (Hot/Cold Load);
- gasontladingsbuizen;
- halfgeleiderdioden.

- Hot/Cold Load

Een weerstand in een op temperatuur gecontroleerde ruimte is de enige bron waarvan de output direct controleerbaar afhangt van een eenvoudig meetbare fysische grootheid, de temperatuur. Als gevolg hiervan wordt een dergelijke ruisbron vaak gebruikt als ruisstandaard en ook voor metingen waarbij een hoge nauwkeurigheid is vereist.

De bron bestaat over het algemeen uit 2 coaxiale weerstanden. Een ervan is ondergedompeld in vloeibare stikstof de ander bevindt zich in een oven op 373,3 K. Met een onnauwkeurigheid van ± 2 K kan deze bron worden gebruikt van DC tot 9 GHz. Men gebruikt in sommige uitvoeringen ook wel een kamertemperatuur Hot Load. Het komt echter de meetnauwkeurigheid ten goede als de ENR en daarmee de Y-factor groot zijn en daardoor een beter meetbare grootheid opleveren. Voor speciale toepassingen bestaan ook met vloeibare helium gekoelde Cold loads. De overgang kan zowel coaxiaal (precisie connector) of als golfpijp zijn uitgevoerd.

- Gasontladingsruisbronnen:

Gasontladingsruisbronnen zijn met argon gevulde kwartsbuizen, die onder een hoek van ongeveer 10° in een golfgeleider zijn geplaatst welke aan één zijde passief is afgesloten.

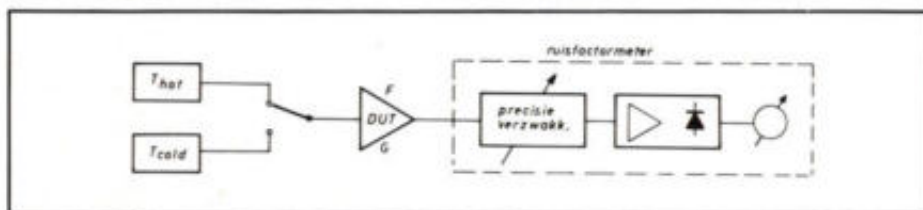


Fig. 9. Meetopstelling voor het meten van de ruis volgens de „constant ENR-“ of „Y-factor-“ methode.

In ontstoken toestand heeft het plasma in de buis een equivalente ruistemperatuur van ongeveer 11 000 kelvin ofwel 15,7 dB ENR. In gedoofde toestand wordt de DUT afgesloten met de passieve afsluiting van de andere zijde van de golfgeleider. Deze goed gedefinieerde bronnen zijn zeer stabiel, reproduceerbaar, hebben een minimale ENR-variatie over de frequentieband en hebben ook een verwaarloosbare gevoeligheid voor de omgevingstemperatuur. Met behulp van een hoogspanningsvoeding (1 tot 5 kV) wordt de buis ontstoken en de stroomsterkte ingesteld (zie afb. 11). Ailtech levert gasontladingsruisbronnen van 5,85 tot 40 GHz (afb. 11a).

— Solid-state ruisbronnen

Solid-state ruisbronnen zijn in de „avalanche“-modus werkende halfgeleiderdioden (zie fig. 12) en geen „afgekeurde zenerdioden“ zoals in het verleden wel werd gezegd, maar hoogwaardige epitaxiale microgolfdioden. Deze dioden produceren



Afb. 11. De hoogspanningsvoeding Ailtech 7175 voor gasontladingsruisbronnen kan zowel in een „conventionele“ alsook in een automatische meetopstelling worden gebruikt.

De ENR van halfgeleiderdruisbronnen ligt op nominaal 15,5 dB, al zijn er voor speciale toepassingen ook bronnen beschikbaar met een ENR van 30...35 dB over een smalle frequentieband. Ailtech ruisbron-

nen zijn beschikbaar in diverse modellen, waarvan model 7618E, 10 MHz...18 GHz en het onlangs geïntroduceerde model 7626, 10 MHz...26 GHz de opvallendste zijn. Een enkele bron kan zowel voor HF als MF worden gebruikt.

RUISFACTORMETERS

Teneinde de ruisfactormeter uit fig. 9 nauwkeurig te maken, wordt vereist dat de verzwakker over het gehele HF-frequentiegebied is gekalibreerd. Dit is niet haalbaar en zou ook veel te kostbaar zijn. Vandaar dat men gekozen heeft voor de uitvoering op één frequentie: 30 MHz als middenfrequentie en daarvoor een frequentieomzetter in de vorm van een mixer en lokale oscillator.

Daarnaast is het mogelijk de variabele verzwakker te automatiseren en direct in F_{dB} uit te lezen zowel analoog als digitaal. Uiteindelijk zien we dan in fig. 13 hoe zo'n opstelling eruit zou zien.

Ailtech model 13611 is een precisie-ontvanger, waarmee de Y-factor wordt gemeten (afb. 14). Model 7514 is een zogenaamde Precision Automatic Noise Figure Indicator, kortweg PANFI welke in staat is het ruisgetal direct te presenteren op een analoge meter (afb. 15).

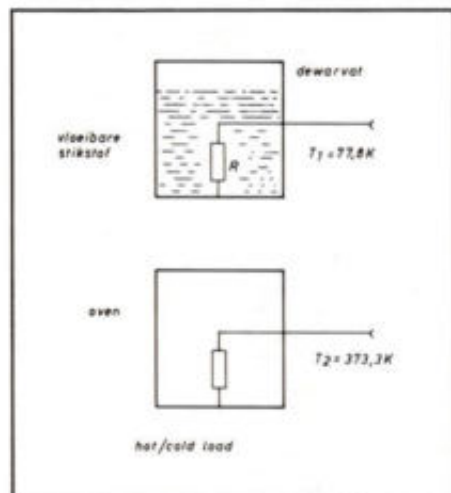
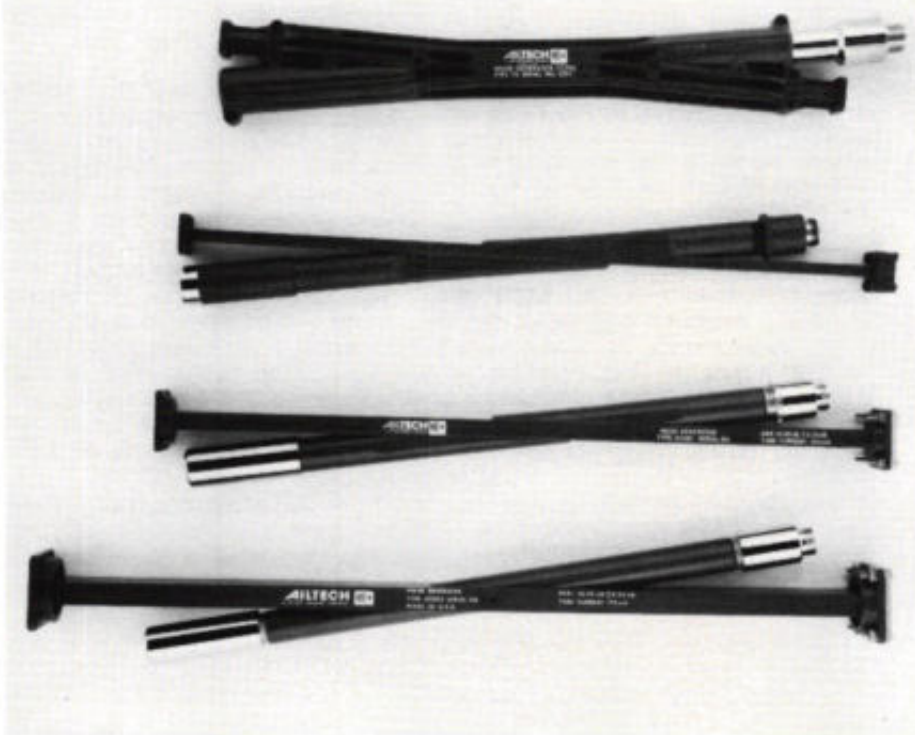


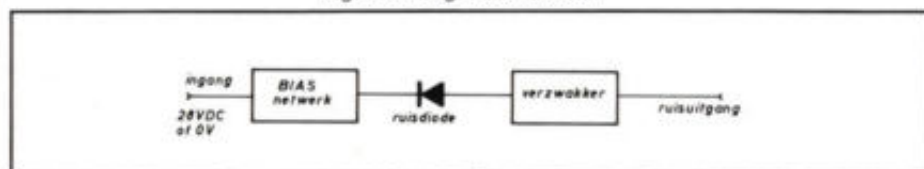
Fig. 10. Temperatuurgecontroleerde weerstanden als ruisbron.

onder speciale omstandigheden een relatief grote hoeveelheid HF-ruis, in de orde van 1 miljoen kelvin. Dit hoge niveau maakt het mogelijk om tussen de diode en de uitgang van de bron een verzwakker op te nemen, welke vanuit de DUT-ingang gezien, de verandering van de diode-impedantie in de „aan“ en „uit“ stand bijna onzichtbaar maakt (aanpast). Voordelen van deze ruisbron zijn het lage gewicht en de kleine afmeting, maar ook het feit dat ze zijn uitgerust met een precisie coaxiale aansluiting (SMA) waarmee ook veel HF-schakelingen (DUT's) zijn uitgevoerd.



Afb. 11a. Hierboven zijn Ailtech type 70 gas ontladingsbuizen afgebeeld van 8,2 tot 40 GHz.

Fig. 12. Halfgeleiderdruisbron.



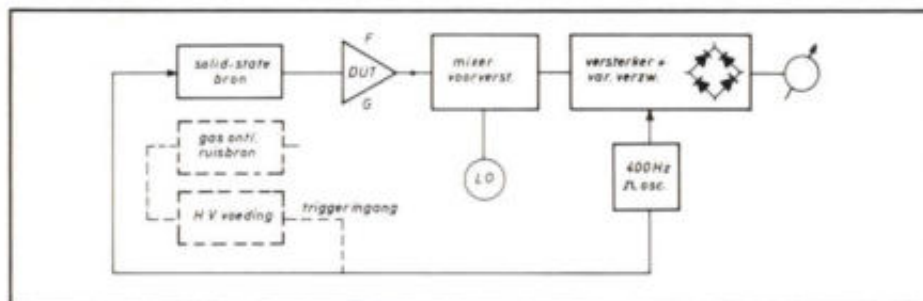


Fig. 13.



