

# L'onde électrique

REVUE MENSUELLE DE LA SOCIÉTÉ DES ÉLECTRICIENS,  
DES ÉLECTRONICIENS ET DES RADIOÉLECTRICIENS

Volume 58 n° **3** MARS 1978

Volume 58, n° 3 MARCH 1978

LES MICROPROCESSEURS

MÉMOIRES A BULLES ET DTC

CIRCUITS INTÉGRÉS AU GaAs

Matériels professionnels et composants

oe stand P21

LOCATION:

- Latest issue to staffroom
- Current display
- Current shelves
- Bibliography shelves
- Other \_\_\_\_\_

RETENTION:

- Current year only
- Other \_\_\_\_\_

LIBRARY, ENVIRONMENTAL RESEARCH  
LABORATORIES, NATIONAL OCEANIC AND  
ATMOSPHERIC ADMINISTRATION  
BOULDER, COLORADO

APR 19 1978



WASSON

Paris New York  
Barcelone Milan

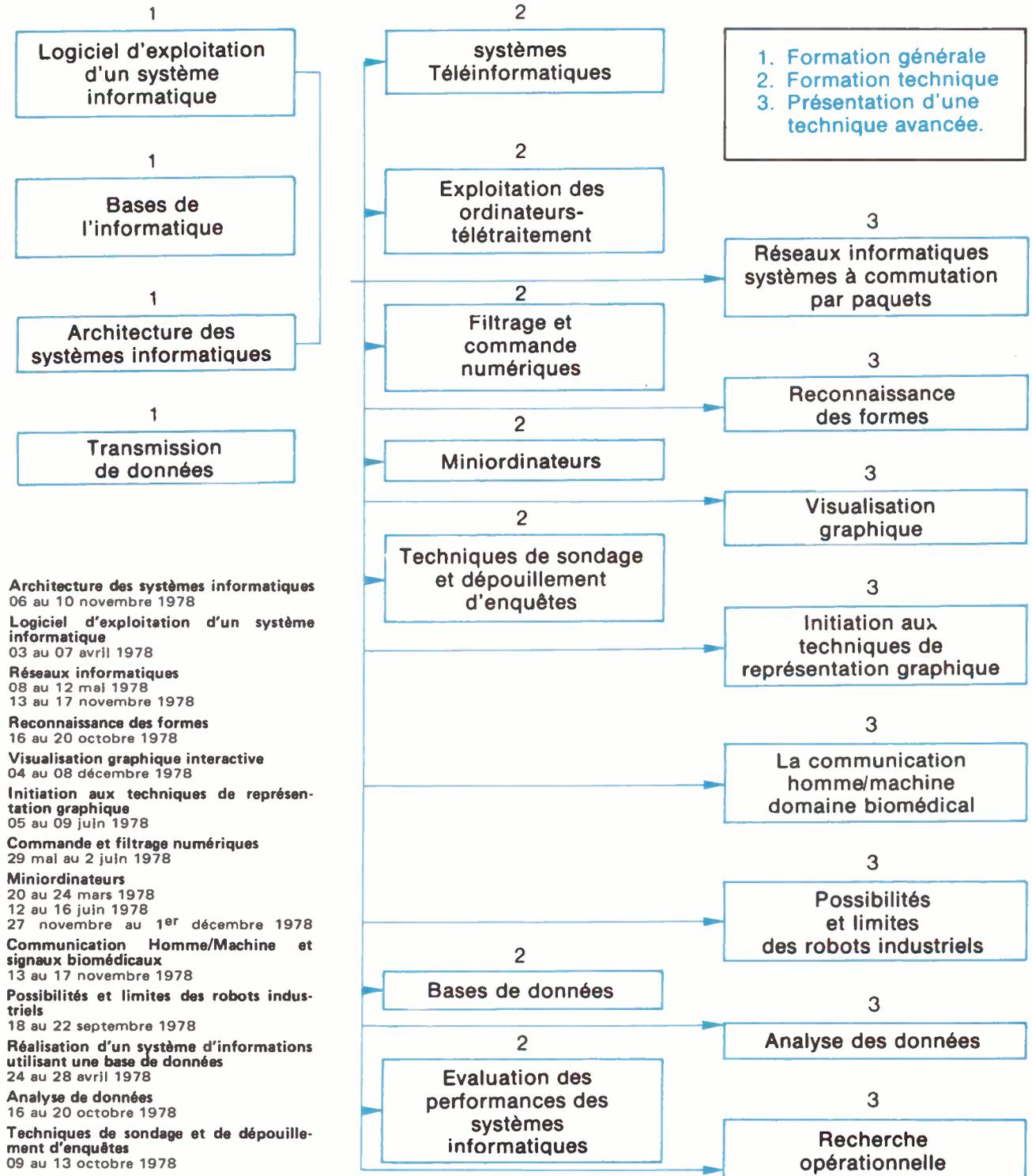
Four de diffusion  
des circuits intégrés  
RTC - La Radiotechnique  
Comelec

## Bases de l'informatique

En une semaine d'enseignement sont présentées les notions essentielles de l'informatique, celles que tout ingénieur doit connaître.

Des conférences présentent les aspects matériel et logiciel. Des travaux dirigés de programmation permettent de se familiariser avec le «mode de raisonnement» informatique et avec un exemple concret de langage de programmation : BASIC, langage d'apprentissage facile a été choisi à cet effet. Enfin, les diverses applications de l'informatique sont présentées ainsi qu'un aperçu de quelques systèmes intégrés.

Aucune connaissance préalable n'est nécessaire et la session peut être abordée par tous.



## ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS

### RENSEIGNEMENTS

Tél. 580-40-80 poste 42.57

ENST - Service de la Formation Continue  
46, rue Barrault, 75634 PARIS CEDEX 13



## oe COURRIER DES LECTEURS

En réponse à un «courrier téléphonique» abondant, relatif à la rédaction d'articles scientifiques et techniques pour l'Onde Electrique, nous donnons ci-après un certain nombre d'informations succinctes et pratiques destinées à aider les auteurs dans leur demande.

Ce qui suit n'a pas pour objet de se substituer au texte officiel des recommandations aux auteurs, dont la révision est, actuellement en discussion auprès des différentes instances de la revue et qui sera publié très prochainement dans sa version définitive.

Les articles dactylographiés, en double exemplaire devront être adressés à M. Le Rédacteur en Chef, *l'Onde Electrique*, 48, rue de la Procession, 75724 Paris cedex 15, qui en accusera réception par lettre. Ces articles seront ensuite soumis à un examen auprès du Comité de Lecture et qui donnera, directement aux auteurs, un avis sur le fond et sur la forme au bout d'un délai d'un mois environ. Cet examen se traduit exceptionnellement par une acceptation, souvent par une demande de modifications et quelquefois par un rejet.

Lors de la rédaction des articles les auteurs ne devront pas perdre de vue le fait que la majorité des lecteurs de *l'Onde Electrique* bien que curieux, ne sont pas familiers avec toutes les spécialités. Ils porteront donc un soin tout particulier au libellé du titre, au contenu de l'introduction et éviteront des redites. Ils veilleront à utiliser un vocabulaire français et à employer des systèmes d'unités cohérents. Ces articles comporteront en général 12 pages dactylographiées en double interligne auxquelles viendront s'ajouter les tableaux et figures (dessins au trait sur calque, photographies, etc).

Pour la parution, il sera indispensable de prévoir dans les meilleurs délais, un résumé anglais et un résumé français explicites, la traduction anglaise du titre, et une brève note donnant la formation et la fonction actuelle des auteurs et éventuellement leurs photographies. Par la suite, et dans des délais variables, les auteurs des articles acceptés recevront des épreuves composées de l'article pour correction. Après parution, il sera remis aux auteurs des exemplaires gratuits de la revue contenant leurs articles.

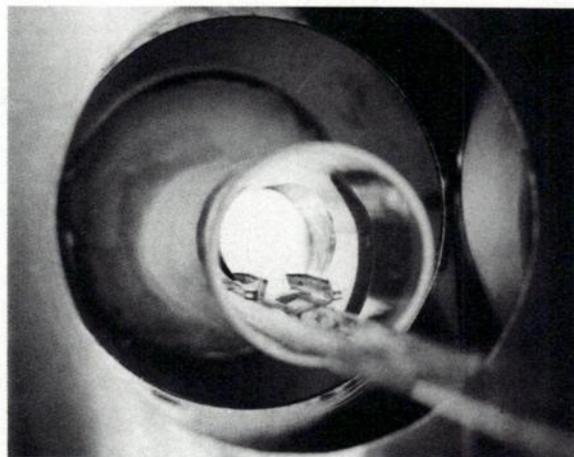
Nous attirons également l'attention des auteurs, sur la possibilité qui leur est offerte de faire paraître rapidement des communications brèves dans *l'Onde Electrique*. Ces textes permettent, sur deux pages de revue de publier les progrès d'une étude ou de faire connaître une innovation.

D. HALPERN

La rubrique « Courrier des lecteurs » a pour objet de répondre aux questions, remarques ou suggestions des lecteurs. Les lettres doivent être adressées à la Rédaction de *l'Onde Electrique*, 48, rue de la Procession, 75015 Paris.

Sur notre couverture :

## FOUR DE DIFFUSION DES CIRCUITS INTÉGRÉS



Dans le domaine des circuits intégrés bipolaires, le centre industriel de Caen de R.T.C. LA RADIO-TECHNIQUE-COMPELEC est un des plus importants et des plus modernes centres de diffusion implanté en Europe.

La variété des procédés technologiques bipolaires en production au centre industriel de Caen permet à R.T.C. de présenter, d'une part des familles logiques standards telles que la TTL-LS, l'ECL 10 000, d'autre part une gamme étendue de circuits linéaires à usages professionnels ou "grand public", et pour finir, de répondre aux besoins spécifiques que sont les circuits à la demande utilisant toutes ces technologies et bien sûr l'I<sup>2</sup>L.

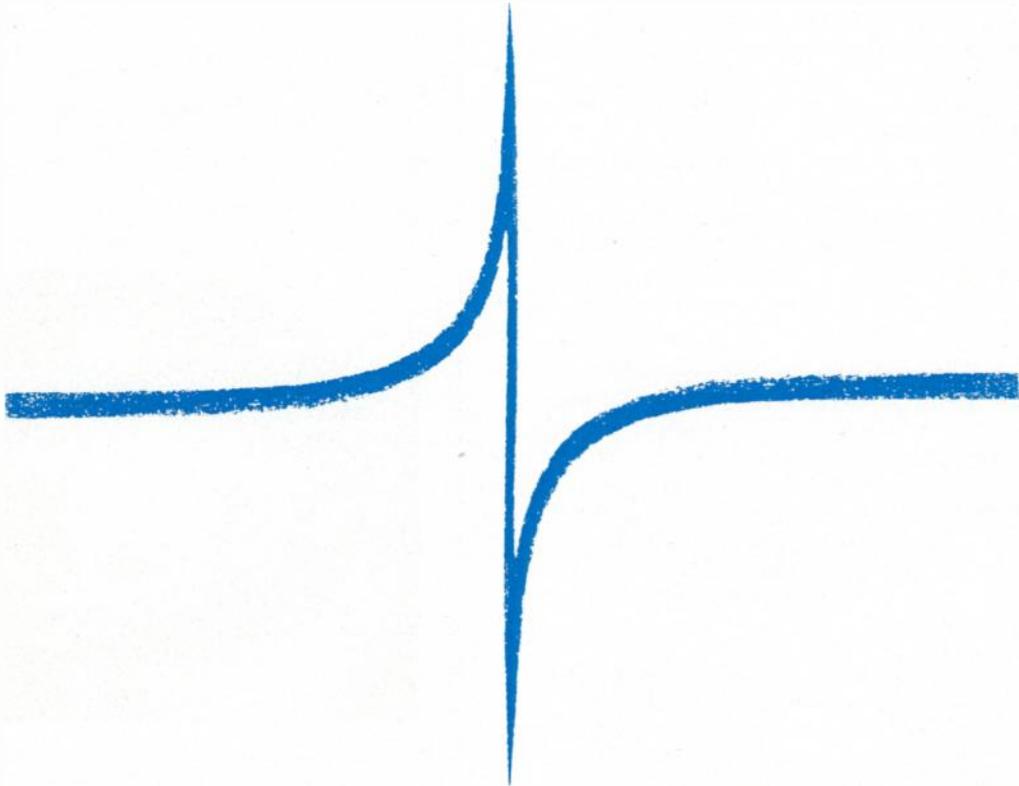
Un nouveau procédé technologique (à isolement latéral par oxyde) appelé SUBILO fait son entrée en production : R.T.C. annonce, issue de ce procédé SUBILO, l'ECL 100 000, première série logique de circuits intégrés à temps de propagation subnanoseconde.



R.T.C. LA RADIOTECHNIQUE-COMPELEC  
130, av. Ledru-Rollin 75540 PARIS CEDEX 11;  
tél. 355.44.99

Service Lecteur : inscrivez le n° 301.

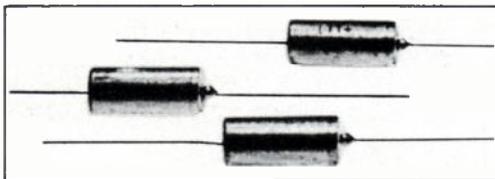
# des performances nouvelles



## condensateur au tantale à diélectrique dopé

Le condensateur au tantale à diélectrique dopé LTT CTS 31 (PASI 85) possède les caractéristiques habituelles des condensateurs au tantale à électrolyte solide :

- haute stabilité,
- très faible courant de fuite.



\* $U_n$  = Tension nominale.

Pour mieux connaître le CTS 31 PASI 85 et recevoir des échantillons, adressez-vous à L.T.T., 89, rue de la Faisanderie 75782 PARIS CEDEX 16 Tél. 504.45.50 ou renvoyez le bon ci-contre.



- encombrement réduit,
- mais en outre, il présente l'avantage, nouveau pour ces condensateurs, d'une excellente tenue en régime impulsif et sous tension inverse.

C'est ainsi que les condensateurs CTS 31 LTT subissent un essai de qualification sous tension alternative de  $0,2 U_n$ \* Eff 50 Hz pendant 2.000 heures à 85 °C, sans résistance de protection. Les boîtiers types E, A et B peuvent supporter cet essai sous  $0,3 U_n$ .

Le condensateur CTS 31 est le seul condensateur électrolytique présentant de telles performances dans un volume réduit.

Nous souhaitons recevoir gratuitement votre documentation.

Nom ou Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

TA

Les sommaires de l'Onde électrique sont reproduits dans les Current Contents Engineering and Technology.

### oe magazine

### oe magazine

### oe magazine

### oe magazine

149	<b>Courrier des lecteurs</b>	166	<b>Composants</b>	169	<b>Activité des laboratoires</b>
154	<b>Télex</b>	168	<b>Mesure et instrumentation</b>	173	<b>Nouvelles économiques</b>
157	<b>Événements</b>	169	<b>Informatique</b>	177	<b>Nouveautés techniques</b>
163	<b>Informations générales</b>	169	<b>Grand public</b>	193	<b>Livres reçus</b>

### Composants

Les microprocesseurs sont actuellement l'objet de développements considérables dans de nombreux domaines. Leur utilisation nécessite une connaissance exacte de leurs caractéristiques et de l'application envisagée.

199 Initiation à l'utilisation des microprocesseurs. R. AROUETTE

207 Les microprocesseurs. J. P. COCQUEREZ et J. DEVARIS

214 Enseignement des microprocesseurs et conception d'une maquette d'études. J. AUVRAY

De nombreux laboratoires effectuent actuellement des recherches portant sur la réalisation de circuits intégrés logiques rapides utilisant le GaAs comme matériau semi-conducteur.

218 Circuits intégrés logiques à transistors à effet de champ sur GaAs en technologie plane. M. CATHELIN et G. DURAND

222 Étude de la chute de tension « direct-passant » dans les thyristors. G. ENEA

Les mémoires à bulles et les dispositifs à transfert de charges qui connaissent actuellement de nombreux développements, s'avèrent être des dispositifs concurrents pour certaines applications.

229 Analyse et comparaison des possibilités d'emploi des mémoires à bulles et à transfert de charges. 1<sup>re</sup> partie : Mémoires à bulles magnétiques.

P. COEURÉ, J. M. BRICE, D. MAUDUIT et E. MACKOWIAK

### Communications brèves

235 Le GRAFCET outil de représentation du cahier des charges d'un automatisme logique. L. TOURRES

238 Déphaseur passe-tout sans inductance faisant appel à un amplificateur opérationnel à une entrée (*en anglais*). A. M. SOLIMAN

### RÉDACTION

SEE, 48, rue de la Procession, 75015 Paris  
Tél. : 567.07.70  
Telex 200565

Rédacteur en chef : D. HALPERN.  
Adjointe au Rédacteur en Chef : E. RUTMAN.  
Secrétariat : B. BREDA.

Comité de l'Onde Électrique  
Président : Y. ANGEL, Professeur au CNAM.  
Vice-Président : M. THUÉ, Ingénieur général des Télécommunications au CNET.

Comité de lecture  
Président : G. PAYET, PTT (Tél. 645.40.69).

## l'onde électrique

Voir conditions d'abonnement  
France et Étranger,  
3<sup>e</sup> de couverture.

Index des annonceurs,  
3<sup>e</sup> de couverture.

© 1978, Masson, Paris  
Publication périodique mensuelle

### PUBLICITÉ

MASSON Éditeur, 120, boulevard Saint-Germain, 75280 Paris Cedex 06.  
Michel J. LEROY, Directeur de la Régie.  
Alain BUISSON, Chef de Publicité.  
Téléphone : 329.21.60.

Représentant pour la Grande-Bretagne  
Frank L. Crane Ltd,  
16-17 Bride Lane, London EC4Y 8EB.  
Tél. : 01.353.1000. Télex : 21489.



**oe magazine**

- 149 Letters
- 154 Telex
- 157 Events
- 163 Moving around
- 163 Telecommunications

**oe magazine**

- 166 Components
- 168 Instrumentation
- 169 Computers
- 169 Consumer electronics

**oe magazine**

- 169 Laboratories activity
- 173 Economical news
- 177 Technical news
- 193 Books received

**oe magazine****Components**

The use of microprocessors involves an exact knowledge of their characteristics and of the planned application.

- 199 Initiation to the utilisation of microprocessor. R. AROUETTE

- 207 Microprocessors. J. P. COCQUEREZ and J. DEVARS

- 214 Teaching of microprocessors. J. AUVRAY

Many laboratories are carrying out researches on ultra-fort logic integrated circuits using AsGa material.

- 218 Logic ICs using AsGa Fet in planar technology. M. CATHELIN and G. DURAND

- 222 Forward biased thyristor behaviour in the fired state. G. ENEA

Bubble memories and CCD are sometimes competitive devices in certain application fields.

- 229 Analysis and comparaisn of possible uses of bubble memories and charge coupled devices (1<sup>st</sup> part). P. COEURE, J. M. BRICE, D. MAUDUIT and E. MACKOWIAK

**Short communications**

- 235 GRAFCET A description facility of a logical automation equipment. L. TOURRES

- 238 Inductorless all-pass phase shifter using a single input operational amplifier (*in english*). A. M. SOLIMAN

**EDITORIAL MATTERS**

SEE, 48, rue de la Procession, 75015 Paris  
Tel. : 567.07.70  
Telex 200565

Editor-in-Chief : D. HALPERN.  
Editorial assistant : E. RUTMAN.  
Secretary : B. BREDA.

Committee of l'Onde Électrique  
President : Y. ANGEL, Professor, CNAM.  
Vice-President : M. THUE in charge of International technical relations at the CNET.

Committee of Referees  
President : G. PAYET, French PTT  
(Tel. 645.40.69).

**Subscription: 3<sup>th</sup> cover.**

Published monthly (except July and August)  
by Masson et Cie,  
120, bd Saint-Germain, Paris, France.  
Annual subscription price: 235 F.  
Second-class postage paid  
at Jamaica, N.Y. 11431  
Air freight and mailing in the U.S.  
by Publications Expediting, Inc.  
200 Meachan Ave., Elmont, N.Y. 11003.

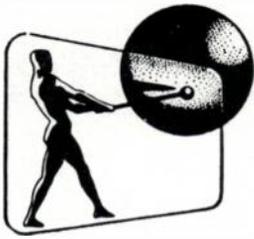
**ADVERTISING**

MASSON Éditeur, 120, bd Saint-Germain,  
75280 Paris Cedex 06.

Michel J. LEROY, Advertising Director.  
Alain BUISSON, Advertising Manager.  
Telephone : 329.21.60.

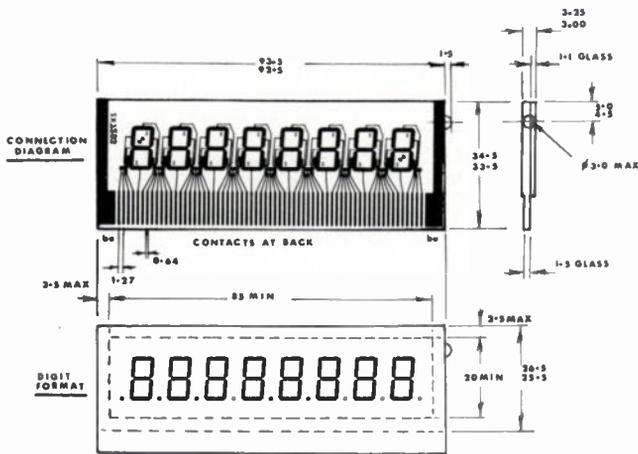
**Representative for Great Britain :**

Frank L. Crane Ltd,  
16-17 Bride Lane, London EC4Y 8EB.  
Phone : 01.353.1000. Telex : 21489.



# RANK OPTICS

## TYPE 7293 8 DIGIT



## AFFICHAGE DIGITAL A CRISTAUX LIQUIDES

- Affichage pour horloge  
type 6534 à 3 1/2 digits  
type 7331 à 4 digits.
- Affichage pour instruments  
type 7105 à 3 1/2 digits  
type 7293 à 8 digits.

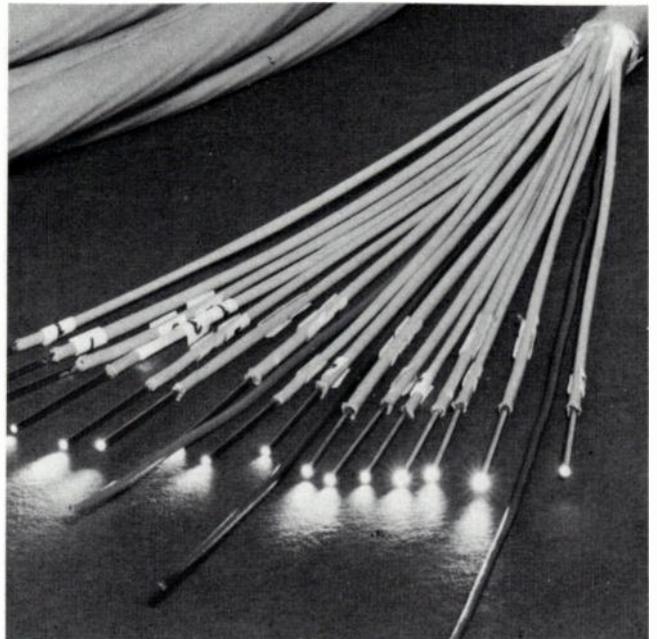
### CARACTÉRISTIQUES du module 7105.

- Tension d'utilisation  
Min. 2,0 V RMS  
typ. 5,0 V RMS  
Max. 10,0 V RMS
- Fréquence  
> 30Hz
- Impédance  
> 20 MΩ/segment
- Capacité  
> 200 pf/segment
- Temps de monté  
60 ms Typ.
- Temps de remanence  
200 ms Typ.
- Température d'utilisation  
— 10 à + 60° C

## FIBRES OPTIQUES

- **Fibroflex** : Câble optique économique à 440 fibres de verre de 50 microns, gainé P.V.C. avec un diamètre actif de 1,14 mm, ou 1,60 mm, 1,95 mm, 2,28 mm, ouverture numérique 0,54, atténuation 700 db.
- **Fibroflex 1/2** câble optique de 220 fibres de verre de 48 microns, gaine P.V.C., diamètre actif 0,80 mm, ouverture numérique 0,54, atténuation inférieure à 600 db à 800 nm.
- **Fibrox** : Guides de lumière très résistants protégés par une gaine P.V.C., diamètre actif de 1,5 mm à 6 mm, longueur de 50 cm à 200 cm.
- **Fibroscope** : Appareil souple d'observation pour l'industrie — avec un guide-image plus 2 guides de lumière longueur 100 cm et 200 cm — diamètre total du flexible 12,7 mm.
- **Monofibre P.C.S. 1** avec cœur de silice et cladding en silicone, gainage en polypropylène :

atténuation maximum à	820 nm, 30 db/Km,
dispersion du signal	30 ns/Km,
bande passante	50 Mbit/s/Km,
ouverture numérique	0,38
angle d'injection	400.