Afb. 14. Voor de precisie Y-factor meting, bijv. met de Hot/Cold Load, kan de Ailtech 13611 Precision Test Receiver worden gebruikt.



Afb. 15. De Ailtech 7514 Precision Automatic Noise Figure Indicator, met directe analoge ruisgetal aanwijzing, heeft een instrument onnauwkeurigheid van $\pm 0,05$ dB voor lage ruisgetallen.

Als optie is een frequentie-omzettermodule leverbaar waarin m.b.v. een aantal vaste LO (lokale oscillator)-frequenties op de meest voorkomende middenfrequenties, zoals 21,4 MHz, 45 MHz, direct kan worden gemeten. De laatste ontwikkeling op het gebied van ruisinstrumentatie is model 2075, afb. 16, een microprocessorbestuur-

Afb. 16. De Ailtech 2075 microprocessorbestuurde Noise-Gain Analyzer heeft een afstembare input 10...1800 MHz, door toevoeging van de microprocessor eenvoudig en gemakkelijk in het gebruik met uitstekende nauwkeurigheid.



fectieve ingangstemperatuur T_e . Doordat dit instrument ook over een IEEE-interfacedbus beschikt kan het worden toegepast in automatische meetsystemen, maar ook kan men zonder tussenkomst van een controller een digitale plotter besturen voor het maken van grafieken, of een externe HF-synthesizer/sweeper besturen indien boven 1800 MHz wordt gewerkt. Zie fig. 17.

Op een X-Y oscilloscoop kunnen ook gelijktijdig ruis- en versterkerkrommen zicht-

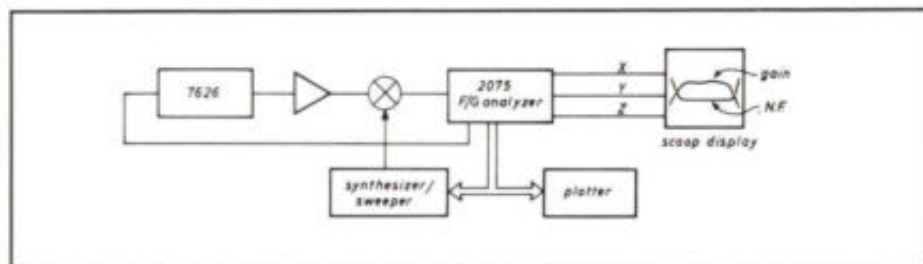


Fig. 17.

de ruis- en versterkinganalysator. Dit instrument is door toevoeging van de microprocessor zodanig verbeterd en vereenvoudigd, dat alle „mysterieuze” zaken, die de ruismeting ingewikkeld maken, zoals bijv. de correcties voor de 2^e trap en onvlakheid van de bron, automatisch worden uitgevoerd en direct het gecorrigeerde ruisgetal wordt gepresenteerd.

In principe bestaat de 2075 uit een afstembare bredebandontvanger (10 MHz...1800 MHz), welke in staat is gelijktijdig zowel het ruisgetal (0,05 dB nauwkeurigheid) als ook de versterking digitaal te presenteren. Door de hoge gevoeligheid is dit instrument in staat zijn eigen ruisgetal te meten, wat belangrijk is om de bijdrage van de 2^e trap te bepalen, als ook om ruisgetallen te meten van passieve/verzwakkende componenten, zoals mixers. Ook is het mogelijk om ENR-tabellen van verschillende bronnen gelijktijdig in het geheugen op te slaan. F en G kunnen bovendien worden gepresenteerd in de verhouding dB of ef-

baar worden gemaakt als functie van de frequentie; hetgeen vooral bij het afregelen van HF-versterkers of tuners van groot belang kan zijn. Een eenvoudige uitvoering (2075-1) werkt op een vaste frequentie (30 MHz).

RUISMONITORS

Ruismonitors uit de Ailtech 7300 serie zijn speciaal ontwikkeld voor systeem- of produktietoepassing. Een van die toepassingen is in een radar-ontvanger, waarvan het ruisgetal van groot belang is, immers als geen echo op het radarscherm wordt geproduceerd, wil men wel zeker weten dat er ook geen echo de ontvanger binnen kwam, en niet dat de ongevoeligheid was teruggelopen waardoor de echo niet boven de ruis uit kon komen. Hiertoe wordt een ruisgetalmeting uitgevoerd in de „dode” tijd van de radar (zie fig. 18). Vele uitvoeringen zijn hierin mogelijk, evt. ook met versterkingmeting (zie afb. 19) en IEEE-bus, instelbare alarmniveaus enz.

MEETNAUWKEURIGHEID

De totale meetnauwkeurigheid hangt in sterke mate af van de nauwkeurigheid van de ENR, dus van de kalibratienauwkeurigheid van de bronnen. Ailtech ruisbronnen worden gekalibreerd op een Ailtech type 82 ruisbronkalibrator, welke de enige commercieel verkrijgbare ruisbronkalibrator is op basis van een „switched load radiometer”. Wij zullen hier niet nader op dit kalibratiesysteem ingaan. Uitgaande van de meest nauwkeurige standaards bij het NBS en EQD is Ailtech in staat tot op $\pm 0,11$ dB nauwkeurig te kalibreren. Ailtech specificeert de „worst case”-onnauwkeurigheid, m.a.w. de som van alle meetellende onnauwkeurigheden. Voor ruisbronnen is dat de som van de onnauwkeurigheden van bijvoorbeeld de NBS-

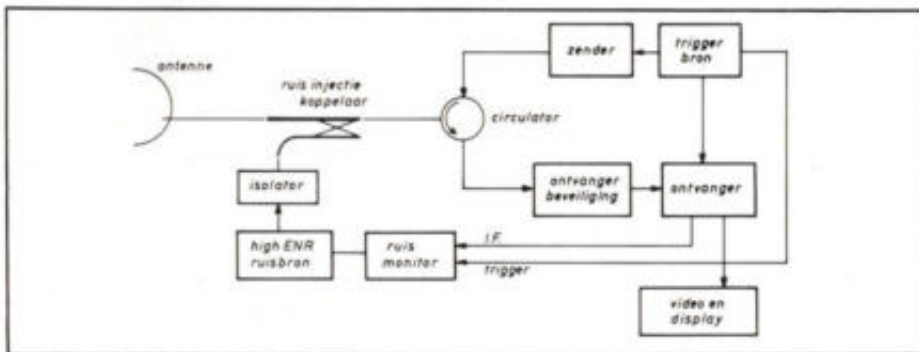
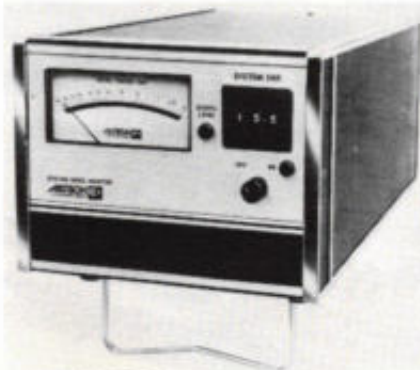


Fig. 18.



Afb. 19. De 7380 Noise Monitor is via de IEEE-bus bestuurbare en in staat gelijktijdig het ruisgetal en de versterking te meten. De toepassing is vooral productie-analyse.

standaard, de Ailtech type 82 kalibrator, de werkstandaard enz.

Dus $e_{\text{worst case}} = e_1 + e_2 + \dots + e_n$.

Ruisbronnen worden ook wel gespecificeerd in zgn. RSS-waarden (*root of the sum of the squares*).

Hier geldt $e_{\text{RSS}} = \sqrt{e_1^2 + e_2^2 + \dots + e_n^2}$.

Bestaat de onnauwkeurigheid bijvoorbeeld uit vier gelijke termen van 0,1 dB, dan is het duidelijk dat dit cijferspel wordt gespeeld om de specificaties van de ruisbron „op te poetsen”. Immers, $e_{\text{wc}} = \pm 0,4$ dB en $e_{\text{RSS}} = \pm 0,2$ dB.

De diverse ruisfactormeter-nauwkeurigheden lopen uiteen van 0,05 dB tot 0,25 dB. Naar gelang de toepassing kan men dus het juiste instrument kiezen.

We zullen nog eenmaal teruggaan naar het verband tussen ruisgetal en gevoeligheid en een eenvoudige, in de praktijk handzame manier wijzen om van het ruisgetal naar de gevoeligheid om te rekenen en visa versa:

kT_0 in 1 Hz bandbreedte is -174 dBm elke decade vergroting van de bandbreedte levert 10 dB verhoging van dat ruisvermogen op volgens $10 \lg \frac{B_{\text{(Hz)}}}{1 \text{ (Hz)}}$.

Beschouwen we een versterker met een ruisgetal van 4 dB en een bandbreedte van 1 MHz dan is het ruisvermogen aan de ingang:

$$N_i = -174 + 60 + 4 = -110 \text{ dBm}$$



Afb. 19a. De analoge Noise Monitor, Model 7310, vooral toegepast als radar-monitor.

Dus signalen, sterker dan -110 dBm kunnen met deze ontvanger worden ontvangen. Verkleinen we de bandbreedte tot 100 kHz dan:

$$N_i = -174 + 50 + 4 = -120 \text{ dBm}$$

In dit geval zal het signaal van -110 dBm ruim kunnen worden ontvangen. Op analoge wijze kan het ruisgetal uit het ruisniveau van de ontvanger worden bepaald.

Samenvattend hebben de ruisfactor-meetinstrumenten, kalibratiefaciliteiten en de vooruitgang van de techniek een enorme stap voorwaarts gemaakt over de laatste 25 jaar. Heeft men in het begin gewerkt met berekende brontemperaturen en grove Y-factormetingen waardoor de nauwkeurigheid in de orde van ± 2 dB lag, nu is een „overall”-nauwkeurigheid van $\pm 0,15$ dB of beter haalbaar.

Literatuur:

- [1] Ruisarme elektronische schakelingen en systemen, TH Delft/Kluwer Technische Boeken, ISBN 9020114360.
- [2] A Note on Noise, M. Lebenbaum, Eaton Corp., Ail div.
- [3] Measurement of Noise and G/T in Satellite Comm. Systems, Francis E. Edden, Eaton Corp., Ail div.
- [4] Measurement of Microwave Noise, William E. Pastorie, Eaton Corp., Ailtech div.
- [5] Noise Performance Factors in Communications Systems, W. W. Mumford, E. H. Scheibe, Artech House, Dedham, M.A.

Int.: Eaton Corporation Ailtech Holland, Aalsmeerderweg 543, 1437 EG Rozenburg (N-H) (02977) 29 376.



KRISTALLEN

voor professionele- en amateurtoepassingen.

Specificatie vlg MIL-C-3098-E of eigen opgave.

verscheidene frekwenties op voorraad

spoedopdrachten binnen 24 uur mogelijk

bel/schrijf voor meer informatie

RIJFF KWARTS TECHNIEK

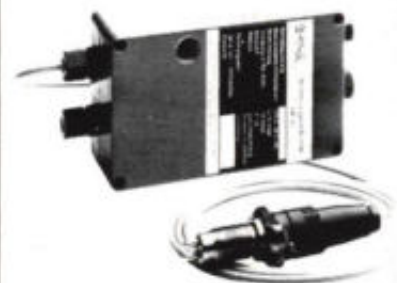
Appelstraat 76
2564 EH den haag
070-254230



E-T-A

ELEKTRONISCHE DOORSTROOMBEVEILIGING

hiermede is het mogelijk doorstroming in buizen te meten van vloeibare-, gas- en pulvormige media.



E-T-A SERVICE

Jacs. Koopman B.V.

Postbus 150
3960 BD Wijk bij Duurstede
telef. 03435-72275

Met JBT raakt u niet „uitgetoggled”.

een aantrekkelijk programma subminiaturschakelaars met vele pluspunten:



- professioneel ontwerp van hoogwaardige kwaliteit
- naast tuimelschakelaars ook drukknop- en wip-uitvoeringen
- soldeer-, faston-, wire-wrap- of printaansluitingen
- speciale uitvoeringen voor veeleisende toepassingen

postbus 85502
2508 CE DEN HAAG
tel. 070-469509
telex 31706

voor België:
Nenimij Belgium NV
Noorderlaan 133-Bus 17
Antwerpen
tel. 035-426250
telex 71421



technische handelmaatschappij
de buizerd electronica bv

National Semiconductor snel nodig? Verder zoeken is overbodig!

officieel distributeur, uit voorraad
leverbaar tegen zeer scherpe prijzen

mca-tronix

Postbus 1152, 2280 CD Rijswijk, Delftweg 69, 2289 BA Rijswijk
telefoon 015 - 13 49 40*, Telex 36314 MCA NL

C.N. ROOD B.V.

CORT V.D. LINDENSTRAAT 11-13
POSTBUS 42 - 2280 AA RIJSWIJK
TEL. 070 - 996360 - TELEX 31238

ROOD

320 Series: Meerkanaals Penschrijvers van W&W

- o flexibel **plug-in** systeem gebaseerd op het succesvolle **310** systeem
- o schrijfbreedte **25 cm** (vouwboekjes of rollen)
- o **standaard** configuraties: **2, 4, 6 of 8-kanalen**
- o uitvoeringen eventueel met **"Datasyn"***
- o alle kanalen met **22 of 17 range** plug-in versterkers
- o uitstekende **prijs/prestatie** verhouding
- o alle bestaande options en plug-in's zoals thermokoppel, Pt-100 etc., kunnen worden toegepast

17 RANGE PLUG-IN
o 1mV tot 200V
o gecalibreerde nulpunts
onderdrukking
o variabele zero
o variabele span

22 RANGE PLUG-IN
o 12 bereiken 1mV - 10V
o 10 bereiken 1mA - 2A
o continu instelbare pen response
o variabele zero
o variabele span

* Datasyn uitvoeringen heffen het tijdverschil tussen de verschillende kanalen op, en zijn geschikt voor de IEEE-bus.

Voor België: C.N. Rood N.V., Brussel, Tel. 7352135.



Dopplerradar in medische wetenschap

Meting van onwillekeurige bewegingen

Op de afdeling Klinische Neurofysiologie van het Academisch Ziekenhuis Leiden worden diverse methodieken ontwikkeld en toegepast op het gebied van signaalverwerking. Er worden onderzoeken uitgevoerd naar het functioneren van het zenuwstelsel, waarvan de elektro-encephalografie, elektro-myografie, haematotachografie, ultrageluidsdiagnostiek en evoked potentials de belangrijkste zijn.

De fysische groep van de genoemde afdeling heeft in samenwerking met de afdeling Neurologie een bewegingsmeter ontwikkeld ten behoeve van het objectief kwantificeren van aandoeningen die gepaard gaan met onwillekeurige bewegingen. Het apparaat maakt gebruik van microgolft technieken, analoge elektronica en een eenchips microcomputer.

Voor de kwantificatie van onwillekeurige bewegingen wordt de patiënt geplaatst in een bundel van hoogfrequente (10 GHz) elektromagnetische golven van lage intensiteit ($<0,01 \text{ mW/cm}^2$), zie afb. 1. Wegens het hoge watergehalte van het menselijk lichaam worden deze microgolven gereflecteerd en vervolgens door een mengtrap omgezet in een elektrisch signaal dat informatie bevat over de grootte en het traject van de bewegende lichaamsdelen. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een Philips dopplerradar-module van het type CL8960.

DE KWANTIFICATIEMETHODE

Wanneer een lichaamsdeel beweegt, kan

het afgeleide elektrische signaal worden geschreven als:

$$x(t) = a \cos \Phi(t)$$

Hierin is de amplitude a evenredig met de wortel uit de „zichtbare” reflecterende oppervlakte A :

$$a \sim \sqrt{A}$$

De fase $\Phi(t)$ volgt uit:

$$\Phi(t) = \frac{2R(t)}{\lambda} \cdot 2\pi + \pi \quad (\text{rad})$$

Hierin is λ de golflengte (3 cm) en $R(t)$ de in de tijd variabele afstand tussen de doppler-

radar-module en het betrokken lichaamsdeel. Dit signaal wordt door de bewegingsmeter eerst analoog gedifferentieerd, gelijkgericht en door een laagdoorlatend filter gevoerd. Daarna wordt het signaal met behulp van een eenchips microcomputer geïntegreerd over een periode T , instelbaar met een tweecijferig duimwiel, zie afb. 2.

De integratie start na een druk op de „start/stop”-knop of door een extern toegevoerd signaal. Gedurende de integratie, waarbij de bewegingshoeveelheid om de halve seconde in zes cijfers wordt uitgelezen, brandt een „busy”-LED.

De bijdrage ΔQ van iedere kortstondige beweging is nu evenredig met de lengte van het bewegingstraject parallel aan de bundelrichting.

De totale bewegingshoeveelheid Q over een langere periode (gebruikelijk zijn meettijden van bijvoorbeeld 5 minuten) volgt uit integratie van alle bijdragen ΔQ :

$$Q \sim \int_0^T \left| \frac{dR(t)}{dt} \right| dt$$

Daar ΔQ wegens $\Delta Q \sim \sqrt{A}$ ook evenredig is met de grootte van het betrokken lichaamsdeel, vormt Q een maat voor de hinder die een patiënt van deze beweging ondervindt.

Uit het voorgaande volgt, dat de bijdrage van kortstondige bewegingen aan Q afhankelijk is van de richting ten opzichte van de bundel. Zo nodig kan men deze afhankelijkheid verminderen door het gebruik van verscheidene dopplerradar-modulen, zoals getoond in afb. 3.

EENCHIPS MICROCOMPUTER

Fig. 4 toont het blokschema van de signaalverwerkingseenheid die ondermeer de genoemde eenchips microcomputer bevat die de integratie verzorgt. De voordelen van het gebruik van een eenchips microcomputer boven een microprocesorsysteem zijn in deze toepassing:

- minder bedrading, geen adres- en datalijnen, dus minder kans op fouten en lagere ontwerp- en fabricagekosten;
- compactere opbouw;
- lager stroomverbruik.

Voor het hier beschreven apparaat is gebruik gemaakt van het type MC68701 van Motorola, die behalve een processor, 2K EPROM, een seriële poort, 128 byte RAM en een timer bevat. De seriële poort wordt uitsluitend voor test-doeleinden gebruikt. De MC68701 kent acht verschillende gebruiksmodi. Voor de bewegingsmeter is de „single-chip”-modus toegepast, hetgeen ondermeer inhoudt dat er 26 I/O-lijnen, een timer-uitgang en een seriële in- en uitgang beschikbaar zijn.

Er moeten zes displays en een „busy”-LED worden aangestuurd (25 lijnen). Voor inlezing van de duimwielen, de A/D-omzet-

Afb. 1. Voor meting van onwillekeurige bewegingen wordt de patiënt geplaatst in een microgolfbundel van lage intensiteit.



FIRMENGRUPPE ROEDERSTEIN

hoogwaardige elektronische onderdelen



Kondensatoren; -folie/folie en gemetalliseerd polyester (axiaal en radiaal vanaf RM. 5 mm.),
-polycarbonaat en polypropyleen.

Ontstoring-kondensatoren (X en Y) en - filters.

Keramische kondensatoren; -normale, -professionele en -meerlagen uitvoering.

Weerstanden; -opgedampte kool (0,25 - 0,5W), -metaalfilm (1% en 5%: 1 OHM - 10 MOHM),
metaaloxidydefilm (1,0 - 4,0W) en laagohmige metaalfilm (0,1 OHM - 8,2 OHM).

Cermet trimpotentiometers - bestand tegen vocht en reinigingsoplosmiddelen vlg. MIL-R-22097.



Tantaal kondensatoren; axiaal vlg. MIL-C-39003/CSR13 en druppel met kunsthars omhuld.



Aluminium elektrolytische kondensatoren; -print, -axiaal en -schroefuitvoering.