RANK OPTICS, au Salon des Composants Electroniques 78, présentera une application commune Fibres Optiques/cristaux liquides.

**Stand 114 - Allée 2.**



RANK OPTICS une division de  
**RANK PRÉCISION INDUSTRIES S.A.**

33, bd. Dubreuil 91400 ORSAY

Tél. : 928.53.90  
Telex 692185 F



TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565...TELEX 200565

## INFORMATIONS GÉNÉRALES

En 1977, la société **Crouzet** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 515,45 MF (+ 15,1 %) dont 286,39 M pour l'activité «automatismes» (+ 18,7 %), 212,70 M pour l'activité «aérospatial et systèmes» et 2,36 M pour les prestations diverses (+ 31,1 %).

En 1977, l'**Électronique Marcel Dassault** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 825 MF dont 60 % à l'exportation.

La Compagnie aérienne SAS a octroyé un contrat à la société **LMT** du groupe Thomson-CSF, pour la fourniture d'un simulateur de pilotage de l'avion Airbus 300 B.

La Compagnie aérienne Thai Airways International a octroyé un contrat à la société **LMT**, du groupe Thomson-CSF, pour la fourniture d'un simulateur de pilotage de l'avion Airbus 300 B.

Microwave Associates Inc a constitué à Paris une filiale sous le nom de **Microwave Associates SA** (capital 100 000 F ; 57, rue de la Convention, Paris 15<sup>e</sup>).

La firme japonaise Tokyo Laboratories a racheté la société **PanElectron** (J) qu'elle intègre sous forme de division. Désormais, Tokyo Laboratories dont le chiffre d'affaires est voisin de 100 M\$, dispose de cinq champs d'activités : équipements pour la production de dispositifs à semiconducteurs, équipements automatiques de test et de mesure, équipements terminaux pour transmission de données, composants électroniques et électronique grand-public.

## TÉLÉCOMMUNICATIONS

La firme Communications Group, Inc (Pennsylvanie, USA) a racheté la division «Communications Systems» de **Applied Data Research** (New Jersey, USA). Communications Group est une société spécialisée dans la fabrication et la vente de systèmes de contrôle de coût sous le nom de marque Telephone Management System. La division Communications Systems de ADR, commercialise sous le nom de marque Star, un produit pour le contrôle et l'administration du trafic téléphonique.

L'Arabie Saoudite a octroyé un contrat d'un montant de 4 MF environ à la **CIT-Alcatel** pour la fourniture et l'installation de 4 centraux électromécaniques de 800 lignes de capacité chacun.

La Libye a octroyé un contrat d'un montant de 7,5 M\$ à **Comtech Laboratories** pour la fourniture et l'installation d'équipements terminaux pour télécommu-

nications transhorizon. Ce contrat constitue la phase n° 2 d'une série de contrats à plusieurs étapes octroyés par la Libye à Comtech en 1976.

**Cossor**, du groupe Raytheon, fournira aux British Railways des modems Intertel MCS 9 600 pour un montant total de 0,1 M£.

L'**Électronique Marcel Dassault** fournira aux PTT français des systèmes de rapatriement d'alarmes, modèles EROS, destinés à la surveillance de centraux téléphoniques électromécaniques.

La société norvégienne **Elektrisk Bureau** fournira à l'Irak State Electricity Organization, 7 autocommutateurs privés et 8 systèmes téléphoniques pour salles de contrôle.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat d'un montant de 1 M\$ à **Infotron Systems Ltd**, filiale britannique de la société américaine du même nom, pour la fourniture de systèmes multiplex temporels, modèle Time line 780 Supermux.

La Belgische Radio en Televisie (Belgique) a octroyé un contrat d'un montant de 0,352 M£ à **Microwave Associates** pour la fourniture de faisceaux hertziens mobiles à 6,10 et 12 GHz destinés au réseau national belge de télédiffusion en couleur de langue flamande.

Le Ministère des Postes et Télécommunications de Guinée a octroyé un contrat à la **Nippon Electric Company** pour la fourniture d'un réseau de radiocommunications de 1 136 km de long. Le marché porte sur la fourniture de faisceaux hertziens (6 GHz, 1 canal télévision et 960 voies téléphoniques), d'équipements de radiocommunications (800 MHz, 120 voies) et des systèmes multiplex.

L'**INTELSAT** a octroyé un contrat d'un montant de 86 900 \$ à la **Nippon Electric Company** pour l'étude et la réalisation d'un processeur MIC différentiel adaptable (ADPCM en anglais). Ce processeur devra fonctionner sous des débits binaires de 32 et 24 K bits/s.

La Michigan Bell Telephone Co a octroyé un contrat d'un montant de 1,3 M\$ au groupe «Commercial Telecommunications» et à la division «Collins Microwave» de **Rockwell International** pour la fourniture d'un faisceau hertzien numérique protégé, modèle MD R 11, destiné à relier Détroit et Pontiac (11 GHz ; capacité : jusqu'à 13 000 voies).

La firme Leroy Sommer a constitué la **société des Applications de la Commutation Électronique** (COMELE) qui reprend les activités téléphonie de l'Électronique Appliquée.

La Guinée a octroyé un contrat d'un montant de 34 MF à la **Société Française des Téléphones Ericsson** pour la fourniture de centraux téléphoniques crossbar CP 400 destinés à être installés dans 7 villes du pays. La commande comprend également la réalisation d'un centre de transit national et d'un centre de transit international qui seront installés à Conakri.

## COMPOSANTS

**Texas Instruments** échantillonne actuellement des mémoires mortes programmables par l'utilisateur et effaçables par exposition aux rayons ultraviolets (MMPE) de 32 K bits de capacité (boîtier à 24 broches, alimentation : 5 V).

La firme japonaise **Towa Chikudenki Company** introduit une nouvelle série de condensateurs électrolytiques miniatures à l'aluminium. Ces condensateurs disponibles selon des valeurs de capacité comprises entre 0,47 et 3 300 µF et des valeurs de tensions s'échelonnant de 6,3 à 100 V, occupent, grâce à l'utilisation d'un processus original d'attaque chimique de l'aluminium, un volume trois fois inférieur à celui des dispositifs analogues.

Rudolf Kompfner, l'inventeur des tubes à ondes progressives, est décédé à l'âge de 68 ans aux États-Unis.

## GRAND PUBLIC

**Matsushita Electric Industries** a présenté son système à vidéodisque baptisé VISC. Ce système qui permet la reproduction de programmes en couleur avec son stéréophonie existe en deux versions : le VISC I (durée d'enregistrement : 1 heure) et le VISC II (durée d'enregistrement : 2 heures).

En raison des mauvais résultats des ventes sur le marché américain, **RCA** a décidé d'abandonner la fabrication des jeux télévisuels. Cette décision entraîne le licenciement de 120 personnes.

## NOUVELLES ÉCONOMIQUES

D'après la Radiodiffusion Television Italienne (RAI), il y a en **Italie**, 2 100 **radios privées** et 396 **télévisions privées**, dont environ 320 émettant en couleur.

En 1977, le **Japon** a exporté 8,139 M d'émetteurs récepteurs pour services radioélectriques privés, «CB» en anglais (- 47,45 %).

En 1977, il a été vendu 0,848 M de téléviseurs noir et blanc (+ 5 %) au **Japon** dont 0,39 M de combinés téléradio-cassette équipés d'écrans à diagonale inférieurs à 12 cm. Les ventes de téléviseurs couleur au Japon ont connu une légère baisse.

En 1977, il a été vendu 0,29 M de téléviseurs couleur en **Suède** (- 17 %).

**MARCONI** : inscrivez le n° 307. ►

# la mesure en télécommunications

Salon International des Composants Electroniques  
Paris 3 - 8 Avril 1978 - Allée 5 - Stand 9

Catalogue **mi** 78 - en Français - sur demande au service-lecteurs

**mi** **MARCONI INSTRUMENTS**

Marconi Instruments · 32 avenue des Ecoles · 91600 Savigny-sur-Orge · France · Tél : 996.03.86 · Téléc : 600541 F

Toulon (83) : Dimel · Tél : (15.94) 41.49.63 - Rennes (35) : Soredia · Tél : (16.99) 50.50.29

Marconi Instruments Limited · Longacres · St. Albans · Hertfordshire · Angleterre AL4 OJN - Tel: (0727) 59292 - Telex: 23350

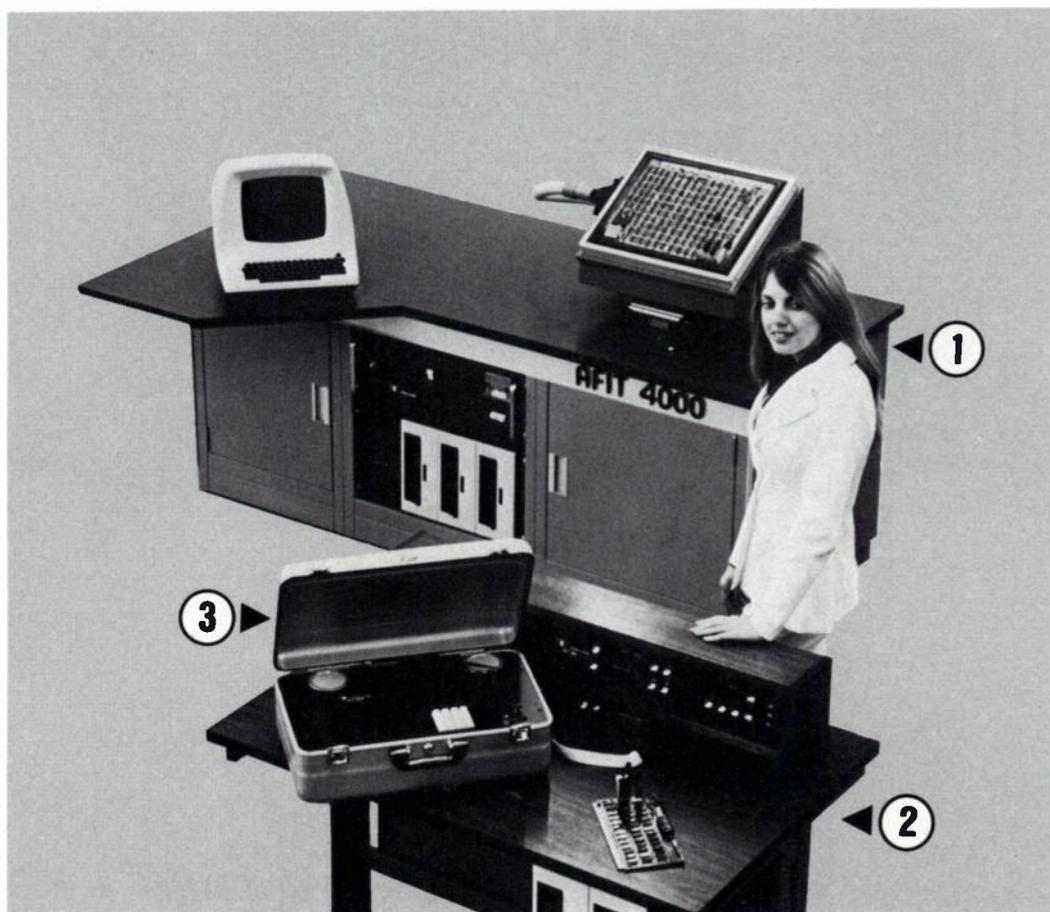
Marconi Electronics Inc · 100 Stonehurst Court · Northvale · New Jersey 07647 USA · Tél: (201) 767-7250 · Twx: 710-991-9752

Marconi Messtechnik GmbH · 8000 München 21 Jörgstrasse 74 · R.F.A. · Tel: (089) 58 20 41 · Telex: 5 212642

Membre du Groupe GEC - Marconi Electronics

## SYSTEMES DE TEST

TESTLINE



**pour tester vos cartes logiques...  
en production ①, en maintenance ②  
et pour vos dépannages sur le site... ③**

**adoptez les SYSTEMES "AFIT"**

*Pour en savoir plus sur ces systèmes de test et sur notre gamme très complète de testeurs,  
écrire ou téléphoner à TEKELEC-AIRTRONIC, département Testeurs,  
B.P. N° 2, 92 310 Sèvres, Tél. : (1) 027-75-35, Téléx : TEKLEC 204 552 F*

**TEKELEC TA AIRTRONIC**

743 TP



# ÉVÈNEMENT

## L'industrie des matériels électroniques professionnels : Le problème des composants.

*Depuis de nombreuses années, les industries françaises de matériels électroniques et radioélectriques professionnels connaissent une croissance d'activité particulièrement remarquable. Ces industries ont, en effet, enregistré le taux de croissance le plus élevé de tous les secteurs de l'industrie électronique française.*

Une récente étude réalisée par le Bureau d'Informations et de Prévisions Économiques (BIPE), pour le compte du Syndicat des Industries de Matériels Professionnels Électroniques et Radioélectriques (SPER), souligne ce phénomène en indiquant que cette croissance a pour origine essentielle l'activité à l'exportation dont la part par rapport au chiffre d'affaires total est passée de 28 % en 1970 à 41 % en 1976, puis à 45,7 % en 1977.

L'étude du BIPE fait également apparaître que la part de l'électronique professionnelle par rapport à l'activité totale des industries électroniques croît de manière constante de 1 % par an en moyenne, alors que la part relative de chacun des autres secteurs : biens de consommation,

composants, autres biens d'équipement régresse.

L'industrie française des matériels professionnels se trouve donc être le phare de l'industrie française de l'électronique. Comment expliquer cette situation.

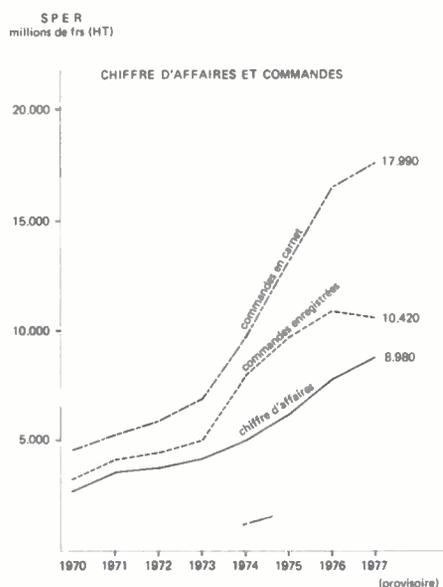
### Développement des marchés extérieurs

La croissance globale de l'activité trouve son origine dans l'évolution du marché intérieur et surtout dans celle des marchés extérieurs. Depuis quelques années, en effet, on assiste à une augmentation considérable de la demande extérieure, qui provient des pays en voie de développement et également des pays producteurs de pétrole. Ces pays font un effort important pour leur équipement en infrastructures civiles et militaires. Ces marchés sont très convoités par la plupart des pays industrialisés, conscients des immenses débouchés qui leur sont offerts. Cet intérêt se traduit par une concurrence d'autant plus grande que le contexte économique mondial n'est pas favorable et qu'il s'agit pour eux d'équilibrer leur balance commerciale.

La demande extérieure a également un effet d'entraînement sur la demande intérieure. En effet, la position extérieure reflète dans une certaine mesure l'activité intérieure. Les pays acheteurs s'équipent, de matériels récents et éprouvés que les industriels sont amenés à développer pour faire face aux besoins intérieurs et à la compétition internationale. Ces pays comprendraient assez mal que les matériels qui leur sont proposés n'aient pas fait l'objet de ventes sur le marché intérieur. Le rôle du marché intérieur est donc fondamental car il est à l'origine des équipements exportés.

Le souci constant d'innovation à la fois suscité par la demande intérieure propre et par la demande extérieure, conduit les industriels et les pouvoirs publics à engager d'importantes dépenses pour la recherche et le développement.

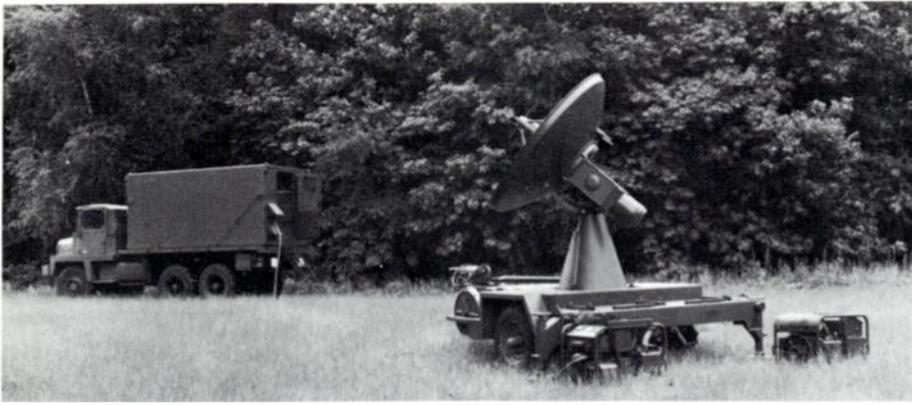
Il faut souligner que les dépenses de recherche et de développement sont directement liées au marché intérieur. Ainsi, pour le marché américain qui représente près de la moitié de la production mondiale, des matériels professionnels hors pays socialistes, les sommes consacrées au titre de ce chapitre par les industries et le gouvernement fédéral sont sans commune mesure avec celles qu'un pays comme la France a la possibilité d'engager. S'il en était ainsi, les autres pays industrialisés seraient appelés à une déchéance à moyen terme. En fait, ce n'est pas le cas et ceci pour deux raisons : le double emploi de



*Évolution du chiffre d'affaires et des commandes du secteur des matériels électroniques et radioélectriques professionnels.*

Chiffre d'affaires total	8.980
Chiffre d'affaires à l'exportation	4.108
Commandes enregistrées totales	4.996
Montant des importations (statistiques douanières provisoires)	497
Balance positive au profit de l'Économie Française	3.611
Le taux de valeur ajoutée nationale dans les prestations exportées étant de l'ordre de 85 % l'apport net de la balance commerciale est de	3.069

*Résultats provisoires pour 1977, de l'industrie française des matériels professionnels électroniques et radioélectriques à l'exclusion des équipements de télécommunications par fils (en MF hors taxes). Le chiffre d'affaires total progresse de 13,5 % et de 20 % environ en ce qui concerne les exportations. Un fléchissement de 18 % environ apparaît, par contre, dans le montant des commandes enregistrées. Le montant des importations enregistré également une baisse sensible (Doc. SPER).*



Station d'information radar et d'observation continue des courants aérologiques : Sirocco (Doc. Électronique Marcel Dassault).

la production et la politisation du marché.

Le double emploi se traduit par le développement dans un même pays d'équipements analogues et concurrents. Il entraîne donc un double emploi des investissements et des outils de production. Ce phénomène est assez courant aux États-Unis et absorbe une partie des moyens financiers. Les pays d'importance économique plus faible évitent le développement de produits concurrents ; ils parviennent ainsi à proposer des gammes complètes d'équipements de pointe. C'est le cas de la France.

L'autre facteur modérateur est la politisation des marchés. Les pays acheteurs, pour des raisons politiques et stratégiques, acquièrent, de préférence, des équipements auprès de pays avec lesquels ils ont des affinités politiques et idéologiques. D'autre part, il est dans leur intérêt de ne pas aboutir à une situation où seuls un ou deux pays auraient le monopole de la vente. Pour ces raisons, les pays acheteurs accordent parfois la préférence à des matériels en provenance de pays autres que les États-Unis ou l'Union Soviétique.

### Les composants clés

Le problème essentiel qui se pose actuellement au niveau de la conception et de la réalisation de ces matériels est celui de la disponibilité des composants clés. Le composant clé est un dispositif indispensable de l'équipement auquel il confère ses qualités fondamentales, ou bien un composant présentant un risque de rupture d'approvisionnement pendant la durée de vie de l'équipement.

On peut citer les tubes de puissance pour les radars, ou les circuits intégrés spécifiques. Il s'agit donc pour les fabricants d'éliminer tout risque d'indisponibilité et la meilleure façon d'y parvenir, est que l'industrie des

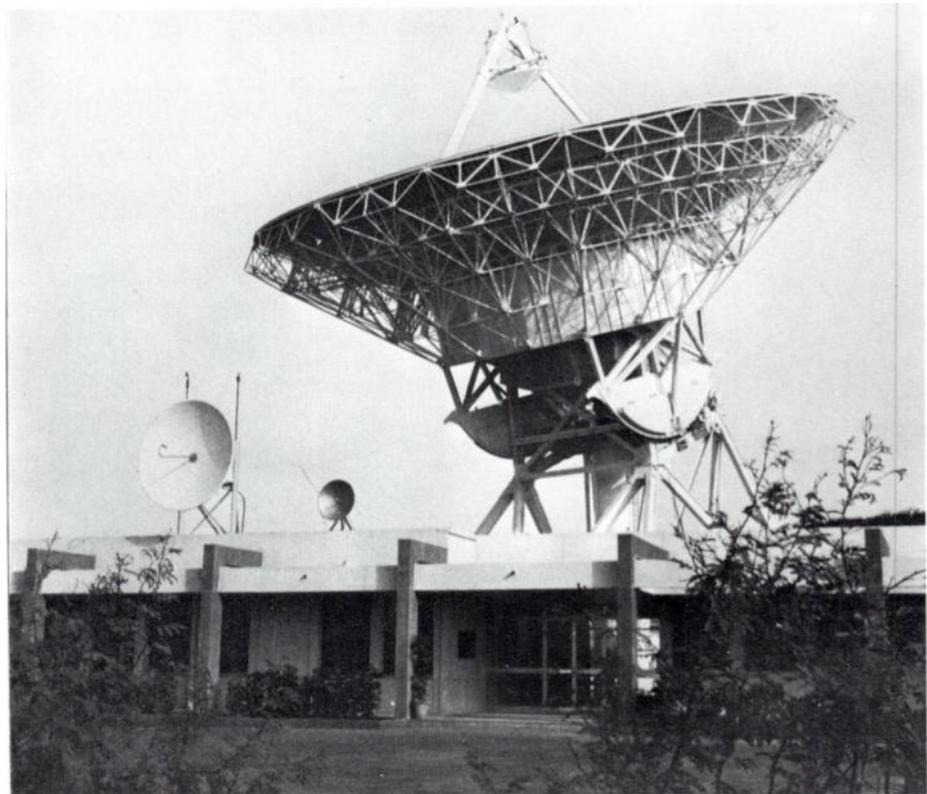
composants du pays soit particulièrement dynamique et de haut niveau, ou bien que l'équipementier produise lui-même ses composants clés.

Il apparaît le plus souvent que la production des composants clés n'est pas intéressante pour les fabricants de composants car elle s'avère non immédiatement rentable ; c'est le cas par exemple des circuits intégrés. Pour l'équipementier, il ne peut pas s'improviser du jour au lendemain fabricant de composants clés. Comment alors résoudre ce dilemme ; quoiqu'il en soit, il faut que les pays s'organisent de manière à produire eux-mêmes leurs composants clés et que ceux-ci ne soient pas des copies de composants déjà existants car cela entraînerait de surcroît un retard au

niveau technologique. La tendance actuelle est que la fabrication des équipements soit entreprise au sein de groupes disposant eux-mêmes d'unités de fabrication de certains composants clés. Dans ce contexte seulement, la production de composants clés peut se révéler globalement rentable. Tel est le cas par exemple de Thomson-CSF qui fabrique la plupart des tubes clés et dispositifs à semi-conducteurs clés. Ceci constitue le cas le plus favorable, mais pour les autres fabricants, il importe qu'ils trouvent dans leur pays des fabricants de composants ayant la possibilité technologique de produire des composants clés, or l'étroitesse de certains marchés nationaux, tel celui de la France, implique l'organisation de la fabrication des composants clés et une restructuration de l'industrie.

Nous nous trouvons actuellement à une étape cruciale du développement des composants clés et notamment de circuits intégrés. Il semble urgent de prendre des mesures adéquates de façon à ce que l'industrie française des composants clés atteigne ou conserve un niveau international. Dans le cas contraire, l'industrie des matériels professionnels verrait sa position technologique régresser progressivement et deviendrait une industrie importatrice.

D. HALPERN



Station terrienne des télécommunications par satellite avec faisceaux hertziens pour la transmission de programmes de télévision située près de Dakar au Sénégal (Doc. Thomson-CSF).

## Assemblée générale de la S.E.E.

10 JANVIER 1978

Les membres de la S.E.E. ont tenu une assemblée générale ordinaire le 10 janvier dernier à Paris.