DJIE-ROEDERSTEIN

**FIRMENGRUPPE
ROEDERSTEIN**

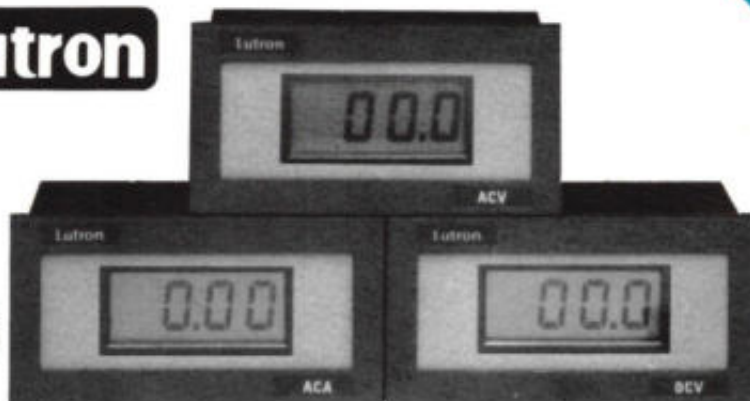
ELECTRONISCHE ONDERDELEN B.V.

POSTBUS 19 1180 AA AMSTELVEEN · TEL.020-4162 22 · TELEX 13137



Lutron

3 1/2 DIGIT LCD PANEELMETERS



De paneelmeters van Lutron vallen op door hun:

- Hoge nauwkeurigheid.
- DIN afmetingen (96 x 48 x 50 mm).
- Zeer scherpe prijzen.

DPM 96 serie, verkrijgbaar met DC of AC voeding.
Mogelijkheden:

- DC/ACV: 5 bereiken (199,9 mV tot 1000 V).
- DC/ACA: 6 bereiken (199,9 uA tot 10 A).
- Nauwkeurigheid: spanning beter dan 0,5%,
stroom beter dan 0,8%.

Een greep uit de modellen:

DP 9610	(199,9 mVDC)	Hfl. 79,- (10 up)
DP 9650A*	(1000 VDC)	Hfl. 87,- (10 up)
DP 9631A*	(199,9 mADC)	Hfl. 87,- (10 up)
DP 9663	(199,9 uAAC)	Hfl. 91,- (10 up)
DP 9642A*	(199,9 VAC)	Hfl. 92,- (10 up)

*A-modellen geschikt voor 220 VAC, overige
7-15 VDC voeding.



PROFESSENELE ELECTRONISCHE COMPONENTEN, MEETAPPARATUUR EN VOEDINGEN
KLAASING ELECTRONICS B.V.

BENELUXWEG 27, 4904 SJ OOSTERHOUT, HOLLAND, TEL.: 01620 - 51400, TELEX 54598

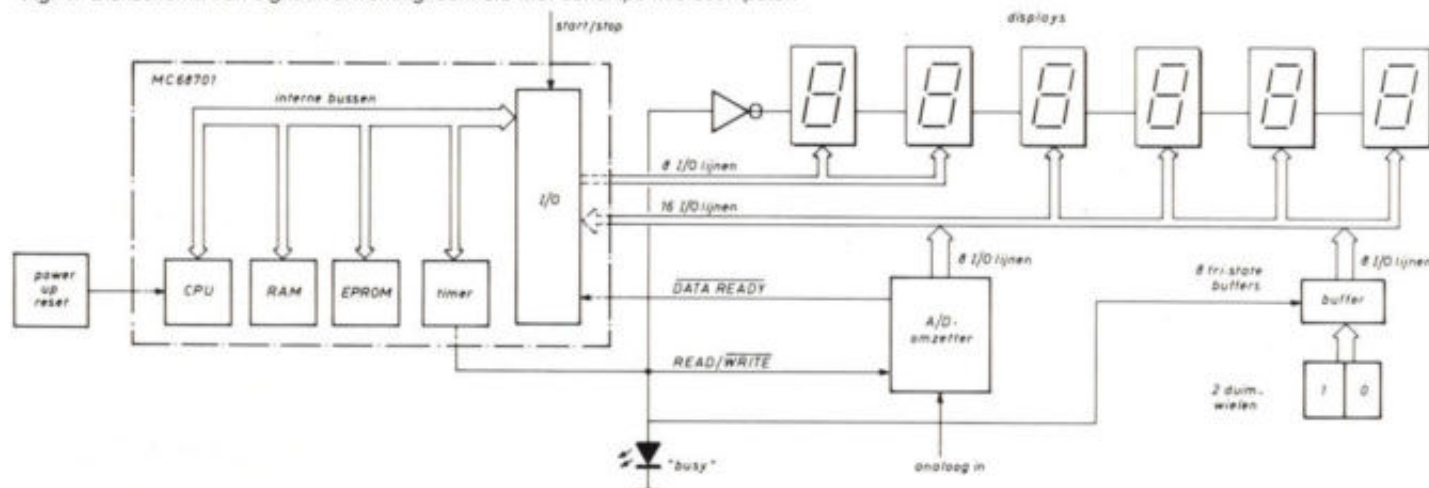


Het nadeel van deze opzet, namelijk dat fouten in het apparaat moeilijk op te sporen zouden zijn zonder gebruik van dure emulatie-apparatuur, wordt ondervangen door in de testfase de microcomputer te vervangen door de MC6801, die een monitorprogramma in ROM heeft, in plaats van in

[3] J. M. Franzen, H. de Bok: „Programmeermodulen voor de EPROM van de MC68701 microcomputer“, Databus, nr. 5, p. 9...13, 1982.



Fig. 4. Blokschema van signaalverwerkingseenheid met eenchips microcomputer.



U mag gerust Radikor zeggen als u componenten bedoelt.

Het aanbod in componenten van Radikor groeit met de dag.

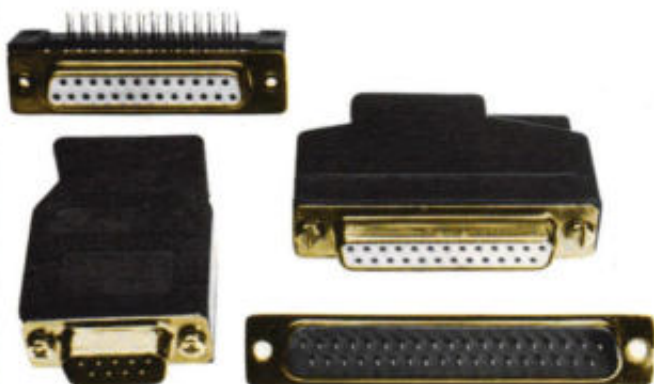
Componenten zoals connectoren en IC-sockets, flatcables, printrelais en solid state, codeerschakelaars en keyboards, LED's, trafo's en tellers, noem maar op.

Kwaliteitsproducten in vele uitvoeringen en waarden. En zo nodig custom made.

Snel geleverd en uniek in prijsstelling, ook voor kleinere aantallen.

Vraag eens documentatie aan voor...

Bijvoorbeeld: D-Subminiatur connectoren.



Een ruim assortiment connectoren in meerdere uitvoeringen, van negen- t/m vijftig-polig. Kwaliteit waar een naam achter staat, die van Beck.

Overal verkrijgbaar, maar alleen bij Radikor het goedkoopst en altijd snel geleverd. Bel en bestel.

RADIKOR

Equivalent voor componenten

Radikor Electronics b.v., Postbus 50006, 1305 AA ALMERE.
Telefoon 03240 - 12554. Telex 70209.

National
Matsushita Electric
National and Panasonic are the brandnames of Matsushita Electric.

0,01 μ F t/m 10.000.000 μ F!

National Panasonic biedt u een zeer uitgebreid programma elko's



Neem b.v. de SQ
druppeltantaal elko's.
Extreem kleine afmetingen
met een extreem lage
lekstroom en een uitstekende
kwaliteit/prijsverhouding.

Of de uitgebreide serie
miniatur elko's. Meer
dan 25 series, zoals:

- Low-cost
- Low-profile
- Low leakage current
- Low impedance
- Long life
- Wide temperature range
- Epoxy sealed



Grote capaciteiten in kleine
behuizingen met universele
10 mm steek
Type TSS (plat model)
Type TSW (slank model)
Uitmate geschikt voor
voedingen.

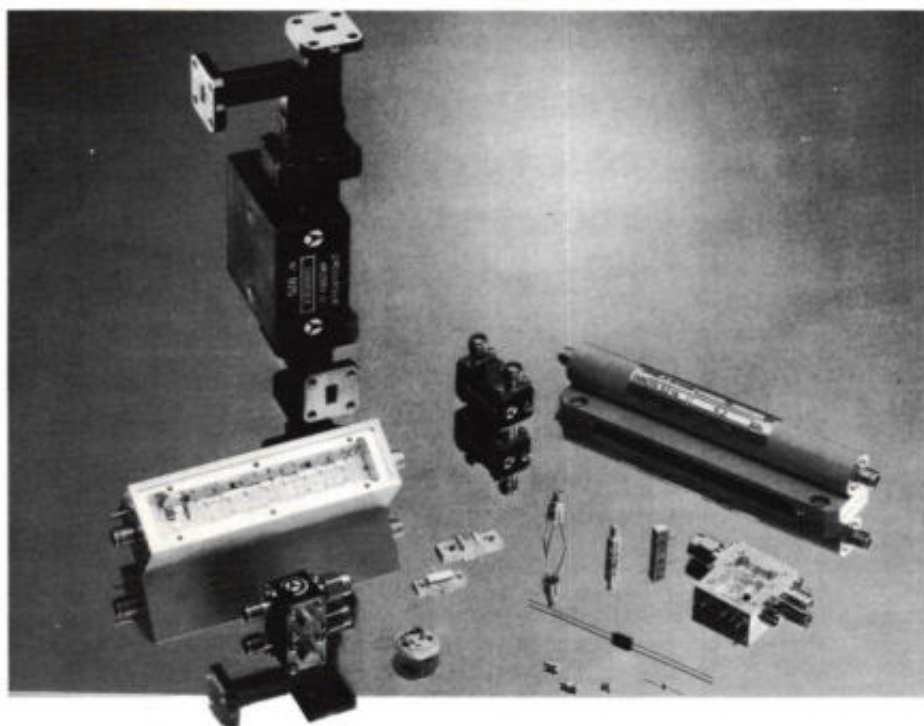
GOLD CAPACITOR
0,1 F t/m 10 F!!!

Ter vervanging van Ni-cads voor power back-up.

500 000 elko's leverbaar..... **UIT VOORRAAD!!**

DATAPEX electronics bv

Hazepad 8d 4825 AV Breda
Postbus 6820 4802 HV Breda
Telefoon 076-711400
Telex 74294 dapex nl



Composants et dispositifs microonde...