Le Président Malavard a rapidement fait le point des activités et des projets de la Société, remerciant tous ceux qui en assurent l'animation, tant au travers des sections techniques et groupes régionaux qu'au niveau de la délégation générale et son personnel. Il a proclamé ensuite le résultat du vote organisé au cours des semaines précédentes en vue du renouvellement annuel d'une partie du Conseil d'administration.

Les candidats proposés par le Bureau ont été tous élus à la quasi unanimité des votants.

Ont été ainsi élus ou reconduits dans leur mandat :

### MEMBRES DU CONSEIL

#### *Pour 3 ans :*

MM. Autruffe Hubert, Ingénieur en chef, Société nationale des chemins de fer français (S.N.C.F.)  
Blanc Lucien, Directeur général Merlin-Gerin Grenoble.  
Carpentier Michel, Directeur technique, Thomson-CSF.  
Courtois Roger, Responsable du Bureau Carrière École nationale supérieure des télécommunications (E.N.S.T.)  
Dayonnet Denis, Président directeur général, Lignes télégraphiques et téléphoniques (L.T.T.)  
Laurent Maurice, Président directeur général Société TRINDEL.  
Le Mezec Jean, Ingénieur en chef des Télécommunications, Adjoint au directeur scientifique du Centre national d'études des télécommunications (C.N.E.T.) Lannion.  
Louvel Henri, Directeur adjoint à la Distribution Électricité de France (E.D.F.)  
Margier Gilbert, Ingénieur général de l'armement.  
Roquefort Henri, Ingénieur. Secrétariat général Commissariat à l'énergie atomique (C.E.A.)

#### *Pour 1 an : 1978*

Besnault Bernard, Chef de travaux, École supérieure d'électricité (E.S.E.)

### COMMISSAIRE AUX COMPTES

#### *Pour 3 ans :*

M. Porey Michel, Directeur du département Alsthom-Savoisienne, Alsthom-Unelec.

Conformément aux statuts, le Président Malavard, arrivé au terme de son mandat, passait ensuite ses pouvoirs au Premier vice-président Jean Feron dont il retraça rapidement la longue carrière à Électricité de France jusqu'au poste de Directeur de la Production et du Transport qu'il occupe actuellement.

Aux applaudissements de l'assemblée, le nouveau président se fit d'abord l'interprète de tous pour rendre hommage au Professeur Malavard et à l'efficacité souriante avec laquelle il avait assumé sa fonction. Puis il prononça lui-même la conférence technique traditionnellement attachée à cette assemblée générale.

Le thème qu'il avait choisi : "L'exploitation et les courants faibles", reflétait, à la fois, l'expérience acquise au fil de ses responsabilités à E.D.F. et la symbiose d'ores et déjà accomplie à la S.E.E. entre "courants forts" et "courants faibles", les deux grands domaines de l'électricité.

Le texte de cette conférence sera reproduit *in extenso* : dans la *Revue Générale d'Électricité*.

## 3e Forum mondial des télécommunications

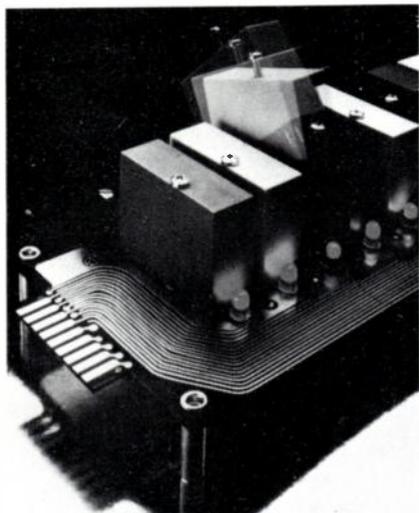
GENÈVE 23-26 SEPTEMBRE 1979

Le 3e Forum Mondial des Télécommunications aura lieu à Genève du 23 au 26 septembre 1979, dans le cadre de la manifestation quadriennale de l'Union Internationale des Télécommunications, Télécom 79. Ce forum, en réalité congrès international à caractère technique et scientifique, aura pour thème général "l'Intégration du Réseau Mondial des Télécommunications". La date de clôture pour les propositions de communication a été fixée au 30 septembre 1978.

**Renseignements et envoi des résumés :** M. W.G. Wolter : Forum Mondial des Télécommunications. U.I.T.; Place des Nations. CH 1211 Genève 20 (Suisse).

# I.S.C. FRANCE

## présente



### INTERFACE POUR MICROPROCESSEURS

On sait que les relais statiques constituent l'une des meilleures interfaces pour les microprocesseurs dont le coût exige une protection quasi absolue. Malheureusement, jusqu'à ce jour, les utilisateurs en étaient réduits à concevoir et construire eux-mêmes leur système. Grâce au 1/O SYSTEM de OPTO 22, ce problème agaçant est maintenant résolu.

— Dimension réduite : il ne mesure que 9 x 6 x 36 cm, et cependant il contient 16 modules, les diodes, les résistances et les fusibles.  
— Emploi facile : les sorties vers le microprocesseur se font par connecteur, vers l'extérieur par bornes. Les diodes électroluminescentes, les résistances de charges et les fusibles sont d'accès immédiat. Les modules sont enfichés et peuvent être remplacés à l'aide d'un simple tournevis.

- Fiabilité garantie
- isolement optique de 1 500 V ou 2 500 V
- Résine époxy thermoconductrice
- Très grande immunité au bruit
- Huit types de modules : Entrée AC ou DC  
Sortie AC ou DC  
+ 5 V ou + 15 V

311

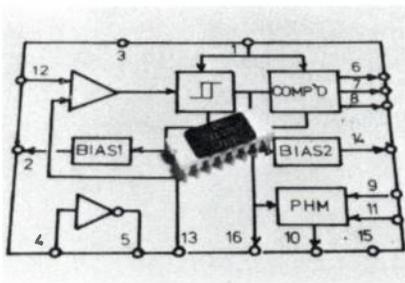
### DARLINGTON DE PUISSANCE

KERTRON est sans aucun doute le fabricant de semiconducteurs qui propose la gamme la plus étendue de transistors darlington de puissance en boîtiers métalliques.

KERTRON propose des Darlingtons NPN et PNP avec un gain garanti supérieur à 1 000 ou à 2 500 selon les modèles de 0,5 à 30 ampères en Ic et de 60 à 210 volts en Vcb. Les boîtiers disponibles vont du T05 au T063 en passant par le T066 et le T03.

La qualité des produits KERTRON n'est plus à démontrer, l'homologation de l'usine de Riviera Beach aux normes MIL ayant été obtenue en 1974.

312



### MODULATEUR/ DEMODULATEUR DELTA

Après le FX 209 qui a été le premier circuit intégré monolithique P-MOS modulateur/démulateur delta en production de série, CML présente le FX 309. (C-MOS)

Ce circuit a été développé pour répondre à la demande croissante dans le domaine de la digitalisation des communications vocales.

Les circuits de compression digitale permettent d'avoir un signal d'entrée à dynamique large et d'assurer une faible distorsion du fait de la surcharge de pente et de la quantification. La construction particulière du FX 309 lui permet d'assurer un très faible niveau de bruit à blanc d'où il découle un excellent rapport signal/bruit. On peut même en prenant certaines précautions arriver à transmettre des tensions continues (fréquence nulle) ce qui permet l'utilisation du circuit en instrumentation et en téléométrie.

Les FX 209 et FX 309 peuvent être utilisés en codeur ou décodeur dans la bande audiofréquence, en convertisseurs A/D, D/A pour les télécommunications et les systèmes de sécurité.

309



### TRANSISTORS TRES HAUTE TENSION

DELCO ELECTRONICS propose les DTS 802 et DTS 804. Leurs excellentes caractéristiques de puissance les rendent particulièrement aptes à toutes les applications de commutation de puissance à haute fréquence telles que la commande de déflexion horizontale en télévision ou les alimentations stabilisées à découpage.

Il faut également souligner que la tension Max Vceo (sus) avec une charge Ic de 1 Ampère et une inductivité de 10 millihenry est de 750 V pour le DTS 802 et 800 V pour le DTS 804. Par ailleurs, le temps de descente (tf) est de 1 microseconde au maximum.

310



### CLAVIER TELEPHONE A MEMOIRE

TELARIS vient d'achever la mise au point d'un circuit intégré spécial qui permet la réalisation de claviers à mémoire pour téléphone à cadrans rotatifs.

Directement interchangeable avec les cadrans classiques, ces claviers DK 101 et DK 110 enregistrent le numéro appelé qui peut comporter jusqu'à 24 chiffres. Ensuite, les impulsions sont envoyées au fur et à mesure selon le standard CCITT. La consommation extrêmement réduite est compatible avec les normes PTT et l'alimentation peut être interrompue pendant 15 minutes sans que les informations en mémoire soient perdues.

313

## en rappel

HUGHES : condensateurs tantale gélifié aux normes CECC et FQPL CET 44. 314

GOWANDA : selfs de choc miniatures moulées ou bobinées 0,10 à 270 microhenry. 315

DELCO : amplificateur intégré 22 watts entièrement protégé en boîtier DIL à radiateur incorporé : DA 101. 316

ASPO : réseaux de résistances SIL - 2 % et 20 % - 8 et 10 broches - 1,5 W - 100 ppm - - 40 + 125 °C. 317

BINDER : connecteur rond subminiature 711 - existe en 2, 3, 4 et 5 contacts - diamètre HT : 11 mm. 318

ELTEC : résistances de très forte valeur ohmique tenant à 200 V DC et de - 270 °C à + 200 °C. 319

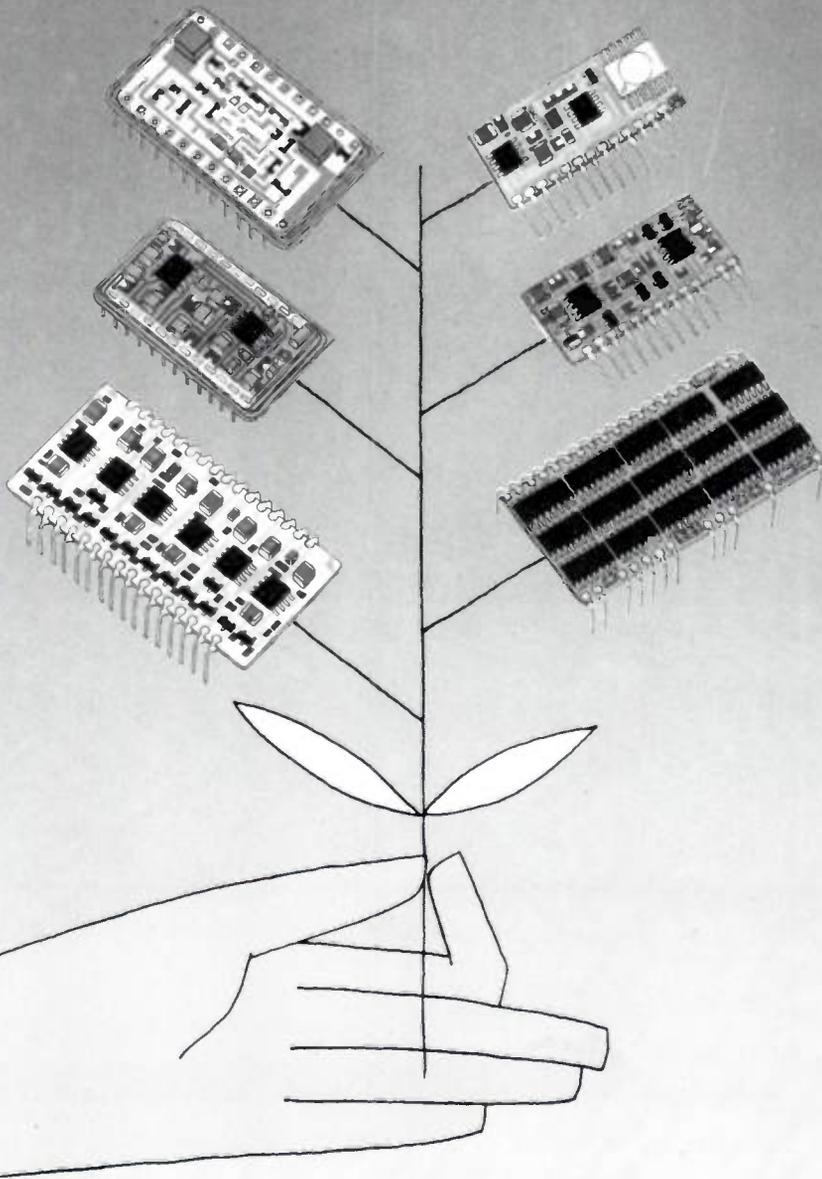
KERTRON : vient de publier un nouveau catalogue de ses transistors de puissance disponible sur demande. 320

27 RUE YVES KERMEN - 92100 BOULOGNE - TELEX : 250030- TEL. : 604 52 75 +

# La fine fleur des circuits hybrides

- Circuits multicouches et double face
  - Filières puces et refusion
- Boîtiers métalliques ou plastiques et fluidisation

Une production française de filtres et de tous circuits complexes à la demande



218, rue du Faubourg St-Martin 75010 Paris tél : 202 53 20 télex 220169 F

RAPY

**SALON DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES**  
Bâtiment 1 - Allée 5 - Stand 71

Service Lecteur : inscrivez le n° 321.



# S/N + NPR

## RK-50 6 kHz-12.5 MHz

- ◆ PEU COUTEURS, MANIABLE ET TRES COMPACT
- ◆ TEST ET SURVEILLANCE DES SYSTEMES JUSQU'A 2.700 VOIES (12,5 MHz)
- ◆ CONFORME AUX RECOMMANDATIONS "CCITT", "CCIR" ET "INTELSAT".

S/T/H

### GÉNÉRATEUR

- 3 Emplacements pour filtres limiteurs de bande
- 6 Emplacements pour filtres éliminateurs de bande
- Correction automatique de l'affaiblissement des filtres éliminateurs de bande.

### RÉCEPTEUR

- 6 Emplacements pour tiroirs convertisseurs de fréquence.
- Faible bruit propre  $\leq 126$  dBmp.
- Indication directe du rapport signal sur bruit, de la puissance de bruit psophométré en dBmop et en pWp et du rapport de densité de bruit (NPR) en dB.
- Échelle linéaire en dB de 30 dB.



## Wandel & Goltermann France

APPAREILS DE MESURE ÉLECTRONIQUES

SOGARIS 156 — 94534 RUNGIS CÉDEX  
Tél : 687. 32. 70 — Télex : 260 006 W & GF



# INFORMATIONS GÉNÉRALES

L'**AOIP** va implanter à Toulouse (F) un centre d'études spécialisé dans le domaine des composants électroniques et de la téléphonie privée.

La **Commission Électrotechnique Internationale** a publié les premières normes internationales relatives aux équipements biomédicaux. Le document afférent à ces normes porte la référence 601-1ère partie.

Un accord a été conclu entre les sociétés **Lucas France SA**, du groupe britannique Lucas, et **DBA (Ducellier-Bendix-Air Equipement)**, du groupe américain Bendix, pour l'augmentation de 49 à 100 % de la participation de Lucas dans la firme **Ducellier et Compagnie**. Ces sociétés sont spécialisées dans l'équipement électrique et électronique pour l'automobile. Lucas France emploie 4 300 personnes et a réalisé un chiffre d'affaires de 680 MF en 1977 ; Ducellier et Cie compte 7 000 employés et son chiffre d'affaires a été de 782 MF en 1977.

Le groupe britannique EMI a constitué une nouvelle filiale en Grande-Bretagne sous le nom de **EMI Industrial Electronics Ltd** (Astronaut House, Feltham, Middlesex) qui sera chargée de la coordination des activités en électronique industrielle.

Au cours du premier semestre de l'année fiscale 1977 close au 31 mars 1978, **Fujitsu Ltd** a réalisé un chiffre d'affaires de 699,17 M\$ (+ 16 %) et un bénéfice net de 14,8 M\$ (+ 19,8 %). La ventilation du chiffre d'affaires est la suivante (en M\$) :

- équipements de commutation téléphonique : 69,12 ;
- équipements pour radio-communications : 92,86 ;
- traitement de l'information : 499,92 ;
- composants : 37,27.

En 1977, **IBM** a réalisé un chiffre d'affaires de 18,13 milliards de \$ (+ 11 %) et un bénéfice net de 2,71 milliards de \$ (+ 13,4 %).

En 1977, le groupe **La Radiotechnique** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 3 070 MF (+ 15,9 %). Pour sa part, la



Usine Motorola à Toulouse (Doc. Dieuzaide).

société **La Radiotechnique** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxes de 1 627 MF (+ 19,2 %).

**Medtronic Inc (USA)** a constitué en France une filiale industrielle au capital de 2 MF sous le nom de **Medtronic Fabrications SA** (120, avenue Charles de Gaulle, 92200 Neuilly sur Seine). Rappelons que cette création s'inscrit dans le cadre d'une implantation d'une usine de fabrication de matériels biomédicaux et de stimulateurs cardiaques à Fourmies dans le Nord. Medtronic disposait déjà d'une filiale commerciale en France.

Au cours du premier semestre de l'année fiscale 1977 close au 31 mars 1978, la **Nippon Electric Company** a réalisé un chiffre d'affaires de 967,19 M\$ (+ 9,6 %) et un bénéfice net de 15,5 M\$ (+ 21,2 %). La ventilation du chiffre d'affaires est la suivante (en M\$) :

- équipements pour télécommunications par courants porteurs : 282,97 ;
- équipements pour télécommunications hertziennes : 179,57 ;
- équipements électroniques : 226,19 ;
- dispositifs électroniques : 206,88 ;
- électronique domestique : 71,58.

La **Nippon Hamlin Inc** introduit sur le marché sous la référence VP 100, un appareil permettant de reproduire sur papier des images vidéo en provenance de magnétoscope, de circuits de télévision, d'équipements biomédicaux, etc. Le VP 100 a été développé en collaboration avec Seiksha.

Au cours du premier semestre de l'année fiscale 1977, close au 31 mars 1978, **Oki Electric** a réalisé un chiffre d'affaires de 222,34 M\$ (+ 0,8 %) et une perte nette de 1,52 M\$. La ventilation du chiffre d'affaires est la suivante en M\$ :

- commutation téléphonique et postes téléphoniques : 66,4 ;
- équipements de transmission et équipements radio : 19,98 ;
- équipements pour le contrôle : 12,38 ;
- machines de bureau et machines commerciales : 79,3 ;
- composants : 15,62 ;
- construction et maintenance : 25,19 ;
- autres : 4,47.

Le prochain «Annuaire des Participations Étrangères en France» paraîtra au cours du deuxième trimestre de 1978 (Opéra Mundi Editions : 100, avenue Raymond Poincaré, 75784 Paris cédex 16, tél. 553.34.21).



# TÉLÉCOMMUNICATIONS

## DANS LES USINES

La société **Ampex** va investir 5 M\$ pour l'accroissement de la capacité de production de son usine de fabrication de bandes magnétiques vidéo, située à Opelika en Alabama.

La société **Graphic Sciences**, du groupe Burroughs, a introduit sous la référence «DEX 5100» un télécopieur permettant de

reproduire une page de 11" de hauteur en 20 secondes et utilisant une ligne téléphonique ordinaire. Le prix de cet équipement à compression de données est de 12 000 \$.

La **Nippon Electric Company** s'apprête à commercialiser pour l'été 1978, des magnétoscopes de qualité radiodiffusion, à bande de 1" et à balayage hélicoïdal non segmenté de type C.

La **Nippon Electric Company** introduit deux modems rapides conformes aux recom-

mandations du CCITT et équipés de circuits intégrés complexes. Ces équipements portent les références DATA-LSI 9 600 A (9 600 bauds) et DATA-LSI 4 800 A (4 800 bauds) et comportent un mesureur de taux d'erreur.

**RCA** a présenté une caméra couleur à dispositifs de prise de vue à transfert de charge. Cette caméra ne pèse que 1,95 kg.

La **SECRE** va implanter à Soissons (France) une usine de fabrication pour le télécopieur modèle S-360.

## COMMANDES ET CONTRATS

Le Gouvernement de la Corée du Sud a octroyé un contrat d'un montant de 4 000 MF belges à la **Bell Telephone Manufacturing**, filiale belge de l'ITT, pour la fourniture de systèmes de commutation téléphonique Metaconta. Le contrat prévoit la fourniture de 0,1 M de lignes et la création d'une société d'État Sud coréenne, la Korea Telecommunications Ltd, pour la prise en charge progressive de la production de matériels Metaconta. Rappelons, en effet, que la Corée du Sud doit installer 2 M de lignes équivalentes au cours des sept prochaines années.

**Bosch-Fernseh** a fourni à la société française de téléproduction Promovision, une caméra couleur du modèle KCN 92, un magnétoscope portable à bande de 1" modèle BCN 20 et une unité électronique de traitement du signal.

La République des Comores a octroyé un contrat à la société britannique **Cables and Wireless** pour le développement des télécommunications dans ce pays.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat d'un montant de 0,12 M £ à la firme britannique **Cambridge Consultants Ltd** pour la mise au point d'un système d'interpolation numérique de la voie, destiné à la station terrienne de télécommunications par satellite de Goonhilly, qui fonctionne en Accès Multiple par Répartition dans le Temps.

La **CIT-Alcatel** fournira aux PTT français des systèmes centralisés de mesures de lignes d'abonnés, modèle MESCLA destinés à la surveillance de centraux téléphoniques électromécaniques.

Le Naval Electronic Systems Command a octroyé un contrat d'un montant de 6,228 M \$ à **E-Systems** pour la fourniture d'équipements terminaux de télécommunications par satellite, modèle AN/WSC 3 (Whiskey-3) et également de versions transhorizon de ces équipements terminaux.

La division Memcor de **E-Systems Inc** fournira à l'Armée américaine 786 radiotélé-imprimeurs à modem incorporé modèle MD 522/GRC. Le montant de la commande s'établit à 1,5 M \$.

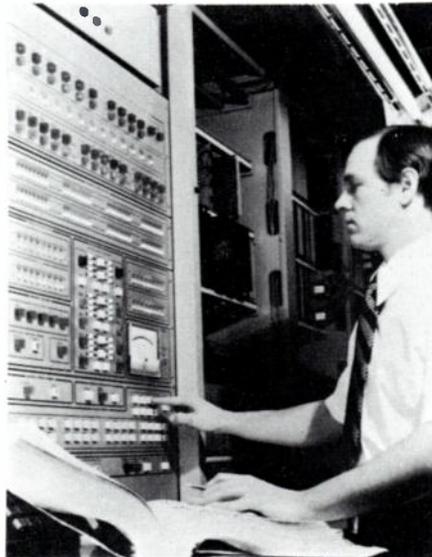
Le Commonwealth of Kentucky a octroyé un contrat d'un montant de 3,7 M \$ à **Farion Corporation**, pour la fourniture d'équipements hyperfréquence de transmission de programmes de radiodiffusion et de télévision. Ces équipements doivent faire partie du système baptisé Kentucky Early Warning System.

Dans le cadre de l'important contrat de télécommunication enlevé par Philips et LM Ericsson en Arabie Saoudite (cf. OE janv. 78, p. 16), la société **Felten und Guillaume**, filiale allemande de Philips, fournira à l'Arabie Saoudite pour 30 M de DM de câbles téléphoniques.

Le Post Office britannique a octroyé un contrat d'un montant supérieur à 4 M £ à la société **GEC Telecommunications** pour la

fourniture de postes téléphoniques à clavier équipés de circuits intégrés spécifiques MOS.

**GTE** fournira à la Puerto Rico Communications Authority (Porto Rico), un système de commutation électronique modèle EAX 3 destiné à équiper un centre interurbain. Cet équipement aura une capacité de 3 000 terminaisons. Le montant de la commande s'établit à 2,2 M \$.



*Le tableau de contrôle d'un système semblable au N° 3 EAX, qui sera le premier matériel numérique à être utilisé en Amérique Latine pour un réseau de communications interurbaines.* (Doc. GTE)

**GTE Lenkurt** fournira au Commonwealth of Kentucky des équipements multiplex totalisant 2 300 canaux et les équipements de signalisation et de terminaison associés pour un montant de 2,1 M \$. Ces équipements sont destinés au « Kentucky Emergency and Warning System ».

Le Satellite Business System a octroyé un contrat d'un montant de 50 M \$ à **Hughes Aircraft** pour la fourniture à partir de 1980 de 3 satellites de télécommunications (12-14 GHz, 10 canaux à 43 MHz, stabilisation par rotation).

L'ITT installera pour le compte de la Commonwealth Telephone Company, une liaison aérienne par fibres optiques destinée à relier deux centraux téléphoniques (45 M bits/s, 672 voies, 20 km, plusieurs répéteurs aériens).

L'US Army Electronics Command a octroyé un contrat à la division Defense Communications de l'ITT pour le développement d'un système de transmission par fibres optiques à longue distance. La commande inclut la fourniture de deux modems optiques, de 7 répéteurs, d'un câble de 10 km de long, d'un équipement de réparation, d'un système de test optique et de sept simulateurs de câbles optiques de 8 km de long. Selon les termes du contrat, l'ITT aura à démontrer la faisabilité d'un système de transmission par fibres optiques selon deux configurations :

- 8 km sans répéteur (débit 18,7 M bits/s)
- 64 km avec répéteur en utilisant la section précédente et les sept simulateurs de câbles optiques (débit : 2,3 M bits/s).

**LM Ericsson** fournira à la Guinée Bissau 12 centraux téléphoniques crossbar et 5 000 postes téléphoniques pour un montant de 7 M \$.

**LM Ericsson** fournira à la compagnie exploitante de téléphones du Jutland au Danemark, un second central AXE en version temporelle et qui sera installé à Kolding.

La CNTE, Administration des télécommunications d'Espagne, a octroyé un contrat à la société **LM Ericsson** pour la fourniture d'un système de commutation AXE en version spatio-temporelle qui sera installé à Madrid.

L'Administration des téléphones de Bogota, en Colombie, a octroyé un contrat d'un montant de 17 M \$ à **LM Ericsson** pour la fourniture d'équipements de commutation téléphonique dont 8 autocommutateurs du type crossbar. Rappelons que le groupe suédois a déjà fourni des équipements de commutation à la Colombie, totalisant environ 1 M de lignes d'abonnés.

**LM Ericsson** fournira à l'Emirat d'Oman pour un montant de 42 MF, des équipements téléphoniques destinés à l'extension du réseau téléphonique actuel qui avait déjà été installé par le groupe suédois.

Le Ministère de la Défense britannique a octroyé un contrat d'un montant de 4 M £ à **Marconi-Elliott Avionic Systems** pour la fourniture de 54 systèmes de traitement et d'affichage de données en provenance de bouées acoustiques, LAPADS (Lightweight Acoustic Processing and Display System). Ces équipements destinés à être hélicoptés permettent la détection et l'identification de sous-marins ennemis. Notons que la Royal Navy prévoit d'acquérir environ 100 systèmes LAPADS.

**Motorola** installera dans l'île de Guernesey, un système public de recherche de personnes qui sera relié au réseau téléphonique de l'île. Ce système comportera deux émetteurs, des équipements terminaux Metro S et il pourra desservir 1 000 abonnés environ munis de récepteurs Pageboy II.

La firme norvégienne **NERA A.S.**, du groupe Elektrisk Bureau, installera au Sierra Leone un faisceau hertzien à 960 voies. Ces équipements sont destinés à relier ce pays au Libéria et à la Nouvelle Guinée dans le cadre du réseau pan africain de télécommunications, Panafitel. Le montant de ce contrat s'établit à 4 M \$.

L'Administration des Télécommunications de Grèce a octroyé un contrat d'un montant de 5,6 M \$ à la **Nippon Electric Company** pour la fourniture et l'installation d'un centre de transit international d'une capacité de 2000 circuits. Rappelons que la société japonaise avait déjà obtenu, l'année dernière, une commande des autorités grecques de 4 centraux télex NEDIX 510 A.

La **Nippon Electric Company** a fourni à l'exploitant de téléphones américain Waunakee Telephone Company, un autocommutateur à commande par programme

enregistré, modèle ND 20 B de 2 900 lignes de capacité. Le coût de la fourniture et de l'installation de cet équipement est voisin de 1 M\$. Cet autocommutateur, qui est le premier fourni par une firme japonaise à une compagnie indépendante de téléphone, est équipé de l'option LAMA (Local Automatic Message Accounting).

La **Nippon Electric Company** fournira à l'Australie une station terrestre de télécommunications par satellite équipée d'une antenne de 32 m de diamètre. Cette station fera partie du réseau Intelsat.

La Libye a octroyé un contrat d'un montant de 38,8 M\$ à la **Nippon Electric Company** et à **Fujitsu Ltd** pour la fourniture et l'installation d'un câble sous-marin destiné à relier Tripoli à Bengazi (700 km ; câble coaxial de 1,5" modèle CS-36 M-D3, capacité : 2 700 circuits ou 900 conversations téléphoniques plus un programme de télévision ; 125 répéteurs). C'est la première fois que la fourniture et l'installation d'un câble sous-marin en mer Méditerranée est confiée à des sociétés japonaises.

Le Nigéria a octroyé un contrat d'un montant de 17 M\$ et d'une durée de 2 ans à la **Nippon Telecommunications Consulting Company**, pour la surveillance de la mise en place du réseau nigérian de télécommunication et de l'installation d'unités de production, et également pour la conception d'une partie du réseau. Rappelons que le Nigéria a établi un plan de développement des télécommunications nationales pour lequel elle prévoit de consacrer 5 600 M\$ dans l'installation de centraux téléphoniques d'une capacité totale de 0,75 M de lignes, de 2,19 M de lignes téléphoniques et de 1 M de postes téléphoniques.

La Winter Park Telephone Company (Floride) a octroyé un contrat d'un montant de 1,7 M\$ à la **Northern Telecom Inc**, pour la fourniture d'une part, d'un central SP-1 de 4 500 lignes de capacité destiné à la Orange City Telephone Company du groupe Winter Park, et, d'autre part, des équipements d'extensions devant porter à 14 000 lignes la capacité du central SP-1 d'Almonte Spring appartenant également à la Winter Park.

L'Administration des Téléphones de l'île d'Aruba (Antilles Néerlandaises) a octroyé un contrat d'un montant de 37,5 M de florins (≈ 15,6 M\$) à **Philips** pour la fourniture de deux autocommutateurs semi-électroniques PRX et d'un système de transmission MIC. Ces autocommutateurs seront installés à Oranjestad et à San Nicolas et un câble numérique à 360 voies MIC reliera ces deux villes.

La Gulf of Suez Petroleum Company (Égypte) a octroyé un contrat à **Plessey** pour la fourniture d'un système de transmission destiné à relier le Caire à Ras Shukair. Ce système à 24 canaux, sera composé d'un faisceau hertzien à 1,5 GHz et d'une liaison transhorizon équipée d'émetteurs, de 1 kW de puissance et d'antennes paraboliques de 16,5 m de diamètre.

La British Gas Corporation a octroyé un contrat à **Pye Telecommunications Ltd** pour l'extension de son réseau de faisceaux hertziens. Pye fournira des équipements L 300 et L 313 fonctionnant dans la bande de 1,5 GHz et ayant une capacité de 24 canaux.

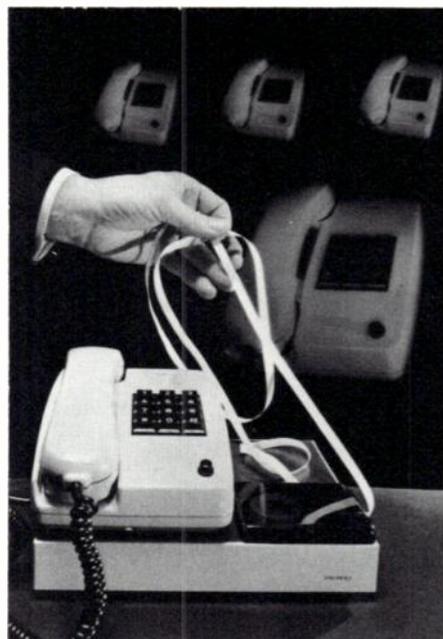
**Racal Milgo** fournira à l'International Clearing House Ltd (GB), 54 modems modèle MPS 48 (4 800 bits/s, synchrone, duplex intégral) pour un montant total de 0,15 M£.

La République de Saint-Domingue a octroyé un contrat d'un montant de 2 M\$ à **RCA** pour l'équipement de la deuxième chaîne de télévision en couleur de ce pays qui appartient à Tele-Antillas Corporation. La commande porte notamment sur la fourniture de 6 caméras TK 760, un télécinéma TK 28, cinq magnétoscopes à cassette HR 1060, des régies, des systèmes de contrôle, et un émetteur TT-15 FL de 15 kW.

L'Argentina 78 Televisora, organisation chargée de la retransmission télévisée des rencontres de football pour les championnats du monde de 1978, a octroyé un contrat d'un montant de 3,3 M\$ à **RCA** pour la fourniture d'équipements d'enregistrement et de reproduction vidéo sur films et sur bande magnétique. La commande porte notamment sur 16 magnétoscopes TR 600 et 4 télécinémas TK 28.

La Television suisse a octroyé un contrat à la firme allemande **Rohde und Schwarz** pour la fourniture de 22 émetteurs de télévision en ondes décimétriques modèle NT 314 (puissance 0,5 ou 1 kW) destinés à remplacer des équipements plus anciens.

L'US Navy Electronic Systems Command a octroyé un contrat d'un montant de 41,5 M\$ à **Sanders Associates** pour la fourniture de 2 modèles d'essai de systèmes d'acquisition de données embarqués sur navire.



*Le nouveau processeur de taxation 101 raccordé à la petite installation téléphonique privée 2-10 electronic imprime en permanence le montant des communications. (Doc. Siemens).*

L'US Air Force a octroyé un contrat d'un montant de 13,5 M\$ à la **Sedco Systems Inc** pour le développement et la fourniture en pré-production d'antennes à pointage électronique destinés à l'avion stratégique B-52.

L'US Air Force a octroyé un contrat d'un montant de 2,5 M\$ à la **Sedco Systems Inc** pour l'étude et la réalisation d'équipements de transmission destinés aux avions EF 111 et EA 6B.

L'Administration des télécommunications de l'Argentine a octroyé un contrat d'un montant de 230 M de DM à **Siemens** pour la fourniture de centraux téléphoniques électromécaniques totalisant 230 000 lignes ou équivalent. En novembre 1977, Siemens avait obtenu une commande analogue portant sur 0,1 M de lignes.

La firme britannique **Nolton Communications Ltd** a acquis la licence de vente exclusive pour la Grande-Bretagne et pour certains pays d'Europe, des équipements de transmission de données de la société américaine **Tele-Dynamics** du groupe **Ambac Industries**. **Nolton** proposera en particulier le modem 7208 de **Tele-Dynamics** qui est conforme à l'avis V 27 du CCITT et permet des transmissions à 4 800 bits/s.

La Compañía Telefonica Nacional de España a octroyé un contrat à **TRT** pour la fourniture de modems **Sematrans** à 9600 bits/s destinés au réseau espagnol de transmission de données à commutation par paquets. Le nombre de modems **Sematrans** à 9600 bits/s commandés par l'Administration espagnole dépasse maintenant 600 unités.

Les PTT français ont octroyé un contrat à la société **TRT** pour la fourniture d'équipements de rapatriement d'alarmes modèle ERATO et des robots de lignes destinés à la surveillance de centraux téléphoniques électromécaniques.

L'Administration des PTT de la côte d'Ivoire a choisi la société **TRT** pour la fourniture de modems **Sematrans** à 9600 bits/s destinés à équiper le réseau ivoirien de transmission de données SYTRAN dont la réalisation a été confiée à la société française **TeleSystèmes**.

En 1978, **TRT** fournira à l'Administration française des PTT, 19 stations principales d'émission de 2 fois 2,2 kw de puissance, destinées au réseau radio d'appel sélectif de personnes Eurosignal. **TRT** a déjà fourni 32 stations analogues aux PTT français.

**TRW Vidar** fournira à l'exploitant de téléphones américain **Eastern Nebraska Telephone Company**, un autocommutateur téléphonique numérique de la classe 4, modèle ITS 4, pour un montant de 0,5 M\$.

L'US Navy a octroyé un contrat d'un montant de 5 M\$ à la division **Norden de United Technologies**, pour la fourniture de radars de navigation destinés à l'avion de contre-mesures électroniques EA-6 B.

L'US Air Force a octroyé un contrat d'un montant de 6,8 M\$ à la **Wilcox Electric**, du groupe Northrop, pour la fourniture de 38 systèmes supplémentaires d'atterrissage aux instruments (ILS). Les équipements commandés sont de la catégorie III.

La Standard Telephone and Cables, filiale britannique d'ITT, a octroyé deux contrats de sous-traitance d'un montant total de 2,3 M\$ à la firme britannique Telephone Cable Ltd. Selon les termes de ces contrats Telephone Cable fournira et installera en Egypte deux câbles totalisant 890 km.

#### VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

Cable and Wireless a fait une offre publique d'achat au comptant sur les actions de la firme américaine **Carterfone Communications Corporation**. Cette offre représente une valeur de 16,25 M\$.

La société les Câbles de Lyon et sa filiale Filotex du groupe CGE, ont constitué une filiale commune dans la région parisienne sous le nom de «**Compagnie Lyonnaise de Transmissions Optiques**».

La firme américaine Comtech Laboratories Inc a changé de raison sociale et est devenue **Comtech Telecommunications Corporation**.

La société américaine **Danray Inc** spécialisée dans la fabrication d'équipements de commutation est devenue filiale de la Northern Telecom Inc où elle sera intégrée sous forme d'une division.

Le fabricant américain d'émetteurs-récepteurs pour services radioélectriques privés (CB en anglais) **Hy-Gain Electronics Corpo-**

**ration** a été déclaré en faillite limitée selon le chapitre XI du code commercial des États-Unis ; 500 personnes seront licenciées. Cette compagnie, comme la plupart des firmes américaines de ce secteur d'activité, avait de plus en plus de difficultés à faire face à la concurrence des pays d'Asie ; en 1977, les pertes avaient été de 24,5 M\$ sur un chiffre d'affaires de 50,3 M\$.

En 1977, la société **LMT**, du groupe Thomson-CSF a réalisé un chiffre d'affaires de 1 765,5 MF (+ 9,3 % à structure égale) dont 1 132,4 MF en commutation téléphonique (+ 12 %) et 271,7 MF à l'exportation.

Au cours de la période de 3 mois close au 31 octobre 1977, **Penril Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 2 829 465 \$ (+ 26,1 %) et un bénéfice net de 225 493 \$ (+ 32,6 %).

Afin de réaliser le projet de télédistribution pour câbles de Vienne (A) qui doit desservir 0,45 M de foyers et représenter un investissement de 140 M\$, la filiale locale de **Philips**, Philips AG et la ville de Vienne ont constitué une société commune d'installation et de pose de câbles dont 95 % du capital est détenu par le groupe néerlandais. Le projet doit débuter en 1979 et être achevé en 1984.

En 1977, la **Standard Telephone and Cables**, filiale britannique de l'ITT, a réalisé en matière de fibres optiques, un chiffre d'affaires de 0,5 M£ et prévoit de porter ce chiffre à 1 M£ en 1978 et à 3 M£ en 1979. Rappelons que cette société a ouvert son unité de communications optiques en novembre 1976 et que le marché mondial des fibres est estimé à 100 M£ pour 1980.

La SàRL **Télé câble** au capital de 20 000 F vient d'être constituée dans la région pari-

sienne (2, rue Galliéni, 92240 Malakoff). Son activité concerne la transmission de l'information par câble ou par support optique.

#### DIVERS

La firme américaine **HC Electronics Inc**, du groupe American Hospital Supply Corporation, a présenté un système de synthèse de la parole destiné aux muets et baptisé «Phonic Mirror -Handi Voice». Ce système se tient dans la main et est entièrement autonome. Il synthétise 45 phonèmes anglais et simule de manière intelligible la voix humaine. Cet appareil utilise le système de synthèse développé par la division Votrax de la Federal Screw Works.

La Cour Suprême des États-Unis a autorisé la firme américaine **MCI** à développer sans limite sur le territoire américain son service de télécommunications d'affaires à longue distance (transmission de données, téléphonie) baptisé Execunet. Par ce jugement, la Cour Suprême met un terme au quasi-monopole qu'exerce aux États-Unis, l'ATT en matière de téléphonie.

La société française **OPTION** (Chemin de Malacher, 38240 Meylan) a réalisé une étude sur les fibres optiques dont voici les principaux chapitres : principes de fonctionnement, État de l'art, Marché, caractéristiques des produits actuellement disponibles sur le marché.

L'Australie a procédé à un essai de transmission sur fibres optiques sur une longueur de 2,3 km. Ce système a été expérimenté par le Ministère de la Défense de ce pays. La fibre a été conjointement réalisée par Amalgamated Wireless et Olex Cables Ltd.

#### DANS LES USINES

**AMI** a introduit sous la référence S 200, un nouveau microordinateur à 4 bits en un seul boîtier comportant notamment une mémoire morte de 1 K mot de 8 bits, une mémoire vive de 64 mots de 4 bits, un système d'entrée-sortie à 13 sorties, 8 entrées et 8 voies bidirectionnelles. Ce dispositif fonctionne soit avec une tension de 9 V, soit avec deux tensions (+ 5 et + 9 V) ; son répertoire comporte 51 instructions.

**Corning Glass** va commencer en septembre 1978 la production de masse de fibres optiques à l'usine de Wilmington (New Connecticut, USA) qui sera transformée à cette fin. Rappelons que le groupe américain dispose déjà depuis le début de 1977, d'une unité pilote à Corning (New York, USA).

**Dionics** a acquis la licence exclusive de fabrication des circuits intégrés de la divi-

sion Microcircuits de la firme américaine Stewart Warner Corporation. Cette division produit notamment des circuits intégrés complexes spécifiques.

La société allemande **Eurosil GmbH** a présenté, sous la référence e 1154, un circuit intégré pour montre électronique utilisant un quartz à 4 MHz plus stable, moins volumineux et moins coûteux que les quarts à 32 kHz actuellement utilisés.

**General Instrument Corporation** introduira à la fin de l'année 1978, sous la référence RO-39365 C, une mémoire morte de 64 K bits (MOS à canal N, temps moyen d'accès : 350 ns).

**Hitachi Ltd** porte actuellement sa production de circuits intégrés mémoires à 0,3 M d'unités par mois. Rappelons que 60 % environ des mémoires produites par Hitachi sont exportées.

Le Musashino Electrical Communications Laboratory de la **Nippon Telegraph and**

## COMPOSANTS

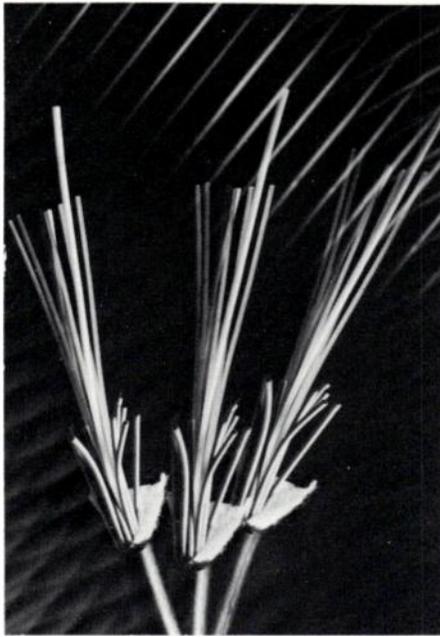
**Telephone Public Corporation (NTT)** dispose maintenant d'une unité de fabrication de monocristaux de silicium permettant la réalisation de monocristaux de 8" de diamètre. Cette unité conçue par la NTT a été construite par la Kokusai Electric.

**Philips** entreprend la construction à Taïwan d'une unité de fabrication de tubes-image couleur de 36 et 44 cm de diagonale dont la capacité de production sera de 0,9 M de tubes par an. Cette usine entrera en activité à la fin de 1978.

Un accord croisé de licence en matière de dispositifs à semi-conducteurs a été conclu entre **Sanyo** et **Fairchild**.

La société japonaise **Toko Inc** commencera dans le courant de l'été, la production de masse des mémoires vives dynamiques à 16 K bits, modèle 4116.

La cadence initiale de production sera de 50 000 circuits par mois. Ces mémoires seront produites en seconde source de Mos-tek.



(Doc. Thomson).

**Thomson-CSF** a réalisé un câble à fibres optiques de 1 000 m de long. Ce câble est équipé de 8 fibres en verre à gradient d'indice et présente une atténuation linéique de 5,5 dB/km pour une longueur d'onde de 850 nm.

#### COMMANDES ET CONTRATS

**AMI** a présenté sous la référence S 4264, une mémoire morte statique de 64 mots de capacité réalisée en technologie MOS-V (MOS Vertical). Présentée en boîtier DIL à 24 broches, cette mémoire occupe une surface de semiconducteur de 19,4 mm<sup>2</sup>.

La société des Avions Marcel Dassault a octroyé un contrat d'un montant de 0,45 MF à **EMI-Technology** pour la fourniture de 60 capteurs de pression, modèles SE 40 et 42.

**Fairchild Camera and Instruments** fournira à Volkswagen des modules électroniques destinés à l'allumage des automobiles. Ces modules équiperont les modèles de 1979 de Volkswagen.

L'Agence Spatiale Européenne a octroyé un contrat à **Marconi Space and Defence Systems** pour le développement d'un oscillateur local à 17,55 GHz utilisant une boucle à verrouillage de phase par échantillonnage. Ces oscillateurs sont destinés à équiper des répéteurs embarqués fonctionnant en ondes millimétriques.

L'Agence Spatiale Européenne a octroyé un contrat à **Marconi Space and Defence Systems** pour le développement de logiciels et la définition de techniques expérimentales et de mesures visant à la mise au point de multiplexeurs à deux modes fonctionnant dans les bandes C (4-8 GHz) et Ku (15 GHz) et destinés à être embarqués sur satellite. Ces multiplexeurs doivent permettre une simplification des répéteurs et une réduction du nombre d'antennes nécessaires aux transmissions.

La COMSAT a octroyé un contrat d'un montant de 0,14 M\$ à **Microwave Semi-**

**conductor** pour le développement et la production de transistor hyperfréquence à effet de champ et à l'arséniure de gallium destinés à équiper les étages de sortie de puissance des satellites de télécommunications fonctionnant dans la bande 3,7-4,2 GHz.

**Racal-Redac** fournira à la société norvégienne Kongsberg Vapenfabrikk AS, un système de conception de circuits imprimés assistée par ordinateur, Redac Maxi. La firme norvégienne dispose depuis 1970 d'un système Redac.

La société yougoslave IE AVALA a octroyé à **Tekelec-Airtronic** un contrat pour l'étude et la réalisation d'une chaîne complète de fabrication de condensateurs au tantale solide d'une capacité totale de 6 M de pièces par an.

**Varian Associates** fournira à la division Electromagnetic System de la Raytheon Company des tubes miniatures à ondes progressives pour un montant de 4 M\$.

**YIG-TEK** fournira à Raytheon Company des composants hyperfréquence à YIG destiné au système militaire Design To-Price. Le montant de la commande s'établit à 1,6 M\$.

#### VIE DES SOCIÉTÉS ET RÉSULTATS FINANCIERS

La société canadienne d'équipements de production pour circuits imprimés **Electrovert** a constitué deux filiales en Europe :

Electrovert Europe SàRL : 11, rue de la Boétie, 75008 Paris

Electrovert Germany GmbH : Rothenbaumchaussée 140, 2000 Hamburg (D. Fédérale).

La firme britannique Ferranti vient de procéder à l'achat de la société américaine **Interdesign, Inc** spécialisée dans la fabrication de circuits intégrés linéaires à la demande et qui avait introduit le circuit «Monochip». En 1977, Interdesign a réalisé un chiffre d'affaires voisin de 5 M\$.

La firme japonaise **OKI Electric** va implanter aux Etats-Unis une filiale industrielle de fabrication de circuits intégrés. Rappelons qu'OKI dispose déjà dans ce pays de deux filiales industrielles spécialisées en commutation téléphonique et en informatique.

En 1977, **RTC La Radiotechnique Compelec** a réalisé un chiffre d'affaires hors taxe de 1 622 MF (+ 15,6 %).

Le groupe britannique Lucas a acquis 25 % du capital de **Siliconix**. Au total Lucas a acheté pour 6,1 M\$ d'actions Siliconix.

Honeywell a racheté la société américaine **Synertek** spécialisée dans la fabrication de circuits intégrés logiques (mémoires, microprocesseurs, circuits spécifiques). Le montant de la transaction est de 25 M\$ ; cette opération s'est effectuée par le rachat des 20 % du capital que détenait Unitrode et des 14 % du capital qui étaient en possession de chacune des firmes suivantes : American

Telecommunications, Bulova et General Automation. Rappelons que Synertek prévoit de réaliser pour l'exercice en cours, un chiffre d'affaires voisin de 32 M\$.

Pulse Engineering Inc, du groupe Varian Associates, a mis en place une filiale commerciale à Hong-Kong sous le nom de **Varian Pacific Inc**.

Dynamics Corporation of America a acquis 5 % du capital de **Vitramon**. Auparavant, Dynamics avait pris le contrôle d'un autre fabricant de composant Erie Technological.