Franse microgolfindustrie

Belangrijke concurrent op de wereldmarkt

Frankrijk beheerst momenteel, te midden van een sterke concurrentie, een derde deel van de wereldmarkt voor microgolfapparatuur en verwacht haar marktaandeel nog te kunnen vergroten. René Bedoura van de Microgolf- en Ruimtevaartafdeling van Thomson-CSF zegt hierover: „Dit is een gebied waar de technologie voortdurend in beweging is. De vraag naar microgolfsystemen neemt jaarlijks toe met bijna 20%.” Hij voegt daar aan toe: „In feite verandert het microgolftoneel eigenlijk te snel om nog plezierig te zijn. We moeten onze catalogi elke vier of vijf jaar veranderen. De prijzen dalen voortdurend en om onze winst te kunnen behouden moeten we de omzet dus vergroten. Dit is hetzelfde verschijnsel dat optreedt in de computerindustrie. De stuks prijs daalt en dus moet de omzet groeien.”

Thomson-CSF, de meest winstgevende dochteronderneming van het staatsbedrijf Thomson-Brandt, is de op één na grootste leverancier van microgolfsystemen ter wereld, na het Japanse bedrijf Nippon Electric Corporation. De export bij Thomson-Brandt maakt 65% uit van de omzet aan microgolfapparatuur. Bij het Franse bedrijf zijn 3600 mensen werkzaam, waaronder 1500 ingenieurs en technici in gespeciali-

seerde laboratoria en werkplaatsen te Levallois en Meudon bij Parijs en in Cherbourg aan Het Kanaal.

CONCURRENTIEDRUK

Andere Franse fabrikanten van microgolfsystemen zijn Télécommunications Radioélectriques et Téléphoniques (TRT), een dochteronderneming van Philips, en

de Société Anonyme de Télécommunications (SAT) die, net als Thomson, belangrijke exporteurs zijn.

De jaarlijkse omzet aan microgolfapparaten van SAT bedraagt f 85 miljoen, waarvan f 54 miljoen aan export, wat dan overeenkomt met 40% van de totale microgolfomzet (componenten en systemen) van deze firma. De microgolf-activiteiten van SAT zijn verspreid over vestigingen in Parijs, Dourdan en Lannion en houden 1180 mensen bezig. Michel Sutor van SAT zegt: „Al onze fabrieken werken volgens dezelfde internationale specificaties. Ongeacht de eindbestemming — thuismarkt of export — onze apparatuur voldoet aan de zware kwaliteitseisen zoals die zijn opgesteld door de Franse PTT.

directeur van de afdeling openbare telecommunicatie, het belang van het samengaan van kwaliteit en innovatie. Hij verklaart: „De concurrentiedruk is zo zwaar dat we steeds weer nieuwe producten moeten ontwikkelen. Dit brengt hoge investeringen met zich mee in onderzoek en ontwikkeling. Bij TRT bedragen deze investeringen bijna 20% van de omzet en zijn 800 medewerkers actief bij microgolfapparatuur betrokken.”

Meedogenloze concurrentie betekent ook dat fabrikanten van microgolfsystemen hun produktiekosten met korte produktielooptijden moeten dekken. De Franse industrie kan maar de helft van de inflatie aan de klant doorberekenen.

De technologische innovatie heeft de afgelopen jaren de vorm aangenomen van een toenemende verschuiving van analoge naar digitale systemen. De microgolfapparatuur van SAT is nu voor 95% digitaal. Met deze overgang werd een begin gemaakt in 1968, toen SAT de eerste firma buiten Japan was die zich op digitaal terrein ging begeven.

Bij TRT is momenteel 65% van de microgolfapparatuur digitaal. De directie Telecommunicatie van deze firma zegt: „Telecommunicatie is nog steeds analoog. Omdat we op het gebied van TV-transmissie toonaangevend in de wereld zijn, kunnen wij het ons niet veroorloven helemaal op de digitale toer te gaan.”

ONTWIKKELINGSLANDEN

Ontwikkelingslanden kopen bijzonder graag microgolfsystemen die zowel televisie als telefonie kunnen overbrengen. Het commentaar van een Franse fabrikant: „Het medium televisie is voor veel van deze regeringen in feite politiek belangrijker dan telefonie, omdat het de burgers in staat stelt hun leiders te zien en te horen.”

CSF, dat later fuseerde met Thomson tot Thomson-CSF, was in 1953 al een pionier op microgolfgebied toen het de eerste televisieverbinding tussen Groot-Brittannië en Frankrijk tot stand bracht om de kroning van de Engelse vorstin uit te kunnen zenden.



10 MBYTE HARDDISK

Voor de **EXORSET/EXORCISER**
inkluisief firmware voor **XDOS**
Optie: **FLEXOS** operatingsystem

f. 11.750,-
f. 1.150,-

Voor de **APPLE**
inkluisief patch-diskettes voor
DOS 3.3, PASCAL en **CP/M**

f. 9.500,-

Prijzen exclusief BTW

Bel of schrijf voor dokumentatie met specificaties.

COMPCONTROL BV

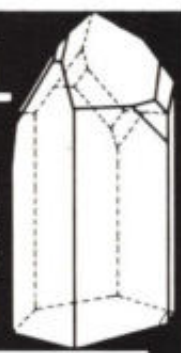
microsystems
design and
applications

Meeklenburgstraat 1c · P.O. Box 193 5600 AD Eindhoven · Holland · Phone: (0)40-453562 · Telex 51603



K.V.G./HESTEL

KRISTALLEN KRISTALFILTERS KRISTAL OSCILLATOREN



Kristallen	800 Hz - 200 Mhz
Microprocessor kristallen	
Kristalfilters	1,3 Mhz - 150 Mhz. Gangbare frequentie bereiken 9 Mhz - 30 Mhz. Monolitische filters 9 Mhz - 30 Mhz.
Kristaldiscriminatoren	1 Mhz - 90 Mhz.
Kristal Oscillatoren	1 Mhz - 60 Mhz.
Oscillator I.C.	1 Mhz - 60 Mhz.
V.C.X.O.'s	4 Mhz - 30 Mhz.
T.C.X.O.'s	4 Mhz - 20 Mhz frequentie tolerantie 0,5 ppm - 5 ppm
Ultrasonore Kwartsplaten	500 KHz - 30 Mhz.

Benelux Agent:

HESTEL ELECTRONICA COMPONENTEN B.V.

Postbus 585 - 3700 AN Zeist - Tel. 03404-53084 - Telex 40751 Hes nl.

Bezoekadres: Utrechtseweg 34A

Dit is een belangrijk bericht voor een veelzijdig vakman, die meer kan dan hij nu mag en die zich wellicht afvraagt:

wat zijn de toekomst en speelruimten voor een creatief elektronikus bij een werktuigbouw-industrie

Hier volgt het uitnodigende antwoord:

Bijna 75 jaar geleden begonnen wij met het moderniseren van werktuigen. Het woord innovatie was toen nog niet bedacht. Maar wij zijn er altijd druk mee geweest. Dit moge uit enige klare feiten blijken:

- van 25.000 gulden omzet in de eerste jaren naar 300 miljoen gulden nu
- in een recent boekjaar steeg de produktiviteit in omzet uitgedrukt met 20% en in winst uitgedrukt met 30%
- van een simpele werkplaats met anderhalve man en een paar dekop naar een der meest toonaangevende industrieën ter wereld
- met 980 medewerkers, waarvan één-derde in het buitenland werkt
- ook 3 produktie-lokaties in Nederland en ook fabrieken in Spanje en India
- met 17 eigen verkoopkantoren op 4 continenten

Wij zijn gespecialiseerd in landbouwtechniek. Dat is een markt met blijvende perspectieven. Mits wij onze voorsprong in distributie (thans meer dan 1 miljoen klanten in 60 landen) en in techniek weten te behouden. Voor dit laatste zoeken wij een inventief elektronikus.

Hoewel wij nog geen expert in huis hebben, is de toepassing van elektronika ons niet geheel vreemd. In de praktijk hebben wij al de mogelijkheden en het belang ervan leren kennen. Daarom is ons beleidsbesluit, dat mikro-elektronika een geïntegreerd onderdeel zullen zijn van onze komende produkt-generaties.

Geen eksperiment dus, maar een serieuze stap vooruit, waarvoor een aparte ontwikkelingsafdeling moet worden opgericht. En de vraag is... wilt u dat doen? Dit is het werk, dat u dan te wachten staat:

- een vooralsnog kleine afdeling formeren en leiden
- samen met marketing de problemen/wensen van gebruikers vertalen in oplossingen
- zeer nauw samenwerken met de kollega's van de ontwikkelingsafdeling mechanika
- het begeleiden van de fabrikage-afdeling bij het verwerken van elektronika-techniek in de produkten
- in- en extern een adviseursrol vervullen
- uit ons brede pakket die produkten selektieren, die het eerst/best voor verbetering in aanmerking komen (mechanika vertalen in elektronika)
- beleids- en projektplannen maken en deze gedetailleerd op papier zetten

U krijgt operationele en technische, maar ook kommerciële verantwoordelijkheid; u zult o.m. bevoegd zijn elektronika in te kopen en uw ontwerpen bij derden te laten produceren. De hier geschetste funktie heeft nog geen titel. Maar de belangrijkheid bevestigt zich door het feit, dat u in de toekomst rechtstreeks aan de voorzitter van de direktie rapporteert.

Natuurlijk wilt u over de funktie en het bedrijf nog wel wat meer weten. Vraag gerust; dat kan gemakkelijk telefonisch 020 - 25 03 41 of 22 80 32. U kunt dan spreken of een afspraak maken met onze eksterne adviseurs voor personeelszaken, de heren O. Jelsma en E.A. Padt. Zij informeren u uitvoerig en objektief. U kunt op hun volledige diskretie rekenen. Mocht u liever schrijven, dan is dit hun adres: Leidsegracht 86-88, 1016 CR Amsterdam; na ontvangst van uw brief nemen zij binnen twee dagen kontakt met u op.

**Gedrukte
bedrading**
(professioneel)

Van de eenvoudigste
enkelzijdige tot de meest
ingewikkelde dubbel-
zijdige
DOORGEMETALISEERDE
prints.

Snelle levering, gunstige
prijzen. Ideaal voor uw
proefprint.



DUGRAS BV

Postbus nr. 32 tel. 03429 - 20 23*
3780 BA VOORTHUIZEN (Gld.)