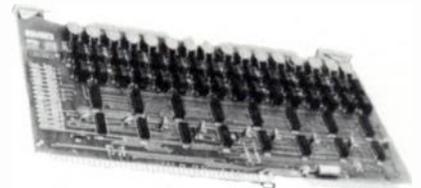


Dispositif d'affichage à cristal liquide pour montres numériques (Doc. Siemens).

#### PRODUITS RÉCENTS

**Erratum** : (cf OE, N° 1, Vol. 58, 1978, p. 19, 1<sup>ère</sup> colonne)

**Mann Components** : résistance de haute précision (5Ω à 400kΩ ; coefficient de température : 3 ppm ; tolérance : 1 à 0,01 % ; 250 et 350 mW) série MX 100, 125 et 250.



**Burr-Brown** : cartes de sorties pour microordinateurs INTEL SBC 80 et Inteltec MDC, à 16 ou 32 sorties numériques et délivrant une puissance de sortie pouvant atteindre 10 W, modèles MP 801 et 802. [3321]

**Datel** : convertisseur monolithique tension-fréquence (10 à 100 kHz) modèle VFQ-1. [3322]

**Elesta** : relais statiques à triac (10 à 25 A ; 240 V ; commande par tensions continues de 3 à 30 V ou alternative de 10 à 240 V), modèles SSR 109, 209, 309 et 409. [3323]

**English Electric Valve** : amplificateur de puissance hyperfréquence à tubes à ondes progressives (140 W ; 14-14,5 GHz), modèle N 4178. [3324]



**ENI** : amplificateur linéaire (10-500 kHz ; 400 W ; gain : 55 dB) modèle 1040 L. [3325]

**Hughes Microelectronics** : circuit intégré de décodage et de commande pour dispositifs d'affichage à cristaux liquides, modèle HLCD 0024. [3326]

– Circuit synthétiseur de fréquence programmable modèle HCTR 0320. [3327]

**IEE** : bouton-poussoir lumineux pouvant afficher 12 messages différents modèle Promoswitch. [3328]

**LCC** : condensateurs-filtres de traversée en céramique modèles FCF 200 (filtre passe-bas

en  $\pi$ , haute fréquence) et DT 3900 (5-1 800 pF). [3329]

– Noyau de ferrite en u pour la réalisation de transformateurs à haute fréquence modèle LUTV 35 x 23 x 11 mm. [3330]

**Micro Networks** : échantillonneur-bloqueur multiplexé (16 canaux unipolaires ou 8 canaux différentiels) modèle MN 7130. [3331]

– Amplificateur d'instrumentation à hautes performances et à gain réglable jusqu'à 1 000 par décade, modèle MN 2200. [3332]

– Convertisseur analogique-numérique à 8 bits à sortie à 3 états modèle MN 5150. [3333]

**Probe-Rite** : appareil pour le contrôle des systèmes de marquage pour composants électronique modèle PU 20. [3334]

**RTC La Radiotechnique Compelec** : circuit intégré d'interface aux normes BUS-IEC ou IEEE pour instrumentation modèle HEF 4738 V. [3335]

**SGS-Ates** : transistor NPN haute fréquence pour usage général (jusqu'à 1,5 GHz ; 200 mW ; gain en courant continu : 80) modèle BFR 90. [3336]

**Serelec** : alimentation variable de laboratoire (30-300 V ; 0-500 mA). [3337]

– Alimentation variable de laboratoire (10-100 V ; 0-1 A). [3338]

**Siemens** : circuit intégré pour la synthèse de fréquences multiples jusqu'à 800 MHz, modèle S 187. [3339]

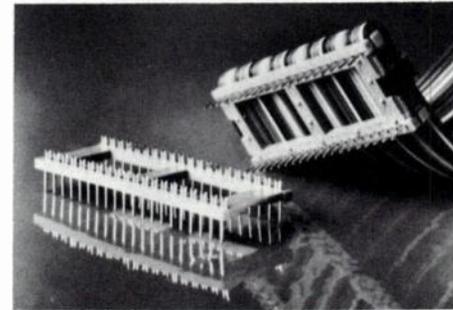
**Texas Instruments** : circuits intégrés pour la commande de dispositifs d'affichage à plasma modèles SN 75426 et 75427. [3340]

– Circuits intégrés récepteurs de ligne à 8 canaux compatibles IBM 360-370 modèles SN 75128 et 75129. [3341]

– Circuits intégrés émetteurs-récepteurs en octal pour lignes Bus modèles SN 54 LS 245 et 74 LS 245. [3342]

– Circuits intégrés à 8 bascules de type D à déclenchement par niveau avec mode transparent modèles SN 54 LS 373 et 74 LS 373. [3343]

– Circuits intégrés à 8 bascules de type D à déclenchement par front modèles SN 54 LS 374 et 74 LS 374. [3344]



**3 M** : câble en nappe au pas de 1,27 mm, modèle Scotchflex 3302. [3345]

– Connecteur à enficher sur support de circuit intégré à 40 broches modèles Schotchflex DIP 3504. [3346]

oe

## MESURE &amp; INSTRUMENTATION

Wandel und Goltermann a racheté la firme britannique **Hatfield** spécialisée dans la fabrication d'appareils de mesure sélectifs et de composants pour télécommunications.

## PRODUITS RÉCENTS

**AVO** : megohm-mètre (100 k $\Omega$  à 100 T $\Omega$  ; 100, 250, 500 et 1 000 V de tension de mesure) modèle RM 290. [3347]

– Multimètre numérique portatif à 3 1/2 chiffres (tensions continues et alternatives de 200 mV à 1 000 V ; courants continus de 200  $\mu$ A à 10 A ; résistances de 2 k $\Omega$  à 20 M $\Omega$ ) modèle DA 116. [3348]

– Pont numérique L, C, R (résistances : 0-11,99 M $\Omega$  ; capacités : 0-1 199  $\mu$ F ; inductances : 0-119,9 H) modèle B 151. [3349]

**Bruel and Kjaer** : analyseur de spectre basse fréquence en bande fine et à 400 canaux modèle 2031. [3350]

**Data Precision** : multimètre numérique à 3 1/2 chiffres (tensions continues de 100  $\mu$ V à 1 200 V ; tensions alternatives de

100  $\mu$ V à 1 000 V ; résistances de 100 m $\Omega$  à 20 M $\Omega$  ; courants continus et alternatifs de 0,1  $\mu$ A à 2 A) modèle 1350. [3351]

**HDW** : thermomètre numérique de précision modèle T 131. [3352]



**Ithaco** : filtres actifs à deux sections distinctes passe haut ou passe bas (atténuation 24 dB/octave ; 10 Hz/1 MHz) modèle 4302. [3353]

**Keithley** : commutateur de voies compatibles avec la norme IEC BUS modèle 7033. [3354]

**Lepaute Alsthom** : automatisme programmable sur carte modèle CLP 4016. [3355]

**Monitor Labs** : centrale de mesure conversationnelle à microprocesseur (10 à 1040 voies) modèle 9300. [3356]

**Princeton Applied Research** : moyennneur numérique à 2 canaux et à 2048 points modèle 4202. [3357]

**Slaughter** : testeurs d'isolement en alternatif ou en continu série 103/105. [3358]

**Sullivan** : millivoltmètre électronique continu détecteur de zéro (3 gammes : 100  $\mu$ V ; 1 mV et 10 mV) modèle TT 1190. [3359]

– Megohm-mètre portable (100 k $\Omega$  - 100 T $\Omega$  ; tension de mesure : 100, 250, 500 et 1 000 V) modèle T 2900. [3360]

**System Donner** : multimètre numérique à microprocesseur à 130 000 points et équipé de l'interface BUS IEC, modèle 7115. [3361]

– Calibrateur de tension de 0 à 50 V modèle PLS 50 1E. [3362]

– Compteur déviationmètre pour contrôle de systèmes de télécommunications en MF (25-4512 MHz) modèle 6254/6255. [3363]

– Compteurs numériques à 8 chiffres modèles 6241 A (20 Hz-100 MHz) 6242 A (20 Hz-512 MHz) ; 6243 A (20 Hz-1250 MHz) et 6244 A (20 Hz-4500 MHz). [3364]

– Banc de test pour radiotéléphones (MF : 20 à 990 MHz) modèle R-1200 A. [3365]

oe

INFORMATIQUE

## COMMANDES ET CONTRATS

La société roumaine Electronum a octroyé un important contrat à **Dataproducts** pour la fourniture sur 5 ans d'imprimantes 2270 et de divers sous-ensembles.

**GEC Computers Limited** fournira au Post Office britannique 52 calculateurs modèle GEC 2050, pour un montant de 3 M£. Ces calculateurs sont destinés à équiper les centres de surveillance des centraux téléphoniques MAC (Measurement and Analysis Centers).

Suite à la prise de participation de 20 % dans le capital d'Advanced Micro Devices Inc (AMD), Siemens s'est associée à AMD pour

fonder deux sociétés : **Advanced Micro Computer Inc (USA)** et **Advanced Micro Computers GmbH (D Fédérale)**. Le capital de ces deux nouvelles sociétés est détenu à 60 % par Siemens.

VIE DES SOCIÉTÉS  
ET RÉSULTATS FINANCIERS

En 1977, **Burroughs** a réalisé un chiffre d'affaires de 2 126,882 M\$ (+ 11,8 %) et un bénéfice net de 215,18 M\$ (+ 15,7 %).

Au cours du deuxième semestre de 1977, **Centronics** a réalisé un chiffre d'affaires de 33,77 M\$ (+ 24,1 %) et un bénéfice net de 6,525 M\$ (+ 10,2 %).

Au cours du second semestre de 1977, **Digital Equipment Corporation** a réalisé un chiffre d'affaires de 649,241 M\$ (+ 45,7 %) et un bénéfice net de 58,885 M\$ (+ 49,4 %).

La société israélienne **ELBIT** spécialisée dans la fabrication d'ordinateurs et d'équipements terminaux compatibles, a constitué une filiale commerciale à Maidenhead en Grande-Bretagne. Rappelons qu'ELBIT fait partie du groupe israélien ELRON et entretient des relations techniques privilégiées avec Control Data.

Au cours du deuxième semestre de 1977, **Systems Engineering Laboratories** a réalisé un chiffre d'affaires de 21,435 M\$ (+ 53,9 %) et un bénéfice net de 2,125 M\$ (+ 351,2 %).

oe

GRAND PUBLIC

Sanyo a pris une participation de 30 % dans la société italienne d'électronique grand public **Emerson Electronics** dont le capital est porté de 2,5 à 3,75 milliards de lires. Emerson qui emploie 750 personnes, a réalisé en 1977 un chiffre d'affaires de 40 milliards de lires. Par cette prise de participation Sanyo entend développer la production de téléviseurs couleur de sa nouvelle filiale.

Un accord de principe a été conclu entre Hitachi Ltd et la General Electric Corporation (USA), pour la création aux Etats-Unis d'une filiale commune de fabrication de sous-ensembles et de téléviseurs noir et blanc et couleur. Le capital initial de cette filiale qui portera le nom de **General Television of America** sera de 38,2 M\$ et sera réparti à parts égales entre les deux sociétés mères.

Au cours de l'exercice fiscal 1976-1977 clos au 31 mars 1977, **Grundig** a réalisé un chiffre d'affaires de 2,51 milliards de DM (6 %) dont 1,16 milliards à l'étranger (+ 9 %) et un bénéfice avant impôts de 190 M de DM (- 23,1 %).

Un accord croisé de coopération technique en matière de fours domestiques a été conclu entre **Matsushita Electric** et **Bosch-Siemens Haugeräte**. Selon les termes de cet accord, le groupe japonais apportera à Bosch Siemens la technologie des fours hyperfréquence.

**Olympia Werke** du groupe AEG-Telefunken va ramener les effectifs de l'usine de calculatrices électroniques de Braunschweig, de 1 500 à 800 personnes.

La société américaine **Sunbeam** fait son entrée dans le marché des fours à micro-ondes en présentant cinq modèles.

La China National Light Industrie (République Populaire de Chine) a octroyé un contrat d'un montant de 5 M\$ à la société hongroise **Videoton** pour la fourniture de 40 000 téléviseurs noir et blanc.

La société égyptienne Ramses Star a octroyé un contrat d'un montant de 1 M\$ à la firme hongroise **Videoton** pour la fourniture de plusieurs milliers de téléviseurs dont 1 000 téléviseurs couleur. Notons que Videoton participe en Egypte à la production de téléviseurs noir et blanc.

oe

ACTIVITÉS DES LABORATOIRES

### ÉTUDE DE L'ORIENTATION DES MOLÉCULES DE CRISTAL LIQUIDE SUR DIFFÉRENTES SURFACES EN VUE DE L'AMÉLIORATION DES PERFORMANCES DES DISPOSITIFS UTILISANT L'EFFET «NÉMATIQUE EN HÉLICE» OU DE BIRÉFRINGENCE

par **L. Roussille, G. Porte et  
J. Robert**

#### Objectif des études et travaux :

L'affichage à cristaux liquides exige que l'orientation des molécules par les surfaces soit parfaitement homogène et contrôlée. Parmi les différentes techniques nous avons retenu et étudié l'orientation induite par une couche monomoléculaire de surfactant ainsi que par une double couche de SiO<sub>2</sub>, l'une déposée sous une incidence de 60°, l'autre de 85°.

#### Programme de recherche :

Dans une première partie, nous avons étudié l'influence des couches monomoléculaires de mono-amines aliphatiques saturées, de monoacides carboxyliques saturés et d'amphiphiles fluorosubstitués. Nous avons choisi, aussi, comme paramètre la longueur de la chaîne hydrocarbonée.

La seconde partie est relative à la technique expérimentale et aux résultats obtenus sur la double couche de SiO<sub>2</sub> devant assurer une orientation planaire légèrement inclinée (3° à 5°).

#### Principaux résultats :

Les résultats acquis au cours de la première partie de l'étude sont très intéressants en ce qui concerne la compréhension des phénomènes d'orientation et l'analyse des différents défauts de structure observés. Cependant la technique des dépôts de couches monomoléculaires reste délicate, bien que toutes les orientations souhaitées aient été

observées, et ne résoud pas le phénomène de dégénérescence qui est alors porté au niveau de la surface.

Cette dégénérescence peut être levée par la technique des doubles couches de SiO<sub>2</sub> déposées en incidence oblique par le fait que la topographie de la surface obtenue est anisotrope. Les résultats encourageants obtenus (angle d'inclinaison inférieur à 15°) doivent être poursuivis par la mise au point de la technique et la recherche de conditions expérimentales plus élaborées.

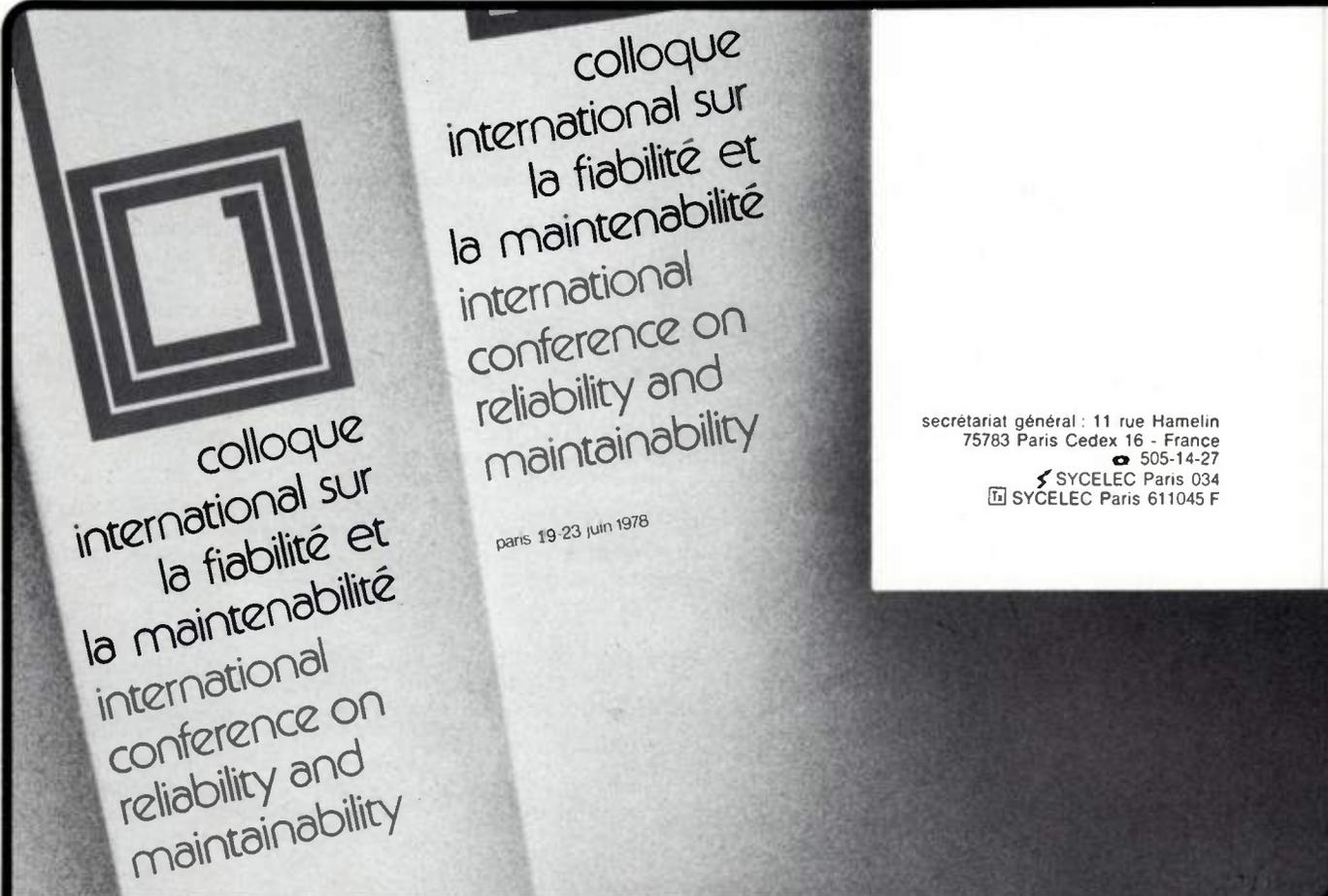
#### Organisme contractant :

Commissariat à l'Énergie Atomique, Centre d'Études Nucléaires de Grenoble.

#### Laboratoire exécutant la recherche :

Laboratoire d'Électronique et de Technologie de l'Informatique, BP 85 Centre de Tri, 38041 Grenoble Cedex. Tél. (76) 97.41.11.

Contrat DGRST n° 76-7-0118



colloque international sur la fiabilité et la maintenabilité  
international conference on reliability and maintainability

paris 19-23 juin 1978

secrétariat général : 11 rue Hamelin  
75783 Paris Cedex 16 - France  
☎ 505-14-27  
SYCELEC Paris 034  
SYCELEC Paris 611045 F

Service Lecteur : inscrivez le n° 323.

ACQUERIR - TRAITER - TRANSMETTRE

**GRANDEURS ANALOGIQUES  
A CADENCE TRES ELEVEE**



**INF 128**

Les chaînes d'acquisition analogiques rapides de la famille **INF 128** ont pour fonction d'acquérir et de numériser à cadence élevée et avec une grande précision, les grandeurs analogiques qui leur sont soumises. Elles peuvent également restituer des sorties analogiques ou acquérir des entrées numériques. Vitesse : jusqu'à 40.000, 100.000, 200.000 points/seconde.

Précision : de  $10^{-3}$  à  $5 \cdot 10^{-5}$  de la pleine échelle.

Résolution : 12 ou 15 cbs.

Couplage : universel (sur tout ordinateur avec voies d'entrées/sorties de format 16 cbs). Le tiroir de couplage constitue un véritable processeur d'entrées/sorties intégré à la chaîne permettant une hiérarchisation répartie des tâches d'acquisition.

Les chaînes **INF 128** sont destinées aux laboratoires, aux Centres de Recherche et en règle générale dans toutes les applications requérant l'étude de phénomènes à évolution rapide.

**FAITES-NOUS PART DE VOS BESOINS  
657.12.11  
NOUS VOUS PRESENTERONS NOS SOLUTIONS.**



**aerazur**

**CONSTRUCTIONS ELECTRONIQUES**

14, rue Léon Gambetta 92120 MONTRouGE (France) · Téléphone (1) 657.12.11 · Telex 202 948 F

Service Lecteur : inscrivez le n° 324.

# Un ouvrage ... ... 3500 tubes électroniques

ENGLISH ELECTRIC VALVE  
COMPANY LIMITED  
THE M-O VALVE  
COMPANY LIMITED



## GEC

TUBES ÉLECTRONIQUES PROFESSIONNELS - Catalogue Abrégé - 1978/79



tubes spéciaux  
électro-optique  
hyperfréquence  
puissance  
applications industrielles  
télécommunications

réalisation d'un  
tube spécifique  
création industrielle  
**L'INGÉNIEUR  
GEC COMPOSANTS  
EST VOTRE CONSEIL**

PPF 1973/5

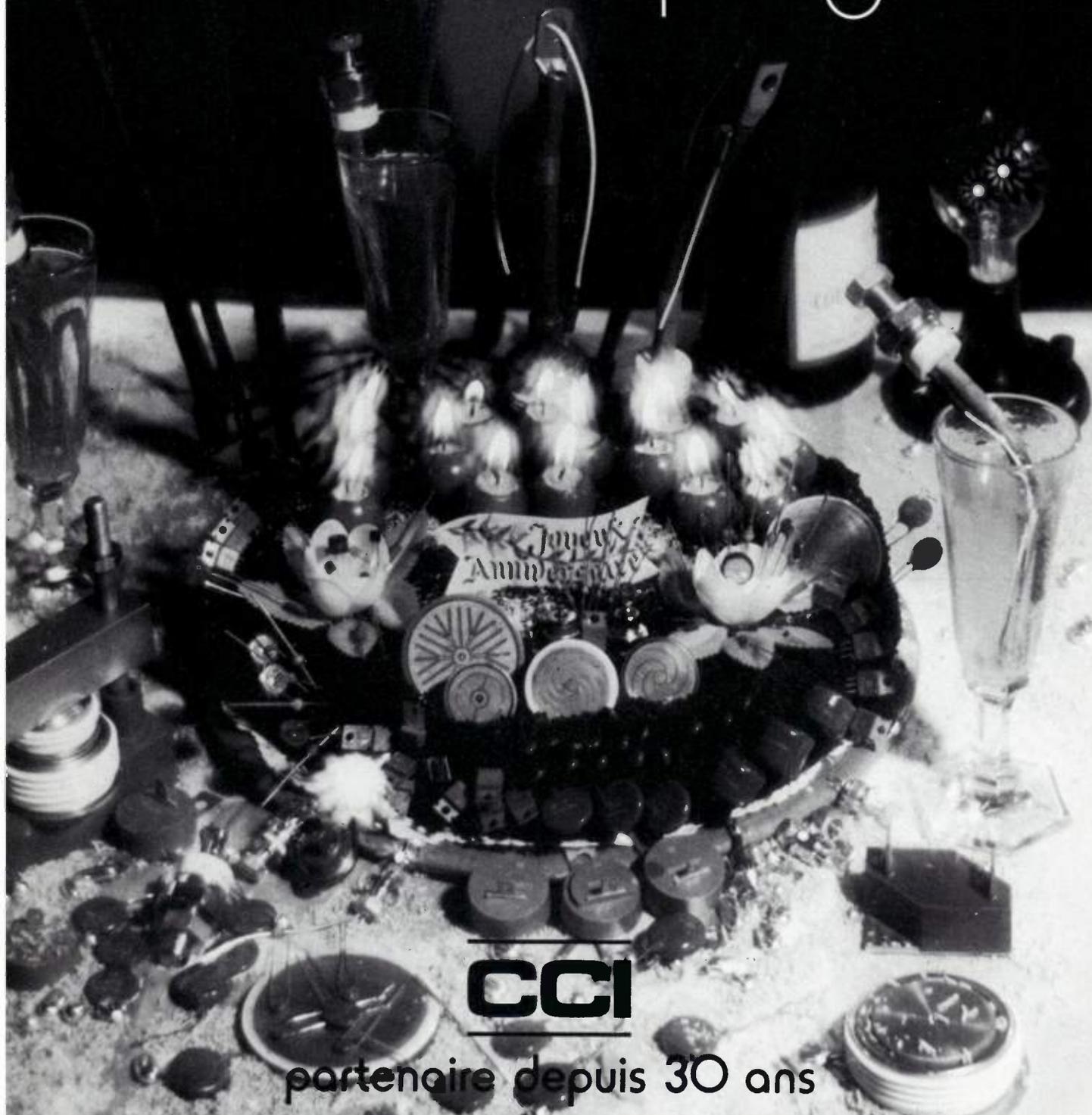
GEC Composants - Département Tubes Electroniques - 194, avenue des Grésillons - 92606 ASNIERES - Tél. 791 44 44 - Télex 610 471 F

Service Lecteur : inscrivez le n° 325.