Postbus nr. 32 tel. 03429 - 20 23
3780 BA VOORTHUIZEN (Gld.)

MICROGOLFCOMPONENTEN VAN MICRONDE

Micronde, de microgolffabrics van Radiall, heeft haar programma microgolfcomponenten aanzienlijk uitgebreid. In de eerste plaats omvat deze uitbreiding een serie miniatuur coaxiale relais en schakelaars voor gebruik bij frequenties tot 18 GHz. Deze producten zijn uitgevoerd met connectoren van de typen SMA en TNC-P (precisie). Ze kunnen worden toegepast in apparatuur waar kleine verliezen en een hoge overspraakdemping (meer dan 70 dB) zijn vereist. Door de lage verliezen (minder dan 0,2 dB) zijn ze geschikt voor HF-vermogenssignalen als bijv. 100 W CW bij 16,5 GHz en 85 °C voor het SPDT-relais met TNC-P power connectoren.

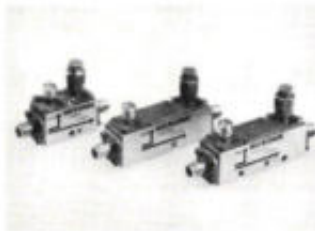


De volgende series zijn beschikbaar:

- R 565 000 relais, omschakelaar SPDT, SMA- en TNC-P-connectoren, mono- en bistabiel;
- R 566 000 transferrelais, SMA-connectoren, mono- en bistabiel. Deze modellen kunnen worden uitgevoerd met een signaalcontact voor standmelding. Voor de bistabiele typen is een zelf-afschakelend circuit in te bouwen om te voorkomen dat de spoel permanent onder spanning blijft.

- R 575 000 schakelaar met 3, 4, 5 of 6 uitgangen, SMA-connectoren, met of zonder signaalcontact.

Deze schakelaars kunnen worden voorzien van een BCD-code welke TTL-compatibel is.



Ook het zeer brede programma couplers van Micronde is uitgebreid, en wel met de volgende coaxiale miniatuur-couplers:

2 ... 8 GHz	10 en 20 dB
6 ... 18 GHz	10 en 20 dB
2 ... 18 GHz	10 en 20 dB
7 ... 12,4 GHz	3 dB
12,4 ... 18 GHz	3 dB
6 ... 18 GHz	3 dB

COMPONENTEN



connectoren: SMA.

Tenslotte is aan het bestaande programma verzwakkers een nieuw model toegevoegd, waarvan de verzwakking kan worden ingesteld d.m.v. een vergrendelbare schroefdraaier-instelling.



Eigenschappen:
frequentiegebied: 7 ... 18 GHz;
connectoren: SMA;
verzwakking: 0 ... 20 dB (traploos);
rest-verzwakking: 0,5 dB;
VSWR binnen het frequentiegebied: minder dan 1,50;
afmetingen: ca. 52 x 44 x 13 mm.

Int.: Radiall Nederland BV, postbus 64, 3870 CB Hoevelaken (03495) 34009.

GEDRUKTE SPOEL

American Technical Ceramics, fabrikant van passieve chipcomponenten voor hoogfrequenttoepassingen, introduceert een „gedrukte spoel“ voor gebruik in hybride schakelingen. De inductie van de spoel bedraagt 82 nH, terwijl de Q-factor hoger is dan 35 in een kring met een resonantiefrequentie van 80 MHz. De eigen resonantie ligt boven 760 MHz. De spoel (model 222-220) is aangebracht op een klasse I keramisch substraat. De inductor is geschikt

voor gebruik bij omgevingstemperaturen van -55...125 °C.

Int.: Auriema Nederland BV, Doornakkersweg 26, 5642 MP Eindhoven (040) 816565.

VIDEO ANALOOG NAAR DIGITAAL OMZETTER

De CAV-0920 is een 9-bit analoog naar digitaal omzetter (ADC) voor toepassingen waarbij signalen van DC tot 20 MHz moeten worden verwerkt. Deze toepassingen kunnen o.a. liggen op het gebied van video- of radarapplicaties, medische instrumentatie of digitale communicatie. De ADC bestaat uit een printed circuit board (PCB) waarop tevens een track- en hold versterker, encoder, referentie, uitgangregisters en de noodzakelijke timing circuits zijn ondergebracht. Hierdoor biedt de CAV-0920 een aanzienlijke kostenbesparing voor de technicus aangezien het ontwerpen van een video analoog naar digitaal omzetter met deze kant en klare oplossing komt te vervallen.

De afmeting van de op printkaart uitgevoerde CAV-0920 bedraagt slechts 5" x 7" waardoor bij plaatsing op een „moederkaart“ voldoende ruimte voor bijv. signaal conditionering en processing overblijft. Alle in- en uitgangen zijn ECL (Emitter Coupled Logic) compatibel. De CAV-0920 heeft voor een correct functioneren slechts een externe voeding en een „encoder“ commando nodig.

De analoge ingangsimpedantie bedraagt 500 Ω/V waardoor koppeling aan een systeem met een lagere impedantie geen problemen oplevert.

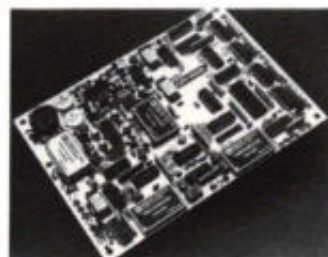
De ingangsspanning is door de gebruiker te selecteren op 1 volt p-p of 2 volt p-p. Potentiometers voor het instellen van de versterking en offset zijn reeds op de printkaart aanwezig zodat de in-

gang optimaal kan worden afge-regeld.

De CAV-9020 heeft een gegarandeerd monotoon gedrag over het gehele temperatuurgebied (0-70 °C) en biedt een ingangsbandbreedte voor kleine signalen van 30 MHz tegenover 15 MHz voor de tot nu toe beschikbare monolithische uitvoeringen. Voor gebruik in digitale communicatiesystemen heeft de CAV-0920 een uitermate gunstige signaal-ruis verhouding van 61 dB en een NPR (Noise Power Ratio) van 41 dB.

Voor toepassingen in radar en spectrumanalyse wordt de AC lineariteit bij verschillende ingangsfrequenties opgegeven van DC tot 1 MHz 55 dB beneden de volle schaalwaarde en van 5 MHz tot 10 MHz typisch 45 dB. De totale fout bij DC signalen bedraagt inclusief de niet-lineariteit ± 0,1 FS. De aperture onzekerheid bedraagt gegarandeerd 25 ps max. terwijl de reactietijd op transients en de hersteltijd na een overspanning beiden worden gespecificeerd op 50 ns.

De benodigde voedingsspanning voor de AV-0920 zijn ± 15 V; +5 V en -5,2 V.



Int.: Analog Devices Benelux, Beneluxweg 27, 4904 SJ Oosterhout (01620) 51080.

T/H VERSTERKER VOOR „FLASH“ CONVERTERS

De MN 379 van Micro Networks is een extreem snelle track/hold versterker, ontworpen om de problemen die ontstaan bij het gebruik van 6 tot 9 bit nauwkeurige flash converters aan te kunnen. Deze track/hold versterker biedt de volgende eigenschappen:

- 2 ps aperture fitter;
- capacatieve belasting tot 500 pF;
- maximale acquisitie tijd van 30 ns (1 volt stap tot 0,1%);
- maximale settling tijd van 15 ns;
- minimum slew rate bedraagt +/− 300 V/s;
- bandbreedte van 100 MHz;
- TTL en ECL compatible.

De versterker is verkrijgbaar in 0...70 °C en bredere temperatuursbereiken, met een 24 pins behuizing.

Int.: Intelligent Systems BV, postbus 4982 - 4803 EZ Breda (076) 22 41 82.

AUTOMATISCHE AMPLITUDE-ANALYSATOR

Om het testen van complexe microgolfsystemen en componenten te kunnen laten uitvoeren door relatief onervaren technici is een automatische amplitude-analysator op basis van een microprocessor ontwikkeld. Het instrument is voorzien van een aantal drukknoopinstellingen en een interactief beeldscherm van 105×35 mm. De meetgegevens worden grafisch weergegeven in de vorm van lijnkrommen, histogrammen of een combinatie van deze beide presentaties.

De rasterverdeling op het beeldscherm wordt automatisch aangepast aan het gebruikte frequentie-



bereik. Daarnaast kunnen gebieden, die van speciaal belang zijn, op het scherm worden aangegeven met behulp van een verticale lijn van hogere helderheid. Ook zijn er acht markers aanwezig, die met behulp van de cursorbesturing kunnen worden verplaatst. Hiermee kan een kromme op het scherm worden verplaatst of ingesteld op laagste en hoogste waarde; ook is in „zoom“ en mogelijk en onder toepassing van een speciale sequentie kunnen snelle metingen onafhankelijk van de vooraf ingestelde beeldschermgegevens worden uitgevoerd. Deze faciliteit is vooral van belang bij de bepaling van bijv. filterkarakteristieken. Alle ingetoetste meetopdrachten worden visueel alfanumeriek en grafisch weergegeven. Door ingebouwde programmatuur is het mogelijk om de beeldscherm inhoud, inclusief de abscis- en ordinatverdeling, via een X-Y recorder vast te leggen.

De in het instrument gebruikte RF-detectors zijn ontworpen voor CW-gebruik en bezitten een breed dynamisch bereik. Het frequentiebereik bedraagt momenteel maximaal 126 GHz, maar er zijn al typen met een hoger bereik in ontwikkeling. De typen 6511 en 6512 (Marconi Instruments Ltd.) geven een totaal frequentiebereik van 19 MHz...18 GHz en dynamisch van $-50...+16$ dBm, met een fre-

quentieresponsie van $+0,5$ dBm. Om onnauwkeurigheden in logaritmische omzetting te voorkomen wordt aan het begin van elke testreeks de digitale log-conversie ingetoetst. Programmeerfaciliteiten op afstand volgens IEEE- of IEC-normen kan op aanvraag worden ingebouwd, zodat de analyser onder volledige computerbesturing kan werken.

Int.: Vitronic Meetapparatuur BV, Mechelaarstr. 17, 4903 RE Oosterhout.

SCALAR NETWERKANALYSATOR TOT 40 GHz

Voor het frequentiegebied van 10 MHz...40 GHz brengt Pacific Measurements de 1038/NS20. Het betreft een 3-kanaals microprocessorbestuurde scalar netwerkanalysator met een vrijstaande, doch volledig geïntegreerde RF-zwaaggenerator, welke met een kabel van 3 meter tot vlak bij het meetobject kan worden geplaatst.