GENERAL  ELECTRIC®

1878 / 1978

100 ans de progrès



**CCI**

partenaire depuis 30 ans



# NOUVELLES ÉCONOMIQUES

## EUROPE

D'après le «Yearbook of West European Electronics Data 1978» de Mackintosh (Victoria House, Victoria Street, Luton LU1 5DH, Grande-Bretagne), le **marché européen de l'électronique** devrait évoluer de la manière suivante :

Marché	1978 (M\$)	1981 (M\$)	Croissance 1978-1981 (en %)
Grande-Bretagne	7 044	9 213	30,8
Norvège	814	1 055	29,6
Suède	1 856	2 402	29,4
Espagne	1 603	2 041	27,3
France	8 093	10 246	26,6
Pays-Bas	2 011	2 362	17,5
Allemagne-Fédérale	11 111	12 924	16,3
Autriche	808	896	10,9

(branches d'activité)	1977 (M\$)	1978 (M\$)	1981 (M\$)	Croissance 1978-1981 (%)
équipements de radiocommunications y compris : (radar, radiodiffusion, navigation)	3 091	3 498	5 024	43,6
télécommunications		7 214	8 638	19,7
instrumentation mesure		5 641	8 312	45,6
informatique		5 823	8 164	40,2
grand public		8 260	8 754	6
composants	9 844	10 641	12 397	16,5

La production devrait évoluer ainsi :

	1977 (M\$)	1978 (M\$)	Croissance (%)
Allemagne Fédérale	11 750	12 466	6,1
France	7 891	8 689	10,1
Grande-Bretagne	6 178	6 799	10,1
Italie	2 832	3 094	9,3
Suède	1 942	2 080	7,1
Total Europe Occidentale	38 130	41 262	8,2

## JAPON

Selon la Communications Industries Association of Japan, la **production japonaise de télécopieurs** devrait s'établir en 1978 à 115,4 M\$ (+ 28,3 %) et celle des équipements téléphoniques à 110,8 M\$ (+ 3,9 %). Rappelons qu'en 1973, le Japon avait produit pour 154 M\$ d'équipements téléphoniques.

Au cours des 10 premiers mois de 1977, le Japon a produit 0,54 M de **magnétoscopes à cassettes** (+ 15 %) représentant une valeur de 97 000 M de yens. Le volume des exportations pour cette période s'est établi à 0,27 M d'appareils (+ 150 %).

D'après l'Electronic Industries Association of Japan, en 1977 le Japon aura produit **9 632 000 téléviseurs couleur** (- 8,5 %) dont 4 423 000 ont été exportés (- 15,5 %). Les Etats-Unis ont absorbé pour leur part, 2,135 M de téléviseurs couleur (- 27,8 %). Durant cette même année, le Japon aura produit 0,7 M de magnétoscopes (+ 140 %).

## U.S.A.

Le consultant américain Frost et Sullivan (106, Fulton St, New York, NY 10038) a publié une étude sur l'évolution du marché américain des **dispositifs hyperfréquence à semi-conducteurs** pour les prochaines années : (en M\$).

	1978	1980	1985
transistors à effet de champ à l'arséniure de Gallium	2,2	4	8
transistors bipolaires	24	30	45
total transistors	26,2	34	53
diodes PIN	8,8	10,6	17
diodes Schottky	8,8	10,6	17
diodes Impatt	2,5	3,5	10
Total diodes	35,7	41,4	65,7

En ce qui concerne les autres types de diodes, les marchés vont croissant pour les diodes Gunn et les varactors et en décroissant pour les diodes tunnel, paramétriques et multiplieuses.

U. S. A.

Selon le Département du Commerce des Etats-Unis, au cours des neuf premiers mois de 1977, les USA ont importé pour 2 840 M\$ de biens de consommations électroniques (+ 13,4 %) dont 1 816 en provenance du Japon, 351 de Taïwan et 170 de Hong Kong. Au cours de cette même période, 1,97 M de téléviseurs en couleur ont été importés (+ 1,4 %) représentant une valeur de 385 M\$.

Le Département du Commerce américain a publié des prévisions concernant le marché américain des composants électroniques pour 1978 dont voici les principaux résultats (en milliards de \$) :

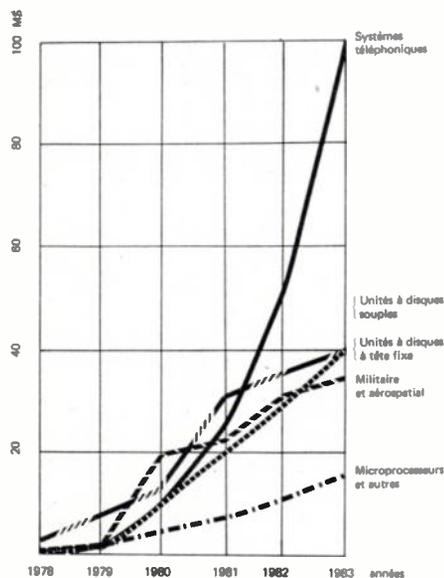
- circuits intégrés : 2,3 (+ 14 %) ;
- dispositifs discrets à semi-conducteurs : 1,5 (+ 3 %) ;
- résistances : 0,74 (+ 8 %) ;
- condensateurs : 0,695 (+ 8 %) ;
- connecteurs : 0,820 (+ 2 %) ;
- total : 14 (+ 8 %) ;

excédent de la balance commerciale en matière de composants électroniques : 0,65 (- 14 %).

Le consultant américain Frost and Sullivan a réalisé une étude «Optical Communications Components and Systems Market» qui indique que le marché mondial dans ce secteur passera de 200 M\$ en 1982 à 600 M\$ en 1987 ; pour les applications liées à l'informatique ce marché passera de 0,5 M\$ en 1977 à 4 M\$ en 1978 et 75 M\$ en 1987. (Frost and Sullivan, 106, Fulton Street, New-York, NY 10038).

INTERNATIONAL

Le consultant américain Venture Development Corporation (1 Washington Street, Wellesley, MASS 02181 USA) a réalisé une étude sur le marché mondial des mémoires à bulles magnétiques entre 1978 et 1983, dont nous donnons ci-après le principal graphique montrant l'évolution des différents segments du marché :



Marché mondial des mémoires à bulles. Ventilation par type d'applications.

U.S.A.

D'après l'USITA, Association des Compagnies exploitantes indépendantes de téléphones des Etats-Unis, la répartition entre ces compagnies et les compagnies du système Bell a évolué entre 1966 et 1976 de la manière suivante :

	1966	1976	Variation 1966-1976 en %
<b>Nombre de téléphones</b>			
– des compagnies exploitantes indépendantes	15 975 000	28 209 000	+ 76,6
– des compagnies du système Bell	82 813 000	126 963 000	+ 53,3
– Total	98 788 000	155 172 000	+ 57,1
<b>Recettes d'exploitation (en 1 000 \$)</b>			
– des compagnies exploitantes indépendantes	1 843 976	6 300 000	+ 241,7
– des compagnies du système Bell	12 419 140	33 517 965	+ 169,9
– total	14 263 116	39 817 965	+ 179,2
<b>Nombre de compagnies exploitantes</b>			
– indépendantes	2 244	1 590	- 29,1
– du système Bell	24	25	+ 4,2
– total	2 268	1 615	- 28,8
<b>Effectifs</b>			
– des compagnies exploitantes indépendantes	115 028	161 000	+ 40
– du système Bell	667 000	778 000	+ 16,6
– total	782 028	939 000	+ 20,1

Parmi les compagnies indépendantes notons par ordre décroissant d'importance : GTE (12,910 M de téléphones), United Telecommunications (3,75 M), Continental Telephone (2,279 M), Central Telephone (1,509 M).

D'après cette Association c'est le trafic international qui connaît la croissance la plus forte suivis par le trafic intérieur à longue distance alors qu'il y a stagnation relative des appels locaux.

FRANCE

D'après un rapport officiel présenté au Gouvernement français, le marché français de l'électronique grand-public devrait évoluer de la manière suivante : (en MF) :

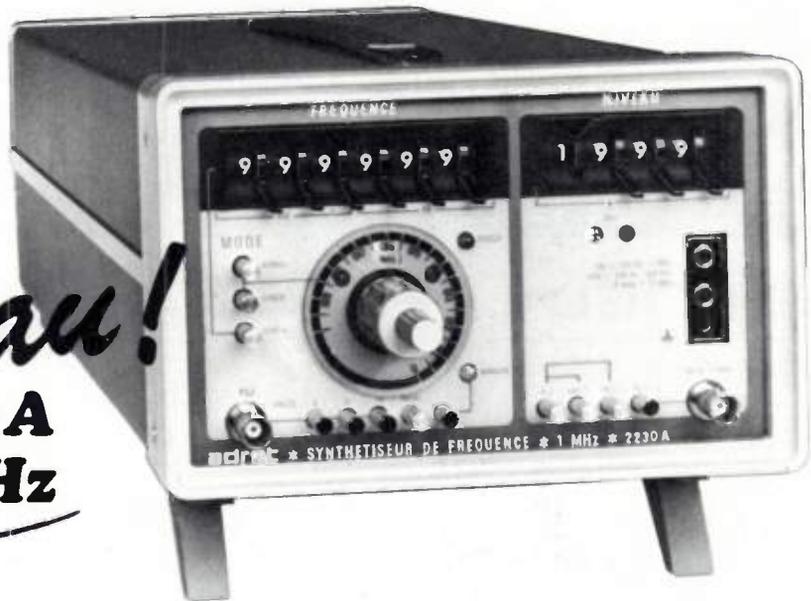
	1975	1980	1985
télévision «haute fidélité»	2 530	4 520	6 210
produits nouveaux dont	990	1 200	1 720
– calculatrices de poche	200	1 470	3 240
– montres électroniques	–	200	500
– jeux télévisuels	–	650	1 210
– magnétoscopes	–	150	370
– vidéodisques	–	30	710
– télétexte	–	40	60
– calculateurs domestiques	–	30	240
	–	–	130
Total grand-public	5 100	9 400	4 800

# LA SERIE 2000 ADRET



## Maintenant compatible avec le bus IEC!

**Nouveau!**  
**2230 A**  
**50 Hz / 1 MHz**



2400 A - 300 Hz / 14 MHz



2430 A - 300 Hz / 18.6 MHz



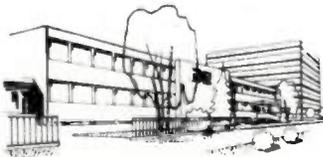
Le nouveau synthétiseur de fréquence et de niveau ADRET 2230 A est directement programmable en fréquence et en niveau à partir du bus I E C. Il couvre la gamme de 50 Hz à 1 MHz avec 4 impédances au choix (0  $\Omega$  / 150  $\Omega$  / 600  $\Omega$  en symétrique, 75  $\Omega$  en coaxial et, sur option, sortie Z = 0  $\Omega$ ). Le 2230 A possède également une sortie décalée de 4 MHz par rapport à la sortie principale. Il peut être wobulé par une tension extérieure ou manuellement. Bien entendu, cet instrument est également programmable en BCD.

Les 2400 et 2430 couvrent la gamme de 300 Hz à 14 MHz pour le 2400 et de 300 Hz à 18.6 MHz pour le 2430.

Le 2400 possède deux impédances choisies sur option (50  $\Omega$  ou 75  $\Omega$  coaxial) et le 2430 trois impédances (600  $\Omega$  et 150  $\Omega$  en symétrique et 75  $\Omega$  en coaxial). Les sorties décalées de ces deux instruments sont respectivement de 20 MHz pour le 2400 et de 24 MHz pour le 2430 ; ils ont tous les deux une sortie auxiliaire à faible impédance (< 5  $\Omega$ ).

Les 2400 et 2430 sont également programmables en fréquence et en niveau, soit en BCD, soit à partir du bus I E C grâce à l'interface 414.

Pour ces trois instruments, le niveau de sortie est particulièrement bien régulé (0,05 dB dans toute la bande) et les atténuateurs très précis puisque l'erreur maximum est de l'ordre de 0,1 dB.



ADRET ELECTRONIQUE FRANCE  
 12 avenue Vladimir Komarov • BP 33-78190 Trappes • France • Tél. 051.29.72 •  
 Télex ADREL 697821 F • Siret 679805577 - 00014 • code A.P.E. 2913 •  
 CCP Paris 21 797 04



# RCA 2 technologies du 2N3055

les 2 versions en boîtiers acier (et non alu) et avec clips de liaison (et non fil) entre pastilles et broches

## Version épitaxiée

le transistor tous usages à moindre prix... et une série PNP

NPN	PNP	VCEO	SOA
RCS617	RCS618	80 V	2,87 A-40V
2N3055	BDX18	60 V	2,87 A-40V
	MJ2955	60 V	2,87 A-40V
2N6569	2N6594	40 V	2,5 A-40V



## Version hométaxiée (H)

le transistor de référence dans l'industrie

NPN	VCEO	SOA
2N6254	80 V	1,87 A-80V
2N3055H	60 V	1,95 A-60V
2N6253	45 V	2,55 A-45V

l'expérience, la qualité, les prix **RCA**

**almex**

48, rue de l'Aubépine, zone industrielle, 92160 ANTONY  
Tél. 666.21.12 - Télex 250 067 F

Service Lecteur : inscrivez le n° 328.

EB bigpub 458



**mB**



une mesure d'avance

## Le modulomètre **BOONTON 82AD**

haute précision



automatique  
et programmable **IEEE**

- de 10 MHz à 1200 MHz
- modulation de fréquence  
- gammes : 10, 100, 300 kHz
- modulation d'amplitude  
- gammes : 10, 100, 300 %
- précision globale AM-FM: 2 %
- résolution : 0,1 % de la pleine échelle
- filtres commutables
- caractéristiques spéciales avionique :  
- AM : précision  $\pm 0,7$  % de la lecture pour un taux de modulation de 20 à 40 %, fréquence 30 Hz à 3 kHz

**mB**

électronique

ZAC de Buc - B. P. 31 - 78530 BUC - Tél. 956.31.30 - Télex 695.414

EB bigpub 461

Service Lecteur : inscrivez le n° 329.

Allée 3 - Stand 29 / Allée 4 - Stand 34



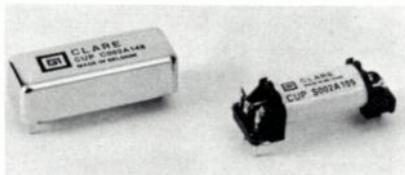
# NOUVEAUTÉS TECHNIQUES

Cette rubrique a exclusivement pour but l'information de nos lecteurs et aucune participation sous aucune forme n'est sollicitée ni acceptée pour sa réalisation.

## RELAIS MINIATURES A TIGES

### Clare série CUP

La société Clare, du groupe General Instrument, une nouvelle série de relais miniatures à tiges dont la fabrication a été entièrement automatisée. Ces relais à contacts secs sous ampoules de verre scellées, sont agréés par les P.T.T.



#### Caractéristiques :

- Pouvoir de coupure sur une charge résistive :
  - puissance : 10 VA ;
  - tension : 200 V continus ;
  - intensité : 750 mA ;
- Résistance moyenne de contact : 50 m ;
- Types disponibles (T contact travail, R contact repos) : 1 T ; 2 T ; 3 T ; 4 T ; 5 T ; 1 R ; 1 R + 1 T ; 2 R + 2 T ;
- Présentation : 3 versions :
  - version ouverte ;
  - version blindée à capot métallique ;
  - version enrobée à capot métallique ;
- Durée de vie :  $5.10^5$  à  $10^8$  manœuvres selon la charge.

Ces dispositifs sont interchangeables avec les séries moulées déjà existantes et disponibles chez le même constructeur sous les références MRME, PRMC, série 953.

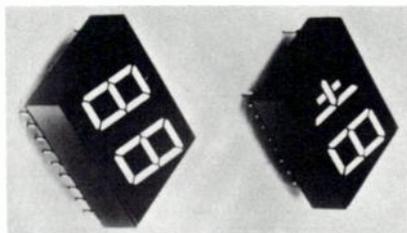
CP CLARE ELECTRONIQUE, 29, rue de Versailles, 78460 Chevreuse (tél. 052.30.00).

Service lecteur : inscrivez le n° 351.

## DISPOSITIFS D'AFFICHAGE NUMÉRIQUE

### Litronix série DL 520

La firme américaine Litronix introduit deux nouveaux dispositifs d'affichage numérique à diodes électroluminescentes et à deux caractères destinés à l'usage général. Ces composants comportent un point décimal après chaque caractère.



#### Caractéristiques :

- Capacité :
  - 2 chiffres sans signe ;
  - 1 1/2 chiffre avec signe ;
- Hauteur du caractère : 12 mm ;
- Luminosité par segment : 2,8 mcd pour un courant de 20 mA ;
- Couleur : rouge ;
- Anode ou cathode commune ;
- Encapsulation : boîtier DIL.

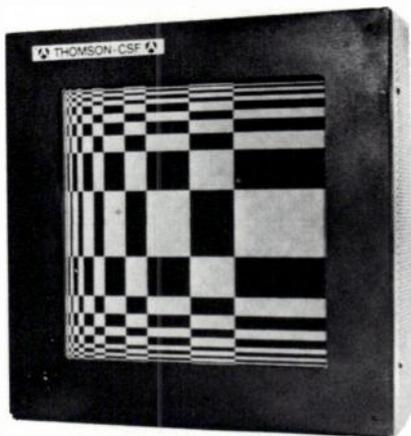
LITRONIX (USA). Représentation en France : Composants et Produits Électroniques, BP 1, 78420 Carrières-sur-Seine (tél. 914.61.36).

Service lecteur : inscrivez le n° 352.

## MODULE A PLASMA POUR AFFICHAGE GRAPHIQUE ET NUMÉRIQUE

### Thomson-CSF modèle TH 7603

Thomson-CSF présente un panneau à plasma fourni avec son électronique de commande associée. Ce module alternatif possède une mémoire intrinsèque permettant un affichage à luminance élevée et uniforme, sans distorsion et sans papillotement.



Les dimensions hors-tout du module sont de 255 x 255 x 300 mm. Son écran a une surface utile de 163 x 163 mm permettant l'affichage de 32 lignes de 42 caractères dont la définition est de 6 x 7 points ou de 16 lignes de 32 caractères en 7 x 12 points. Grâce à sa densité élevée de points lumineux (pas entre points : 0,64 mm), le TH 7603 est également bien adapté à l'affichage graphique.

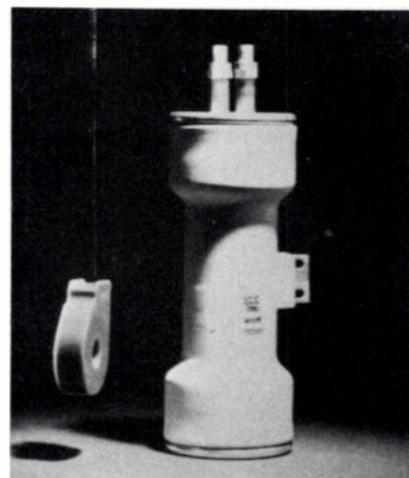
THOMSON-CSF, Division des Tubes Électroniques, 38, rue Vauthier, 92100 Boulogne Billancourt (France) (tél. 604.81.75).

Service lecteur : inscrivez le n° 353.

## CONDENSATEURS POUR CIRCUITS D'ÉMISSION

### L C C

La société L C C, du groupe Thomson-CSF, introduit un nouveau modèle de condensateur en céramique à refroidisse-



ment par circulation d'eau et ayant la forme d'un tube. Ces dispositifs destinés à être utilisés dans les circuits d'émission sont actuellement disponibles selon deux valeurs de capacité : 1 000 et 4 000 pF. Ils admettent une tension de crête de 20 kV et une puissance de 3 500 kilo-volt-ampères réactifs. Notons que le constructeur peut étudier des adaptations particulières de ces condensateurs selon les besoins des utilisateurs.

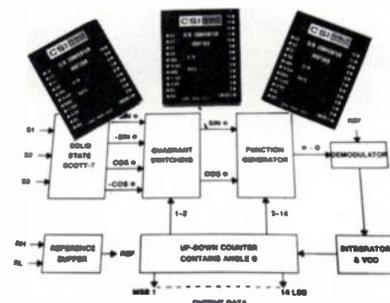
L C C, 36, avenue de Galliéni, 93170 Bagnolet (tél. 360.37.37).

Service lecteur : inscrivez le n° 354.

## CONVERTISSEURS SYNCHRO-NUMÉRIQUES

### C S I série 168 F

La firme américaine Control Science Inc introduit sous la référence 168 F une nouvelle série de convertisseurs synchro-numériques destinés à l'usage général. Ces modules couvrent une bande de fréquences s'étendant de 50 à 1 200 Hz et sont proposés avec des sorties à 10, 12 ou 14 bits.



Les modèles à 10, 12 et 14 bits fonctionnent respectivement avec des vitesses maximales de rotation de 65 tours/s (coefficient d'accélération  $k_a = 30\ 000$ ), 30 tours/s ( $k_a = 20\ 000$ ) et 10 tours/s ( $k_a = 10\ 000$ ). Des modèles spéciaux peuvent être fournis sur demande.

le modèle à 14 bits,  $\pm 8,5'$  pour le 12 bits et  $\pm 30''$  pour le 10 bits. Ces dispositifs sont fournis en version industrielle ou en version militaire, avec des sorties compatibles avec les logiques TTL, DTL ou CMOS.

C S I, 8399 TOPANGA CANYON Blvd, Canoga Park, CA 91304 (USA).

Service lecteur : inscrivez le n° 355.

# SAAS

## LES ALIMENTATIONS ET CONVERTISSEURS

de tension modulaires au plus juste rapport dimensions/prix/puissance disponible

Étude et Fabrication Française version civile et version militaire

### 4 GAMMES DE SORTIE

- SORTIES SIMPLES
  - 5 V × 0,5 A; 5 V × 1 A
  - 5 V × 2 A; 5 V × 3 A
  - 10 V × 0,2 A; 12 V × 0,2 A, etc.
- SORTIES DOUBLES
  - 2 × 15 V-0,1 A-0,2 A; 0,3 A-0,5 A
  - 2 × 15 V-1 A-2 A-3 A-3,5 A
  - 2 × 12 V
  - 2 × 10 V, etc.
- SORTIES TRIPLES
  - 2 × 15 V-0,1 A et 5 V-0,5 A
  - 2 × 15 V-0,2 A et 5 V-0,5 A, etc.
- SORTIES SYMÉTRIQUES < 20 mV<sub>cac</sub>
  - 2 × 15 V-0,2 A-0,3 A-0,5 A
  - 2 × 15 V-1 A-2 A-3 A-3,5 A
  - 2 × 12 V-0,2 A ..... etc.

NOUS FABRIQUONS AUSSI À LA DEMANDE SUR CAHIER DES CHARGES OU ÉTUDE

PUBLICITES REUNIES



# SAAS

26<sup>bis</sup> rue planchat - 75020 Paris  
tél. 370-41-27

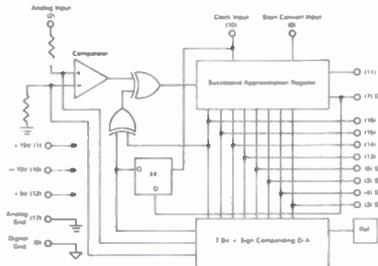
Service Lecteur : inscrivez le n° 330.

## CONVERTISSEUR ANALOGIQUE-NUMÉRIQUE A COMPRESSION-EXPANSION

### Micro Networks modèle MN 5110

La société américaine Micro Networks Corporation introduit sous la référence MN 5110, un nouveau circuit réalisé en technologie hybride à couches minces.

#### BLOCK DIAGRAM



Le MN 5110 est un convertisseur analogique-numérique à 8 bits assurant également une compression-expansion avec une dynamique de 72 dB. Le temps de conversion demeure inférieur à 20 µs et ce convertisseur suit la loi Bell µ 255 ; un dispositif analogue suivant la loi A du CCITT doit prochainement être introduit sous la référence MN 5111. Ces convertisseurs sont destinés à être utilisés dans une gamme étendue d'applications : codage-décodage MIC en téléphonie, télécommunications vocales de sécurité, asservissements, acquisition de données, enregistrement et reproduction des sons, systèmes d'écho artificiel, etc.

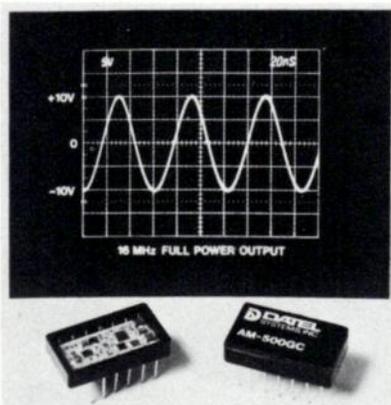
MICRO NETWORKS CORPORATION (USA). Représentation en France : Microel, Immeuble Alpha 128, avenue des Champs Lasniers, 91440 Bures-sur-Yvette (tél. 907.08.24).

Service lecteur : inscrivez le n° 356.

## AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL RAPIDE

### Datel Systems modèle AM 500

Datel présente un nouvel amplificateur opérationnel rapide réalisé en microélectronique hybride. Ce dispositif à hautes performances est destiné à être utilisé pour la réalisation d'intégrateurs rapides, d'échantillonneurs-bloqueurs, d'amplificateurs de com-



mande rapides, d'amplificateurs de sortie pour les convertisseurs numérique-analogiques rapides, etc. Il est à remarquer que cet amplificateur n'est pas à entrées différentielles ; néanmoins, il est possible d'appliquer à l'entrée sur la borne à polarité positive une tension continue de décalage comprise entre - 5 et + 5 V.

#### Caractéristiques :

- Gain en boucle ouverte : 106 dB ;
- Impédance d'entrée : 30 MΩ ;
- Temps d'établissement à la sortie (à 0,01 % pour une rampe de 10 V) : 200 ns ;
- Vitesse de balayage :
  - en transition positive : 1000 V/µs ;
  - en transition négative : 1800 V/µs ;
- Courant de polarisation : 1 nA ;
- Tension de bruit en sortie (de 100 Hz à 10 kHz) : 1 mV<sub>eff</sub> ;
- Tension de décalage à l'entrée : ± 0,5 mV ;
- Tension différentielle d'alimentation : ± 10 à ± 18 V ;
- Courant de repos pour une tension d'alimentation de ± 15 V : 22 mA ;
- Courant maximal de sortie : ± 5 mA ;
- Protection incorporée contre les courts-circuits ;
- Gamme de température :
  - 0 à 70 °C ;
  - - 25 à + 85 °C ;
  - - 55 à + 125 °C ;
- Présentation boîtier DIP à 14 broches.

DATEL SYSTEMS FRANCE, 11, avenue Ferdinand Buisson, 75016 Paris (tél. 603.06.74).

Service lecteur : inscrivez le n° 357.

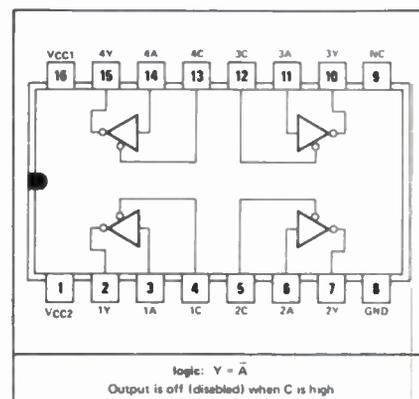
## CIRCUITS DE COMMANDE

### Texas Instruments modèles SN 75357 et 75375

Texas Instruments introduit deux nouveaux circuits à quatre éléments pour la commande de circuits MOS à partir de signaux TTL. Le modèle SN 75357 comporte des sorties à trois états et une alimentation commune dont la tension peut être comprise entre 5 et 24 V, le SN 75375 dispose de tensions d'alimentation séparées pour chacun des quatre éléments.

Le circuit SN.75357 est caractérisé, en phase de commutation, par un très faible courant transitoire, ce qui le destine plus spécialement aux applications d'interface avec des circuits MOS-Complémentaire.

Le modèle SN 75375 présente l'avantage de pouvoir régler, grâce à ses alimentations



séparées de chacun de ses éléments, les tensions de sortie de manière à les adapter aux différentes conditions de charge. Le temps moyen de propagation de ce circuit est de 31 ns et il est capable de fournir un courant de 150 mA. Il comporte deux circuits NAND et deux circuits inverseurs de commande.

Le SN 75375 et le SN 75357 sont présentés en boîtier en plastique ou en céramique du type DIL à 16 broches.

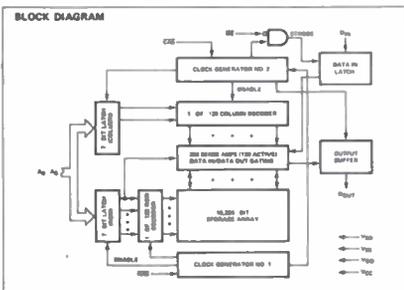
TEXAS INSTRUMENTS FRANCE, La Boursidière, Bloc A, RN 186, 92350 Le Plessis-Robinson (tél. 630.23.43).

Service lecteur : inscrivez le n° 358.

**MÉMOIRE VIVE DYNAMIQUE DE 16 K BITS**

Fairchild modèle F 16 K

Fairchild introduit une nouvelle mémoire vive dynamique réalisée en technologie MOS à canal N et à grille de silicium. Ce dispositif dont la capacité est de 16 K mots de 1 bit, utilise une cellule mémoire à 1 transistor et est présenté en boîtier DIL à 16 broches



**Caractéristiques :**

- Capacité-organisation : 16 K mots de 1 bit ;
- Type : dynamique ;
- Technologie MOS à canal N ;
- Temps de cycle de lecture ou d'écriture aléatoire : 375 ns ;
- Verrous d'adresse et de données d'entrée incorporés ;
- Sélection bidimensionnelle : rang et colonne (128 x 128) ;
- Sortie : TTL à trois états ;
- Période de rafraîchissement : 2 ms ;
- Tension d'alimentation : + 12, + 5 et - 5 V ;
- Puissance dissipée : 1 W en fonctionnement et 462 mW en attente ;
- Présentation : boîtier DIL à 16 broches ;
- Gamme de température : 0-70 °C.

Cette mémoire existe en 4 versions dépendant de la rapidité.

FAIRCHILD SEMICONDUCTEURS FRANCE, 121, avenue d'Italie, 75013 Paris (tél. 584.55.66).

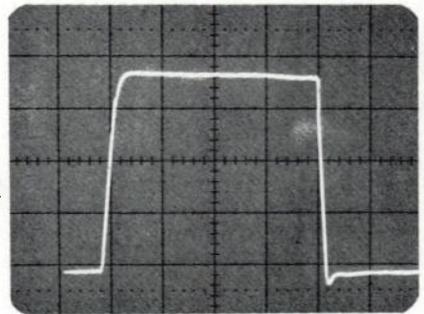
Service lecteur : inscrivez le n° 359.

**CONVERTISSEURS SYNCHRO-NUMÉRIQUES ET RÉOLVEURS NUMÉRIQUES**

North Atlantic modèle LSI 36

La firme américaine North Atlantic présente un ensemble de 3 modules destinés

**COMBIEN DE TEMPS  
VOUS FAUT-IL POUR  
MESURER LA LARGEUR  
ET LES TEMPS DE  
MONTEE/DESCENTE DE CETTE IMPULSION?**



au moins 5 MINUTES  
avec VOS MOYENS  
ACTUELS

5 SECONDES  
avec notre  
COMPTEUR 9000 A  
MICROPROCESSEUR

IL VOUS SUFFIT POUR CECI DE :

- BRANCHER VOTRE SIGNAL
- POUSSER UN BOUTON POUR CHACUN DE CES PARAMETRES
- LES LIRE INSTANTANÉMENT SUR L’AFFICHAGE A 9 CHIFFRES

**TOUT EST AUTOMATIQUE ET PLUS PRÉCIS**

Le **DANA 9000** est un **compteur universel** comme les autres, mais qui va beaucoup plus loin en intervalles de temps, et qui est **programmable GPIB** ou RS 232 C ou BCD ou binaire.

- Entrées A et B : 0 à 100 MHz
- Entrée C : 100 à 512 MHz
- Fréquencemètre réciproque (fonction I/x)
- Intervallemètre direct 10 ns, moyenné 100 ps
- Niveaux de déclenchement fixés automatiquement
- Affichage digital des niveaux de déclenchement
- Option porte-synchrone pour intervalle sélectif
- Mesure de phase, d'écart type, Δ F/F, etc...



Electronics France s.a.

91, route des Gardes 92190 Meudon - Tél. (1) 027 75 75+

Lyon : (78) 52-42-10	Rouen : (35) 98-17-98	Toulouse: (1) 027-75-75
Nancy : (28) 29-11-17	Toulon : (94) 41-49-63	Vannes : (97) 66-77-58

Service Lecteur : inscrivez le n° 331.

## l'outil d'information indispensable à tout ingénieur d'application

# IC MASTER 78



2200 pages (1000 de plus qu'en 1977)  
de références indispensables  
à tout ingénieur en électronique

- tables d'identification des produits
- répertoire des homologations JAN
- tables de sélection par paramètres
- dictionnaire des boîtiers et gammes de température
- tableaux des "secondes sources"
- annuaire des fabricants et distributeurs
- gamme de produits par fabricant
- répertoire des notes d'application
- fiches techniques des principaux produits

REMISE A JOUR TRIMESTRIELLE GRATUITE

OFFRE SPECIALE  
SALON DES COMPOSANTS 1978  
**620 fr moins 20%**  
(offre limitée) **496fr**

BON de COMMANDE  
à retourner à

CONSEIL & PROMOTION

1, rue Damiens - 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT

Je vous commande le IC MASTER 78 au  
prix exceptionnel de 496,00 F TTC et je  
vous joins mon règlement par :

chèque  CCP

Veuillez m'envoyer une facture de régularisation

Nom .....

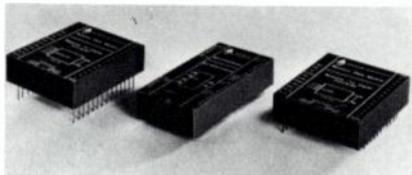
Société .....

Adresse .....

à la réalisation de convertisseurs synchro-numériques ou de résolveurs numériques de signaux lents et rapides.

Cet ensemble comporte un module LSI 85 réalisant la conversion sur 7 bits du signal à vitesse lente et un autre module LSI 85 réalisant la conversion sur 14 bits du signal à vitesse rapide, reliés à un module combinatoire numérique modèle MSC 36 délivrant le signal numérique de position angulaire sur 19 bits.

La vitesse maximale de poursuite de cet ensemble dans le cas de signaux à vitesse rapide est de 10 tours/s et sa précision globale, dans le cas le plus défavorable atteint 15".



Ces modules sont proposés en deux gammes de température : 0-70 °C (modèles industriels) et - 55 à + 100 °C (modèles militaires). Ils sont caractérisés par une grande robustesse et diverses protections contre les transitoires et les erreurs de polarité. Ils existent en version synchro ou résolveur sur 11,8-26 ou 90 V. La fréquence est de 60 Hz, 500 Hz ou de 60-400 Hz. La résolution globale s'établit à ± 1,3" ce qui rend ces modules parfaitement adaptés aux applications civiles ou militaires : conduite de tir, navigation, positionnement d'antenne ou de tourelle, machines-outil, systèmes automatiques de test.

NORTH ATLANTIC. Représentation en France : Technitron, 8, avenue Aristide Briand, 92220 Bagneux (tél. 657.11.47).

Service lecteur : inscrivez le n° 360.

### TRANSISTORS HYPERFRÉQUENCE BIPOLAIRES

NEC modèle NE 644 et 645

La firme japonaise Nippon Electric Company introduit sous les références NE 644 et 645, deux transistors hyperfréquence bipolaires et à faible bruit. Ces dispositifs fonctionnent dans une bande de fréquences s'étendant de 0,5 à 6 GHz, et leur facteur de bruit s'établit à 1,6 dB à 2 GHz pour un courant collecteur de 7 mA et à 2 dB à 20 mA. Leur gain atteint 20 dB. Ces transistors sont présentés en boîtier «Kovarceramic».

NEC FRANCE, 27-29, rue des Poissonniers, 92200 Neuilly-sur-Seine (tél. 747.91.13).

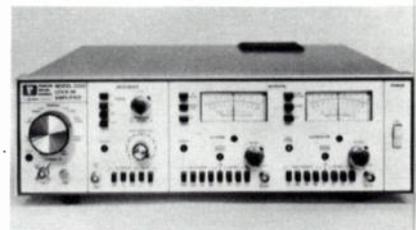
Service lecteur : inscrivez le n° 361.

### AMPLIFICATEUR POUR DÉTECTION SYNCHRONE

Princeton Applied Research modèle 5202

La firme américaine Princeton Applied Research introduit un amplificateur à détection synchrone pour signaux dont la fréquence est comprise entre 100 kHz et 50 MHz. Cet appareil dont la sensibilité dans

le domaine des mégahertz est de l'ordre du microvolt, permet la mesure précise de signaux noyés dans du bruit. Il comporte une sortie «phase» et une sortie «quadrature» indépendantes comportant chacune des commandes de gain, de décalage du zéro et de constante de temps séparées. Le réglage de la phase est calibré et la voie de référence est automatique. En option, cet amplificateur



peut mesurer le module et la phase du signal détecté, en plus de ses composants en phase et en quadrature ; une autre option est également disponible donnant le rapport  $A/B$ ,  $\log A$  ou  $\log \frac{A}{B}$ .

Cet appareil peut être utilisé dans une large variété d'applications concernant les études et recherches expérimentales : résonance magnétique nucléaire (RMN), résonance de spin électronique (RSE), résonance paramagnétique électronique (RPE), étude de la fluorescence des semi-conducteurs mesures radio-fréquence et de bruit sur les lasers, télécommunications, chimie cyclotron, plasma, résonance quadripolaire nucléaire (RQN), etc.

PRINCETON APPLIED RESEARCH. Représentation en France : SSR, BP 93, 91403 Orsay Cédex (tél. 907.17.48).

Service lecteur : inscrivez le n° 362.

### AMPLIFICATEURS LINÉAIRES A HAUTE FRÉQUENCE

SCD Nuclétudes

La société française SCD-Nuclétudes propose une nouvelle série d'amplificateurs linéaires présentant une bande passante



instantanée de 1 GHz (10-1000 MHz) et disponible avec des puissances de sortie de 1 ; 2,5 et 4 W. Les gains sont compris entre 22 et 40 dB selon les modèles ; l'ondulation dans la bande étant de ± 1 dB et le facteur de bruit de 10 dB.

Ces amplificateurs sont protégés contre les surcharges et les désadaptations de charge.

SCD-NUCLÉTUDES, BP 17, 91400 Orsay.

Service lecteur : inscrivez le n° 363.

**TIROIR ANALYSEUR DE SPECTRE HYPERFRÉQUENCE**

Tektronix modèle 7 L 18

Tektronix complète sa gamme de tiroirs enfichables analyseurs de spectre par un modèle permettant de transformer tout oscilloscope Tektronix de la série 7000 y compris le châssis USM-281 C, en analyseur de spectre hyperfréquence pouvant fonctionner jusqu'à 60 GHz. Il couvre donc les gammes de fréquences utilisées pour les télécommunications par satellites, pour les transmissions par faisceaux hertziens, pour les équipements radar. Il incorpore un microprocesseur Intel modèle 4040 dont la fonction est de gérer les mesures afin de faciliter l'utilisation de cet analyseur.



**Caractéristiques :**

- gamme d'accord : de 1,5 à 8 GHz avec mélangeur interne et de 12,5 à 60,5 GHz avec mélangeur externe ;
- résolution : de 30 Hz à 3 MHz ;
- dispersion en fréquence : 20 dispersions étalonnées de 200 Hz à 5 MHz par division ;
- gamme de mesure : de - 110 à + 30 dBm ;
- échelle verticale : mode logarithmique et mode linéaire :
  - 10 dB/division (80 dB sur l'écran) ;
  - 2 dB/division (16 dB sur l'écran) ;
- sensibilité : - 128 dB à 30 Hz de résolution et - 80 dB à 3 MHz de résolution ;
- produits d'intermodulation du troisième ordre pour deux signaux à - 30 dB : - 70 dB au minimum ;
- réponse parasite : - 110 dBm (pas de signal à l'entrée) ;
- stabilité : 2 kHz/heure.

TEKTRONIX FRANCE, BP 13, 91401 Orsay (tél. 907.78.27).

Service lecteur : inscrivez le n° 364.

**GÉNÉRATEUR DE FRÉQUENCE SYNTHÉTISÉ**

Farnell modèle SSG 520

La firme britannique Farnell Instruments Ltd introduit un nouveau générateur de fréquence synthétisé spécialement conçu pour l'alignement, le test et le réglage des équipes



*Salon des composants  
Porte de Versailles - 3-8 avril 1978*

**techmation vous invite  
à visiter ses quatre stands**



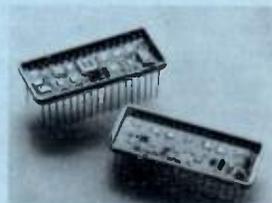
Secteur Composants - Stand n° 139, Allée 12 - Bâtiment 1.

- Connecteurs cage
- Selfs de choc et ajustables
- Supports de batterie en plastique
- Supports de circuits intégrés, de 6 à 80 pattes, à souder ou pour wrapping
- Accessoires de câblage et de châssis



Secteur Composants - Stand n° 141, Allée 12 - Bâtiment 1

- Modules de conversion de données en technologie hybride :
  - analogiques/numériques
  - synchro ou résolveur/numérique.
- Appareils simulateurs et lecteurs d'angle



Secteur Composants - Stand n° 123, Allée D - Bâtiment 2

- Une famille de micro-ordinateurs sur carte Eurocarte 100 x 160 mm.
- Un système de développement de coût modéré.
- Un clavier afficheur de poche, 9 caractères alphanumériques.



Secteur Composants - Stand n° 79, Allée A - Bâtiment 1

- Connecteurs pour utilisation sous-marine.



Demandez une carte d'invitation à :



18-24, quai de la Marne  
75019 PARIS  
Tél. 200.11.05 - Télèx 211541

Service Lecteur : inscrivez le n° 333.

le seul annuaire  
mondial des C.I.  
à remise à jour  
trimestrielle  
gratuite



IC  
MASTER  
78

2200 pages (1000 de plus qu'en 1977)  
de références indispensables  
à tout ingénieur en électronique

- tables d'identification des produits
- répertoire des homologations JAN
- tables de sélection par paramètres
- dictionnaire des boîtiers et gammes de température
- tableaux des "secondes sources"
- annuaire des fabricants et distributeurs
- gamme de produits par fabricant
- répertoire des notes d'application
- fiches techniques des principaux produits

REMISE A JOUR TRIMESTRIELLE GRATUITE

OFFRE SPECIALE

SALON DES COMPOSANTS 1978

620 fr moins 20%

(offre limitée)

496fr

BON de COMMANDE

à retourner à

CONSEIL & PROMOTION

1, rue Damiens - 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT

Je vous commande le IC MASTER 78 au  
prix exceptionnel de 496.00 F TTC et je  
vous joins mon règlement par :

chèque  CCP

Veuillez m'envoyer une facture de régularisation

Nom .....

Société .....

Adresse .....

ments mobiles de radiocommunications en ondes métriques et décimétriques. Cet appareil délivre, en effet, des signaux dont la fréquence, sélectionnée à l'aide de 7 roues codeuses, est comprise entre 10 et 520 MHz. Il comporte un atténuateur de sortie par bonds ayant une étendue de réglage de 119 dB par pas de 1 dB. Le signal de sortie peut être modulé en amplitude ou en fréquence par un signal interne ou externe.

La grande originalité de cet appareil est de permettre l'alignement, le test ou les mesures selon la méthode SINAD (Signal Noise And Distorsion), méthode simple et rapide faisant appel à un signal noyé dans du bruit. Cette technique, adoptée par de nombreux constructeurs de récepteurs, s'avère être la plus intéressante pour déterminer la sensibilité réelle d'un récepteur.

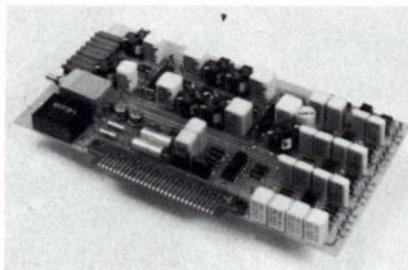
FARNELL MF, 72, rue du Château des Rentiers, 75013 Paris (tél. 583.66.41).

Service lecteur : inscrivez le n° 366.

### CORRECTEURS DE PHASE POUR LA TÉLÉPHONIE

#### SECRE

Les filtres et les lignes téléphoniques présentent en général, l'inconvénient d'avoir une courbe de phase en fonction de la fréquence non linéaire. Aussi, est-il nécessaire dans certains cas, de leur adjoindre des circuits correcteurs.



La société française SECRE s'est dotée de moyens de calculs nécessaires à la conception et à la réalisation de circuits correcteurs de phase actifs ou passifs, à fréquence fixe ou variable. La correction de phase peut atteindre des valeurs de quelques milli-secondes pour le paramètre  $\tau$  dans la bande téléphonique courante (300-3400 Hz).

SECRE, 214, rue du Faubourg Saint-Martin, 75010 Paris (tél. 203.00.11).

Service lecteur : inscrivez le n° 363.

### APPAREIL POUR LOCALISER LES PANNES SUR LES CARTES IMPRIMÉES

#### GenRad modèle 2220

La société américaine GenRad présente un appareil original destiné à la localisation des pannes sur les cartes imprimées comportant des dispositifs à semiconducteurs (circuits intégrés logiques ou linéaires, etc.).

Cet appareil détecte les court-circuits, les circuits ouverts, les court-circuits dans les composants et dans les circuits d'alimentation, etc. Il fonctionne selon trois modes.

Le mode «microvoltmètre» permet notamment de mesurer à l'aide de deux sondes, les chutes de tension dans les lignes imprimées. Les résultats des mesures sont lus sur un voltmètre analogique.



Le mode dit «de connexion» fait appel à un détecteur de résistivité à seuil. Lorsque la portion de circuit située entre deux sondes présente une résistance inférieure à  $68\Omega$ , il y a production d'un signal acoustique sur le haut-parleur de l'appareil.

Le mode «traçage par signal» (Signal Trace en anglais) fonctionne à partir d'un signal carré à 600 kHz qui est appliqué sur le circuit à l'aide d'une sonde d'injection. Une autre sonde comportant deux diodes électroluminescentes permet de suivre le cheminement du signal, une des diodes indiquant la présence du signal, l'autre l'absence.

Cet appareil s'alimente sur le réseau alternatif 110-220 V.

GENRAD FRANCE, 96, rue Orféla, 75020 Paris (tél. 797.07.39).

Service lecteur : inscrivez le n° 367.

### PHASEMETRE NUMÉRIQUE

#### Eurelco modèle 2 000

La société française Eurelco introduit un nouveau phasemètre numérique destiné à l'usage général. Cet appareil comporte un circuit interne d'élimination des bruits et ronflements parasites.



#### Caractéristiques :

- plage de fréquence : 1 Hz-3 MHz (sans aucun réglage) ;
- tension d'entrée :  
3 mV à 3 V sans réglage ;  
3 V à 300 V avec atténuateur incorporé ;
- impédance d'entrée :  $1 M\Omega - 35 pF$  ;
- gamme de mesure :  $-180^\circ$  à  $+200^\circ$  ;
- précision :  $\pm 0,1^\circ$  (10 Hz-300 kHz) ;
- résolution :  $0,1^\circ$  sur l'affichage ou  $0,01^\circ$  sur la sortie ;
- sorties :  
analogique :  $10 mV/^\circ$  ;  
numérique : BCD multiplexée ;
- impédance de sortie :  $10 k\Omega$  protégée ou  $10\Omega$  non protégée ;
- temps de réponse : 2 s ou 40 s en position filtre ;

Service Lecteur : inscrivez le n° 334.

# Salon international des Composants Electroniques

3-8 avril 78  
Paris

Porte de Versailles - 9h à 18h

Tous les composants électroniques  
+ appareils de mesure, matériaux et  
produits + équipements et méthodes  
pour la fabrication et la mise en  
œuvre des composants.

Invitation sur simple demande

S.D.S.A. 20, rue Hamelin  
F 75116 Paris  
Tél. 505.13.17  
Télex 630.400 F



Une excellente  
occasion de  
prendre  
de l'avance.

Service Lecteur : inscrivez le n° 335.

- stabilité :
  - en fonction de la température : 0,005°/°C (20 à 40°C) ;
  - en fonction du temps : 0,02°/8 heures à 20°C ;
- filtre anti-bruit à 5 positions ;
- alimentation : réseau 110-220 V.