Tot 10 complete analyzer-instellingen, elk met max. 10 markers, kunnen worden opgeslagen in een intern geheugen met batterij back-up, terwijl volledige afstandsbesturing mogelijk is via de aanwezige IEEE-bus.

Voor twee kanalen kunnen bij de

OPTISCHE POSITIE INDICATOR

Het Op-Eye systeem biedt een eenvoudige mogelijkheid voor het contactloos, op optische wijze bepalen van de plaats van voorwerpen. Toepassingen zijn onder meer: positiebepaling bij productielijnen, uitrichten van gereedschap, kwaliteitscontrole onderdelen, enz.

De Op-Eye cameraleens produceert een afbeelding van het object of van het gereflecteerde licht op een speciale UDT fotodiode. Deze „lateral effect photo diode“, die de exacte positie van een lichtpunt op het oppervlak via vier elektrode-aansluitingen kan weergeven, is het hart van het systeem. De signalen van de aansluitingen worden versterkt door vier „current mode“ versterkers en toegevoerd aan een 12 bit D/A-omzetter. De digitale informatie kan direct worden gebruikt of worden opgeborgen in het geheugen van een Apple II computer.

Voor deze computer is een interface-kaart in 8- of 16-bit versie beschikbaar.

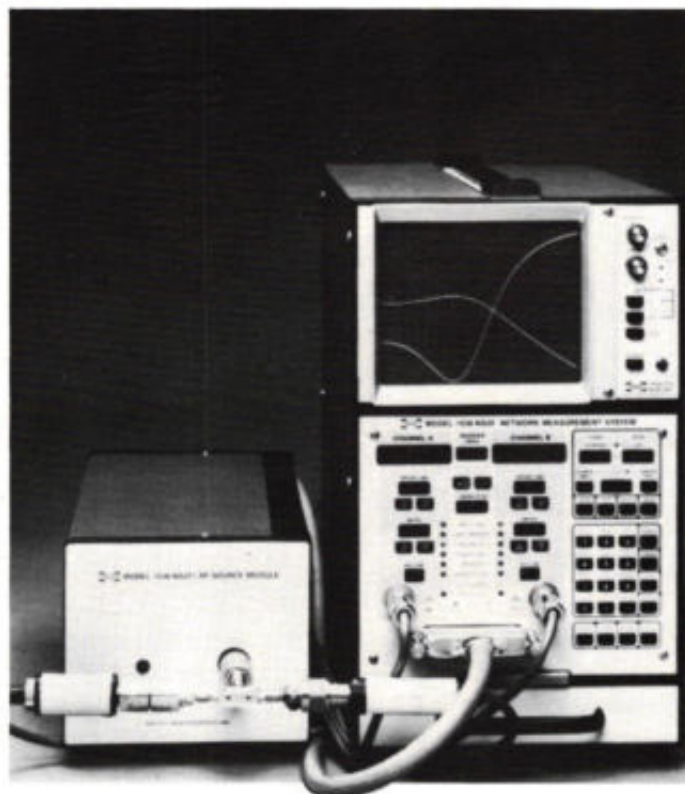
Specificaties:

- resolutie beter dan 1 op 4000 over het detectoroppervlak, zowel in x- als y-richting.
- geen „dead zone“; het gehele oppervlak van de detector is gevoelig.
- de Op-Eye geeft directe positie-informatie aan de computer met een snelheid van 5 kHz.

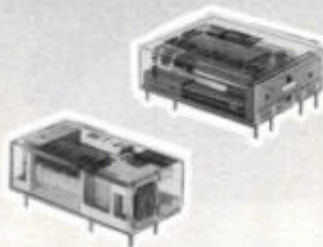
ingestelde cursorpositie zowel de frequentie als het vermogen decimaal kunnen worden uitgelezen. Nauwkeurige metingen tot -60 dBm zijn mogelijk tijdens de „adaptive sweep“, waarbij de zwaaisnelheid automatisch wordt aangepast aan het inkomende signaalniveau. Het z.g.n. PM Automemory geeft de gebruiker de mogelijkheid om zeer snel, d.w.z. zonder tijdrovende herkalibratie in te zoomen op bepaalde frequenties. Frequentie- en fasevergrendeling van de RF-generator is mogelijk via een 20 MHz/volt FM-ingang.

Int.: Heijnen BV, postbus 10, 6590 AA Gennep (08851) 1956. Bedrijfsstraat 2, B-3500 Hasselt (010) 210006.

Int.: Optilas BV, Groenestein 67-69, 2403 JM Alphen a/d Rijn (01720) 31234.



VLAKKE PRINTRELAIS



VLAKKE PRINTRELAIS met een hoogte van slechts 10,5 mm. Met 1 sterkstroomkontakt voor 3A/250V of met 2 tot 4 vergulde palladium zilveren twin kontakten in crossbar uitvoering voor informatieoverdracht.

N.V. SMITT RELAIS
BREDERODESTRAAT 188
2000 ANTWERPEN TEL. 031 - 16.10.09

INSTRUMENTENFABRIEK H.M. SMITT B.V.
3720 AC BILTHOVEN - NL POSTBUS 140
TEL: 030 - 780813 TELEX 47600

Smitt
RELAIS



KRP POWER SOURCE B.V.

MODULAIRE VOEDINGEN EN DC/DC CONVERTERS



UW STANDAARD !

KRP Power Source levert uit voorraad modulaire voedingen en DC/DC converters met:

- Enkele, dubbele of drievoudige uitgang.
- Vermogens: voedingen tot 20 Watt.
- DC/DC converters tot 30 Watt.
- Print of chassis uitvoering.
- Hoog rendement.
- 2 jaar garantie.



PROFESSELE ELECTRONISCHE COMPONENTEN, MEETAPPARATUUR EN VOEDINGEN

KLAASING ELECTRONICS B.V.

BENELUXWEG 27, 4904 SJ OOSTERHOUT, HOLLAND, TEL.: 01620 - 51400, TELEX 54598

HTS-E Ingenieur als Technisch Adviseur

Rodelco B.V. is een volle dochter van de Otra, waarvan de omzet de één miljard overschrijdt en waar $\pm$ 2800 personen werken. Binnen de Otra neemt Rodelco een unieke plaats in als voorraadhoudende groothandel van elektronische componenten, computerprodukten, modulaire microprocessorsystemen en personal computers. Het leveringspakket volgt de trend van de technologie en de wensen van onze afnemers, zodat onze mensen een belangrijke bijdrage leveren aan de innoverende industrie.

Om onze bestaande en toekomstige klanten in Nederland optimaal te informeren en te adviseren, breiden wij ons buitendienstteam uit met technische adviseurs met een HTS-elektronika opleiding.

Profielschets

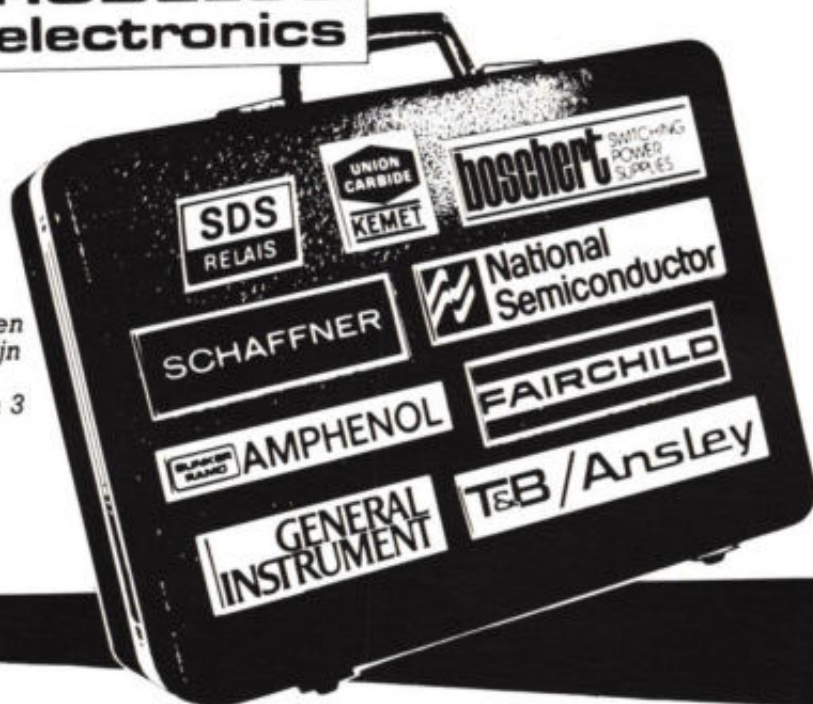
Leeftijd rond de 30 jaar, opleiding HTS-E en in het bezit van rijbewijs B-E (Rodelco zorgt voor de auto). De kandidaat legt gemakkelijk kontakten, houdt van zelfstandig werk en vindt het praten over prijs/prestatie van ons leveringspakket een uitdaging. Hij heeft belangstelling voor en kennis van moderne elektronische apparatuur en industriële automatisering.

Sollicitaties en verzoeken om nadere inlichtingen gelieve U te richten aan Rodelco B.V. Electronics, t.a.v. mevr. S. van Veen, Postbus 296, 2280 AG Rijswijk, Telefoon 070-995750. Mondelinge informatie kan verkregen worden bij Drs. A. den Boer, na 20.00 uur: 01859-3495.



RODELCO
electronics

*P.S.
Voor geïnteresseerden
in ons programma zijn
de unieke Rodelco
katalogi Deel 1, 2 en 3
nu beschikbaar.*





facilitair bedrijf

nederlandse
omroep
stichting

Binnen de divisie materiele faciliteiten is bij de afdeling onderzoek en ontwikkeling plaatsingsmogelijkheid voor een *vrouwelijke of mannelijke*

hts-ingenieur leeftijd tot 30 jaar.

De afdeling onderzoek en ontwikkeling houdt zich bezig met uiteenlopende aspecten van de in de omroep toegepaste geluid- en beeldtechnieken.

Afdelingstaken zijn o.m. het:

- onderzoek van voor de omroep (radio en televisie) van belangzijnde technieken en apparatuur
- ontwikkelen van schakelingen, apparatuur en software
- keuren, afnemen en opleveren van omroep produktie-apparatuur
- stellen van technische kwaliteitsnormen
- invoeren van nieuwe technieken en systemen binnen de omroep
- verstrekken van adviezen.

Het ligt in de bedoeling, dat de nieuwe medewerk(st)er zich in de radiosektor van de afdeling vooral bezig zal houden met registratietechnieken van band en plaat. Het aksent zal hierbij de komende jaren verschuiven van analoge naar digitale technieken.

Gevraagd worden:

- belangstelling voor audiotechniek en muziek
- een goed gehoor
- goede kennis van analoge en digitale signaalverwerkingstechniek, bij voorkeur tevens enige ervaring op dit terrein.

Het salaris ligt, afhankelijk van leeftijd en ervaring, tussen min. f 2717,- en max. f 3992,- bruto per maand, exclusief de vakantietoelage (7½%) en de eindejaars-uitkering (2½%).

Uw schriftelijke sollicitatie kunt u - *vóór 20 juli* - zenden aan de afdeling personeelvoorziening, postbus 10, 1200 JB Hilversum, gaarne onder vermelding van DMF/10/

1194

Adverteerdersindex

Belangrijke telefoonnummers

Advertentieserveringen:
H. Smienk 05700-91471
Materiaal: 05700-91693
Aanvragen bewijsnummers: 05700-91478
Vragen over betalingen: 05700-91484

Hoofd advertentie-exploitatie

L. Havelaar

Advertising representatives

Mr. Piergeorgio Saluti
Wayne Green International,
Peterborough, NH 03458
USA
(603)924-9471
Mr. John Rayment
c/o F. A. Smyth & Associates Ltd.
23A Aylmer Parade,
London N2 0PQ
United Kingdom
(01)3405058
Nippon Keisoku Inc.
c/o Mr. Y. Yamamoto)
P.O. box 410,
Central Tokyo 100-91
(03)292-0971
Japan

Advertentie-opdrachten worden uitgevoerd overeenkomstig onze leveringsvoorwaarden, gedeponeerd ter Griffie van de Arrondissementsrechtbanken en de Kamers van Koophandel.

Alcom Electronics 26
Ailtech 54
Analog Devices 8-03
APR 23
Auriema 16
Avio Diepen 33

Bell & Howell 40
Bodamer 42

CGE Alstom 9
Cito 24
Compcontrol 34-68

Datapex 66
Datron 14-37-45
De Buijerd 62
Difa 4
Dijie Roederstein 64
Dugras 69

EI-Contronic 24
Elektro Cirkel 34

Geveke 53
Gould Instruments 04

Hestel 68
Hewlett Packard

Jobarco 38-56

Klaasing Electronics
0-2-48-56-64-72
Klees 56
Jac Koopman 61

MCA Tronics 46-62

NOS 74

Padt & Companies 68

Racal Redac 48
Radikor 66
Rodelco 73
CN Rood 38-62
Rijf Kwarts Techniek 61

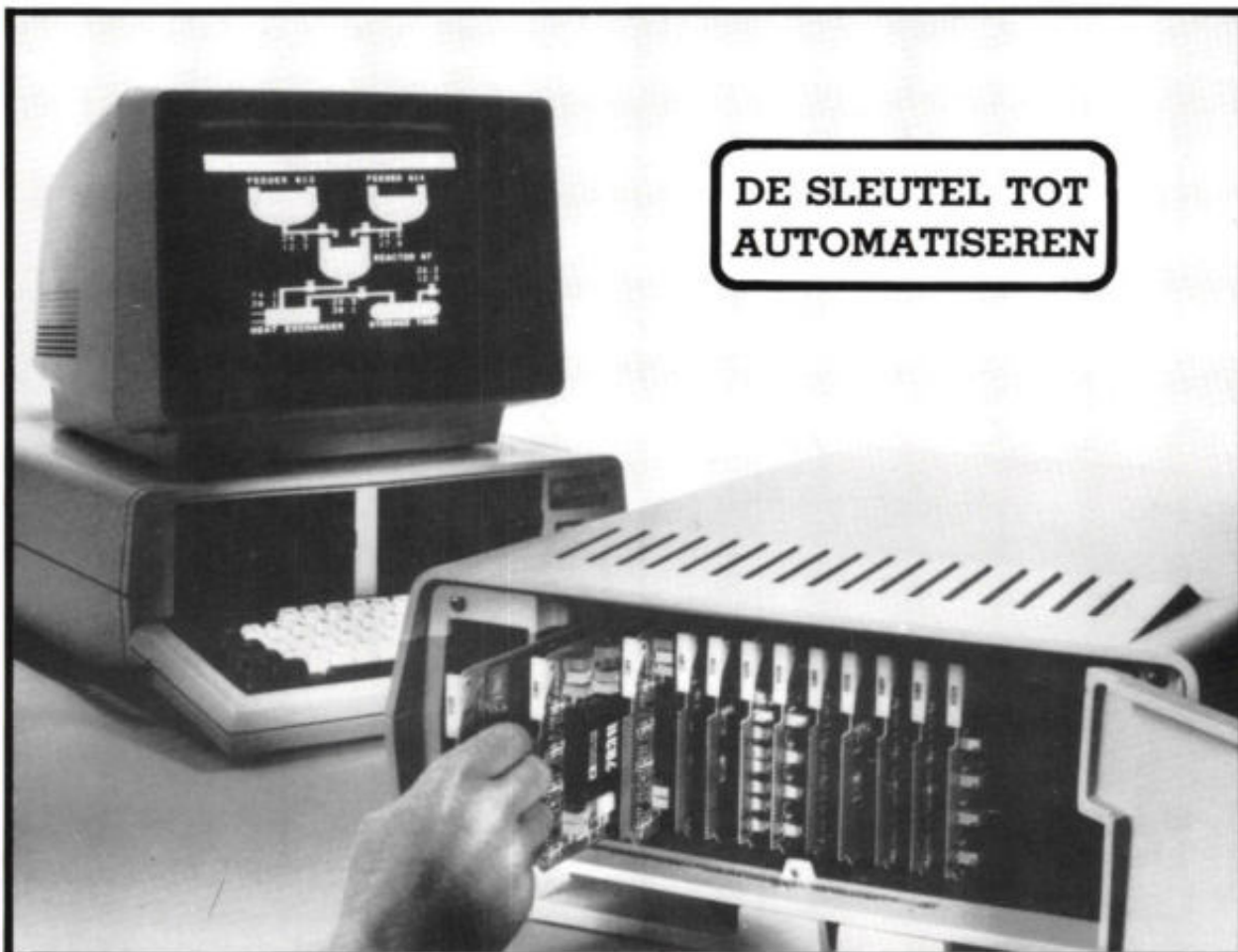
Simac Electronics 10-18-36
Smitt 72
Soltec/Zeva 5

Technical Tools 42
Tekelec Airtronic 14

Wilhelm Westermann 34
Witronic 38



COMPUTER-GEASSISTEERD METEN EN REGELEN



DE SLEUTEL TOT
AUTOMATISEREN

Succesvolle automatisering leidt tot een verhoging van de produktiviteit, lagere produktiekosten, kwaliteitsverbetering en maakt gefundeerde beleidsbeslissingen mogelijk.

Gegevens moeten worden verzameld en gedistribueerd zodat ze beschikbaar zijn daar waar de beslissingen genomen moeten worden. Sommige beslissingen worden infrequent genomen door menselijke tussenkomst, andere automatisch met milliseconden frequentie. De gemeten data geeft continue informatie over de toestand van het proces, het experiment, de produktielijn, de testprocedure of het energieverbruik en is essentieel voor het nemen van de juiste beslissingen.

Het kritische punt in het automatiseringsgebeuren is de link tussen het proces en het informatiesysteem. Gegevens over de fysieke toestand van het proces, produkt of experiment moeten worden verzameld en verwerkt en wel zodanig dat daarop door mens of computer kan worden gereageerd. In het realiseren van deze functie vormen de moderne meet- en regelsystemen van Analog Devices het hart van industriële informatiesystemen.

De specialisten van Analog Devices staan voor U klaar om ook Uw automatisering tot een succes te maken.

BON Stuur mij complete informatie over de
MACSYM 350

Dhr.
Fa.: Afd.:
Str.:
Pl.: Postcode:
Tel.:

Bon in enveloppe zonder postzegel naar:
Analog Devices Benelux, Antw. nr. 18, 4900 WB Oosterhout.



ANALOG DEVICES

WAY OUT IN FRONT.

Beneluxweg 27, 4904 SJ Oosterhout, tel.: 01620 - 51080, telex : 54942.
Mechelsesteenweg 156, 2000 Antwerpen, tel.: 03 - 2374803, telex : 32969.



"We hebben natuurlijk in onze elektronika-afdeling nogal speciale componenten en materialen nodig. We zijn dus bij het uitkiezen van onze Europese leverancier praktisch te werk gegaan."

"Dan hebt u dus Gould genomen."

Met de steeds groeiende vraag naar elektronische systemen en apparatuur groeit ook de behoefte aan steeds meer geavanceerde componenten en materialen. Dit is een behoefte, waaraan Gould – met z'n gerechtvaardigde toonaangevende wereldpositie op het gebied van elektronika – zonder moeite kan voldoen.

Gould is nl. de grootste internationale leverancier van de ultra-dunne koperfolie, die voor gedrukte schakelingen gebruikt wordt, zowel als de grootste commerciële producent op de wereld van op klantenspecificatie vervaardigde half-geleiders. En met z'n plan om de produktie en verkoop in Europa in de komende paar jaar te verdubbelen, zal Gould waarschijnlijk een grotere rol in uw leven gaan spelen dan u gedacht had.

Componenten en materialen vormen slechts een van de zes produktgebieden in de Gould marktstrategie. De andere zijn hoogwaardige 32-bit minicomputers, fabrieksautomatisering, test-en meetapparatuur, medische en defensie elektronika; markten waarin de verkoop voortdurend groeit – en bovendien markten waarin de Gould produkten een kennelijk voordeel over de concurrentie hebben.

Voor verdere inlichtingen over onze onderneming, onze groei-strategie en onze produkten, gelieve u zich te wenden tot: Gould, Afd. X2 Jan Van Eycklaan 2, 3720 AB Bilthoven, Nederland.



GOULD

Electronics