Notons que le même constructeur propose sous la référence 4 000 un autre phasemètre qui ne diffère du modèle 2 000, que par la résolution de l'affichage qui a été portée à 0,01°.

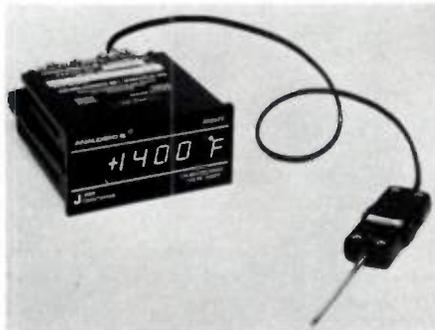
EURELCO, 06510 Carros Industrie (France)  
(tél. (93) 08.10.43).

Service lecteur : inscrivez le n° 368.

## THERMOMETRE NUMÉRIQUE DE TABLEAU

Analogic modèle AN 2572

La société américaine Analogic introduit une nouvelle série de thermomètres numériques de tableau de conception originale. Ces appareils, en effet, sont munis d'un petit module enfichable baptisé «Passive Software Module» (module passif de logiciel) permettant l'adaptation du thermomètre à l'un des 7 thermocouples au standard ANSI et donnant les résultats en °C ou en °F. Au total 14 modules sont disponibles selon le type de thermocouple et l'unité de mesure.



### Caractéristiques :

- capacité : 3 1/2 chiffres ou 1 999 points plus le signe ;
- correcteur automatique de zéro ;
- compensation automatique de la soudure froide ;
- isolement du thermocouple : 1 400 V ;
- Alimentations :
  - version courante : + 5 V continu sous 170 mA ;
  - version embarquée : + 8 à + 28 V continu sous 90 mA ;
  - version secteur ou embarquée : 110 ou 220 V alternatifs de 47 à 500 Hz.

**ANALOGIC. Représentation en France :**  
Kontron Electronique, RN 186, La Boursière, 92357 Le Plessis-Robinson (tél. 630.36.72).

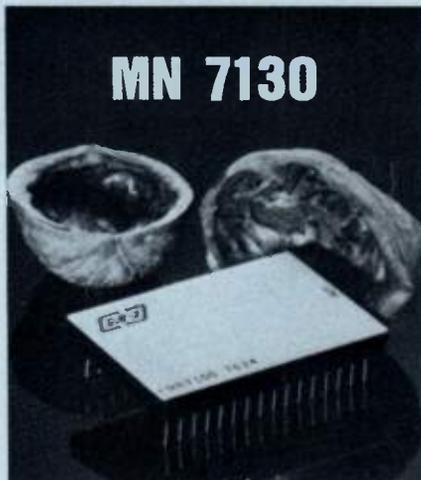
Service lecteur : inscrivez le n° 369.

## CALIBRATEURS POUR MULTIMETRES

Fluke modèles 5 100 et 5 101 A

La société américaine Fluke présente deux calibrateurs pour multimètres analogiques et numériques de 3 1/2 à 5 1/2 chiffres. Construits autour d'un microprocesseur, ces appareils sont caractérisés par une grande souplesse et une grande facilité d'emploi. Ils peuvent être livrés sur option, avec des inter-

**Micro Networks Corporation**



## MÉMOIRE ANALOGIQUE MULTIPLEXÉE

- 8 à 16 entrées différentielles ± 10V
- Amplificateur différentiel incorporé
- 6 µs temps d'acquisition

Le MN 7130 associé à un C/A/N constitue un D.A.S. versatile, compact, économique.

Résolution : 8-10-12-14 bits.  
Vitesse : 30/60 kHz (ADC 80/84).  
Compatible bus microprocesseur.

## FAITES COMME LUI !

Utilisez les C/A/N 12 bits MN ADC 84/85



**Meilleur :** monotone de - 25 à + 85°C  
**Plus rapide :** 5 µs/10 bits, 8 µs/12 bits  
**Moins cher :** MN ADC 84 = 775 F H.T.  
MN ADC 85 = 1.295 F H.T.

**MICROEL**

Avenue des Champs-Lasniers  
«ALPHA 128»  
91440 LES ULIS

Tél. : 907.08.24 Téléx 692493 F

STAND 136 - ALLÉE 12

Service Lecteur : inscrivez le n° 336.

un recueil sur les  
circuits intégrés  
unique au monde  
que vous devez  
posséder



IC  
MASTER  
78

2200 pages (1000 de plus qu'en 1977)  
de références indispensables  
à tout ingénieur en électronique

- tables d'identification des produits
- répertoire des homologations JAN
- tables de sélection par paramètres
- dictionnaire des boîtiers et gammes de température
- tableaux des " secondes sources "
- annuaire des fabricants et distributeurs
- gamme de produits par fabricant
- répertoire des notes d'application
- fiches techniques des principaux produits

REMISE A JOUR TRIMESTRIELLE GRATUITE

OFFRE SPECIALE

SALON DES COMPOSANTS 1978

620 fr moins 20%

(offre limitée)

496fr

BON de COMMANDE

à retourner à

CONSEIL & PROMOTION

1, rue Damiens - 92100 BOULOGNE-BILLANCOURT

Je vous commande le IC MASTER 78 au  
prix exceptionnel de 496,00 F TTC et je  
vous joins mon règlement par :

chèque  CCP

Veuillez m'envoyer une facture de régularisation

Nom .....

Société .....

Adresse .....

faces permettant le raccordement à des équipements périphériques ou la commande par ordinateur.



#### Caractéristiques :

- tensions continues :  
± 0,1  $\mu$ V à ± 1 100 V ;  
précision : 0,005 % ;
- tensions alternatives :  
0,1  $\mu$ V à 1 100 V ;  
fréquence : 50 Hz à 50 kHz (10 Hz à  
10 MHz sur option) ;
- courants alternatifs et continus : 1 nA à  
2 A ;
- résistances : 1  $\Omega$  à 10 M  $\Omega$ .

Les calculs d'erreur en pourcentage ou en décibels peuvent être directement lus sur l'appareil. En outre, le système permet de compenser automatiquement la résistance des fils de raccordement. Ces appareils offrent une grande sécurité d'emploi grâce à un système de protection automatique de la sortie et grâce à la possibilité, pour l'opérateur, de programmer les limites en tension et en courant de sortie.

Le modèle 5 101 A dispose d'un lecteur de cassette permettant d'enregistrer et de réaliser automatiquement les séquences d'étalonnage.

Ces appareils conviennent aussi bien pour la maintenance, le contrôle ou l'étalonnage d'appareils de mesure.

FLUKE (USA). Représentation en France : MB Electronique, ZAC de Buc, BP 31, 78530 Buc (tél. 956.31.30).

Service lecteur : inscrivez le n° 370.

#### ANALYSEUR DE TRAFIC POUR TRANSMISSION DE DONNÉES

Atlantic Research modèle Interview II

La firme américaine Atlantic Research présente un nouvel appareil destiné au contrôle en ligne des systèmes de transmission de données. Cet analyseur se branche directement sur un interface V 24 ou RS 232 et comporte un tube cathodique visualisant en clair les données en octal ou en hexadécimal selon les codes ASCII, EBCDIC, EBCD ou SELECTRIC. Il s'adapte à la plupart des



procédures courantes synchrones, asynchrones, BSC, HDLC, SDLS ou au protocole X 25 duplex ou demi-duplex.

Parmi les caractéristiques de cet appareil, notons qu'il visualise le trafic jusqu'à un débit de 64 K bits/s et qu'il dispose d'un système automatique d'inversion vidéo pour les données reçues. La capacité de visualisation est de 1024 caractères répartis en 2 pages de 512 caractères. Les données peuvent être gelées sur l'écran à partir d'un caractère présélectionné et les caractères sélectionnés à l'aide des roues codeuses sont visualisés avec un clignotement qui permet leur repérage.

Cet appareil est disponible avec de nombreuses options qui rendent son utilisation possible pour la plupart des cas. Remarquons que cet analyseur peut être directement connecté à l'équipement de test Intershake II du même constructeur, permettant ainsi la constitution d'un système interactif de test de transmission de données.

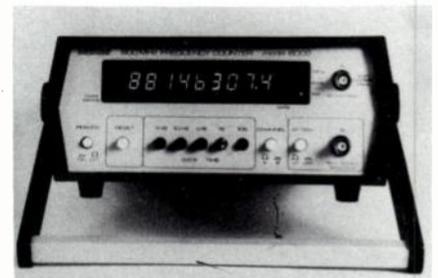
ATLANTIC RESEARCH CORPORATION (USA). Représentation en France : Tekelec Airtronic, BP n° 2, 92310 Sèvres (tél. 027.75.35).

Service lecteur : inscrivez le n° 371.

#### COMPTEUR FRÉQUENCEMÈTRE NUMÉRIQUE

Kontron modèle 6 0002

La firme d'Allemagne Fédérale Kontron Elektronik complète sa gamme de compteurs fréquencemètres par le modèle 6002 qui permet d'effectuer des mesures dans une gamme allant de 10 Hz à 600 MHz.



#### Caractéristiques :

- 2 entrées selon la fréquence :  
10 Hz-80 MHz avec une impédance de 1 M  $\Omega$  sur 15 pF ;  
40-600 MHz avec une impédance de 50  $\Omega$  ;
- capacité : 9 chiffres ;
- résolution maximale : 0,1 Hz ;
- sensibilité sur l'entrée 50  $\Omega$ : 10 mV efficaces ;
- base de temps : 10 MHz avec une stabilité de  $1 \cdot 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$  ;
- alimentation : 110-220 V (48 à 400 Hz)
- option : sortie BCD.

KONTRON ELECTRONIQUE SA, BP 99, 78140 Vélizy Villacoublay (tél. 946.97.22).

Service lecteur : inscrivez le n° 372.

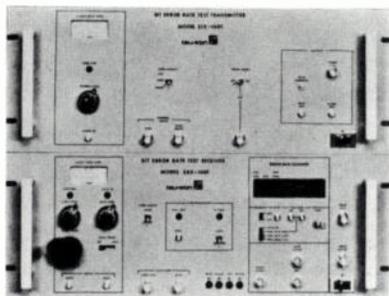
**BANC DE MESURE  
DE TAUX D'ERREURS POUR  
TRANSMISSION NUMÉRIQUE**

**Tau-Tron modèle STX et SRX 1 001**

La firme américaine Tau-Tron présente un banc de mesure de taux d'erreurs pour les transmissions numériques, composé d'un émetteur modèle STX-1001 et d'un récepteur modèle SRX-1001. Cet ensemble permet des mesures pour des fréquences d'horloge comprises entre 200 et 1 050 MHz.

La détection s'effectue de bit à bit sur des séquences de 127 et de 32 767 bits ou bien sur une séquence de test.

Ce banc est équipé d'un dispositif de contrôle automatique de gain sur l'entrée «horloge» du récepteur ; il permet l'insertion automatique ou manuelle d'erreurs, la synchronisation étant automatique. Il comporte un dispositif d'affichage numérique donnant la fréquence et le taux d'erreur en fonction du



temps avec totalisation. Il dispose d'un réglage de phase relative entre les entrées horloges et données et de divers indicateurs donnant l'état de la liaison et du banc.

Ce banc est destiné au secteur des communications numériques quels que soient les supports de transmission utilisés : fibres optiques, câbles, faisceaux hertziens, etc.

**TAU-TRON (USA).** Représentation en France : ETAT, 3, boulevard Saint-Martin, 75003 Paris (tél. 272.37.97).

Service lecteur : inscrivez le n° 373.

**L'ONDE ÉLECTRIQUE**

**Service Lecteur**

Pour vous documenter sur les produits annoncés, les nouveautés techniques, les produits récents :

**TÉLÉPHONEZ** directement au fabricant ou à son représentant si vous ne souhaitez qu'un simple renseignement.

**ÉCRIVEZ** directement au fabricant ou à son représentant si vous avez besoin d'un document officiel.

**UTILISEZ LE SERVICE LECTEUR** si vous désirez une documentation complète sur un ou plusieurs produits.

Dans chaque fascicule de l'Onde Électrique vous trouverez, en fin de volume, les cartes information mises à votre disposition.

**les aide-mémoire  
dunod**

**INFORMATIQUE**

Systèmes d'information. Représentation et organisation des données. Fichiers. Banques de données. Programmation Fortran, Cobol, PL/1. Téléinformatique. Tables de codification. . . . . 49 F

**AUTOMATIQUE**

Analyse et synthèse des systèmes continus et des systèmes échantillonnés, linéaires ou non. Espace d'état, identification. Systèmes logiques et séquentiels . . . . . 49 F

**COMPOSANTS DE L'ÉLECTRONIQUE**

Grandeurs physiques et électriques. Matériaux et composants passifs. Réseaux et filtres. Dipôles non linéaires. Tripôles actifs . . . . . 49 F

**FONCTIONS DE L'ÉLECTRONIQUE**

Circuits à diode. Éléments amplificateurs. Rétroaction. Amplificateur opérationnel. Dispositifs à seuil. Multiplicateur et fonction-produit. Générateurs harmoniques. Éléments de circuits logiques . . . . . 49 F

**RADIO ET TÉLÉVISION**

Signaux et messages. Composants en haute fréquence, lignes et guides. Antennes et propagation. Réception en modulation de fréquence. Stéréophonie, récepteurs-émetteurs. Télévision. Télécommunications. Radionavigation et radiolocalisation. . . . . 44 F

**ANALYSE MATHÉMATIQUE**

Fonctions de variable réelle. Espaces métriques. Topologie générale. Intégration. Orthogonalité. Fonctions de variable complexe. Équations différentielles. Transformations de Fourier et Laplace. Distributions. Formulaire et tables. . . . . 39 F



**pour le spécialiste**

Service Lecteur : inscrivez le n° 338.

# Une innovation technologique le 7L 18 analyseur de spectre hyperfréquence 60 GHz.

## Communiqué

### TEKTRONIX

B.P. 13 - 91401 ORSAY  
Tél. : 907.78.27

Le 17 janvier 1978, au cours d'une conférence de presse à l'U.S. Trade Center, Tektronix présentait l'analyseur de spectre hyperfréquence 7L 18.

Suivait une conférence destinée aux clients. De nombreuses questions y furent posées. Nous en avons extrait les suivantes :

#### JUSQU'À QUELLE FRÉQUENCE LA RÉOLUTION DE 30 HZ EST-ELLE UTILISABLE ?

La résolution de 30 Hz est utilisable jusqu'à 12 GHz. Celle de 300 Hz est utilisable jusqu'à 60 GHz.

Ceci a été rendu possible grâce à une technique d'asservissement d'avant-garde (phase lock) des oscillateurs locaux. La spécification de MF incidente est 10 fois meilleure que celle des analyseurs de spectre actuellement présents sur le marché.

#### QUEL EST LE RÔLE DU MICROPROCESSEUR ?

Le microprocesseur gère la plupart des commandes du panneau avant. Il libère l'utilisateur des problèmes d'utilisation afin qu'il ne se consacre qu'à sa mesure.

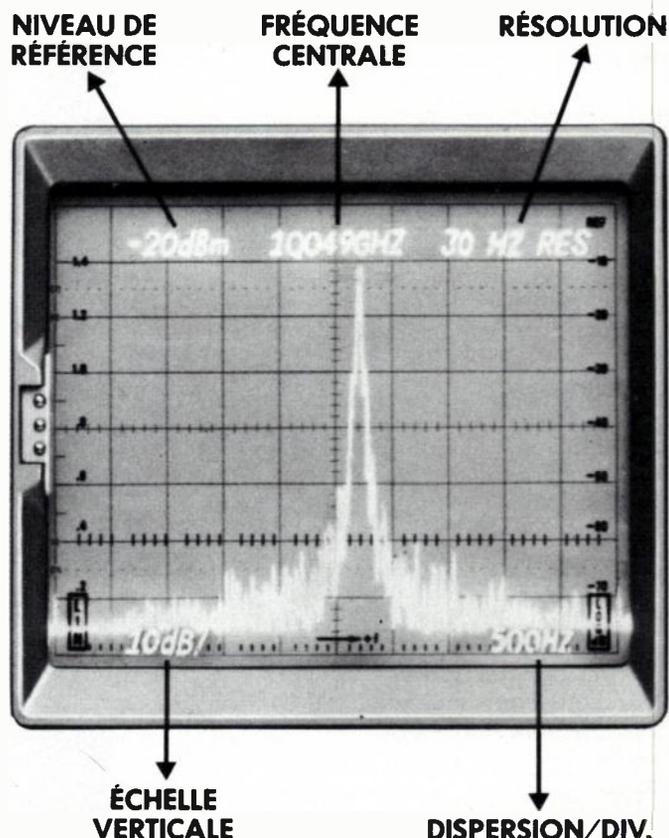
Le microprocesseur effectue la lecture de la fréquence centrale, de l'atténuation SHF, de la position du commutateur de bande. Il détermine les atténuations FI et calcule le niveau de référence. Le microprocesseur lit le temps par division, la dispersion, la bande du filtre de résolution et gère le mode de représentation « Automatique ». Cet automatisme peut être débrayé et l'opérateur peut à tout moment choisir, dispersion, résolution et vitesse d'analyse, à sa convenance.

#### L'UTILISATION D'UN OSCILLOSCOPE À MÉMOIRE EST-ELLE INDISPENSABLE ?

Absolument pas, car l'appareil possède une mémoire numérique. Cette fonction mémoire est réalisée par deux circuits MOS LSI développés par Tektronix. Plusieurs fonctions sont disponibles :

- mise en mémoire numérique du signal analysé,
- représentation en mode rafraîchi, sans scintillement, de ce signal, même aux vitesses de balayage les plus lentes,
- moyennage numérique : élimination du bruit,
- représentation du signal crête et mémorisation de celui-ci après comparaison avec un signal de référence (MAX HOLD),
- mémoire partagée : comparaison algébrique du spectre incident avec celui mis en mémoire. Représentation indépendante ou simultanée.

#### VOTRE APPAREIL INDIQUE EN HAUT ET À GAUCHE DE L'ÉCRAN UNE RÉFÉRENCE EN dBm. À QUOI CELA CORRESPOND-IL ?



L'appareil est étalonné en amplitude et la graduation du haut de l'écran correspond au niveau de référence de l'affichage en dBm. Ce niveau est calculé par le microprocesseur après lecture de l'atténuateur SHF.

#### QUELLE EST LA FONCTION DE LA PRISE EXT MIXER DU PANEAU AVANT ?

Cette prise sert à connecter les mélangeurs externes. Le 7L18 fonctionne au-delà de 18 GHz avec ces mélangeurs. Tektronix offre des mélangeurs à hautes perfor-

mances qui permettent de conserver l'étalonnage en amplitude jusqu'à 60 GHz. Les diodes utilisées peuvent supporter 10 mW sans dommage et permettent d'analyser des signaux de  $-75$  dBm, à 40 GHz, avec une résolution de 30 kHz. Chaque mélangeur permet une spécification dans la bande de  $\pm 3$  dB.

**GÉNÉRALEMENT, L'ANALYSEUR DE SPECTRE HYPERFRÉQUENCE EST UN APPAREIL ENCOMBRANT ET QUI PÈSE TRÈS LOURD. QU'APPORTE LE 7L18 DANS CE DOMAINE ?**

L'ensemble 7L18/7603 ne pèse que 21,6 kg. Il peut donc être facilement transporté d'un point à un autre. L'analyseur de spectre hyperfréquence n'est donc plus seulement un appareil de laboratoire, mais un appareil qui peut être utilisé directement sur le site. Des capots de protection, ou valise de transport sont disponibles.

**QUELLE EST LA DYNAMIQUE DU 7L18 ?**

La dynamique d'écran du 7L18 est de 80 dB. Celle relative à l'intermodulation spécifiée pour 2 porteuses à  $-30$  dBm, est de 70 dB.

On peut obtenir une dynamique supérieure à 80 dB (mesure en pied de porteuse), par une réduction de l'atténuation d'entrée. Ceci se fait au détriment des spécifications relatives aux produits d'intermodulation.

**QUELLE EST LA DÉRIVE DU 7L18 ?**

La modulation de fréquence résiduelle est de 10 Hz crête à crête en mélange fondamental. Ceci permet d'utiliser la résolution de 30 Hz jusqu'à 12 GHz.

La dérive à long terme est de 2 kHz par heure, après 2 heures de chauffe.

L'amplitude du bruit de phase est inférieure à 70 dB, à 50 kHz de la porteuse et dans une bande passante de 3 kHz.

Ces trois caractéristiques permettent d'apprécier complètement la stabilité du 7L18. 2 kHz par heure de stabilité sur une fréquence centrale de 60 GHz correspond à la stabilité des meilleurs standards de fréquence présents sur le marché.

**JE POSSÈDE UN OSCILLOSCOPE 7504. VOTRE ANALYSEUR EST-IL COMPATIBLE AVEC CETTE ANCIENNE SÉRIE ?**

Le 7L18 est compatible avec tous les châssis d'oscilloscopes de la série 7000, y compris la version militarisée USM 281C. Votre oscilloscope peut donc être utilisé sans problème avec un 7L18. Nous recommandons cependant d'utiliser un oscilloscope 7603 car il possède un grand écran.

**LE 7L18 EST-IL PROGRAMMABLE ?**

Tektronix travaille sur une option qui permettra l'accès au bus du microprocesseur de l'appareil. Ceci permettra la programmation de la plupart des fonctions du 7L18.

**QUELLE EST L'IMMUNITÉ AUX PARASITES DU 7L18 ?**

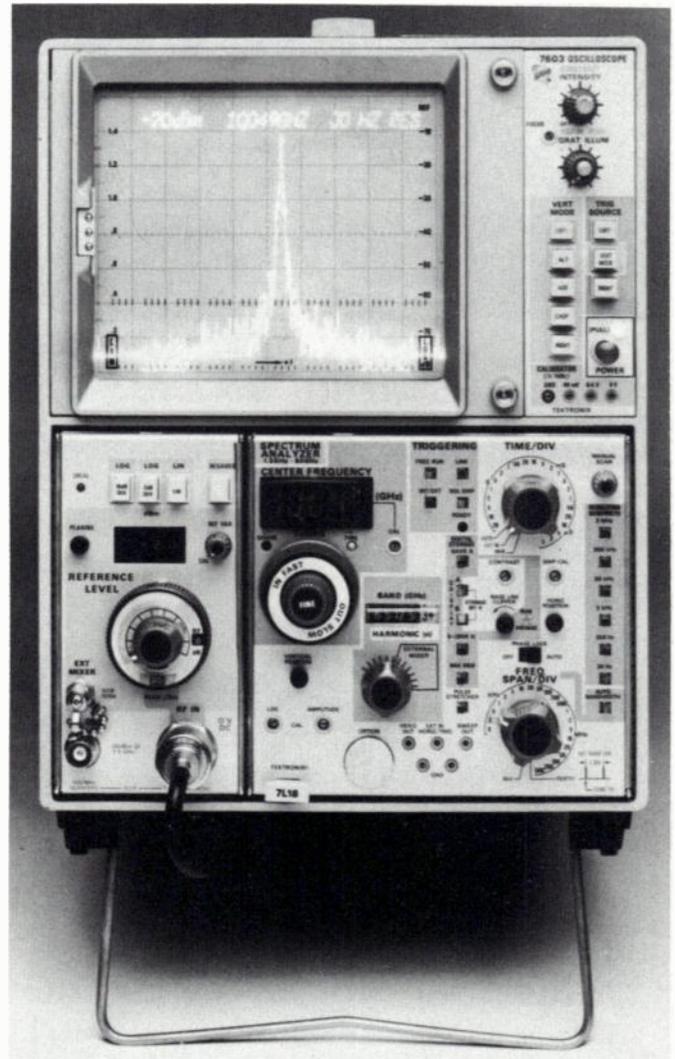
L'utilisation d'un châssis d'oscilloscope aux normes EMI (option 4) permet de répondre aux critères de rayonnement ou d'immunité aux parasites parmi les plus sévères (normes MIL).

**LE 7L18 COUVRE LA GAMME 1,5 GHz-60 GHz. TEKTRONIX COMPTE-T-IL DÉVELOPPER D'AUTRES APPAREILS ?**

Depuis déjà 2 ans, Tektronix couvre la gamme 10 Hz à 1,8 GHz avec plusieurs appareils :

- 7L5-DC à 5 MHz; résolution 10 Hz;
- 7L12-100 kHz à 1,8 GHz; résolution 300 Hz;
- 7L13-1 kHz à 1,8 GHz; résolution 30 Hz.

Tektronix couvre donc maintenant la gamme de 10 Hz à 60 GHz, à l'aide de 3 appareils : 7L5, 7L13, 7L18 dont les performances en font des standards de l'industrie.



L'ensemble 7L18/7603 ne pèse que 21,6 kg. Il peut donc être facilement transporté d'un point à un autre.

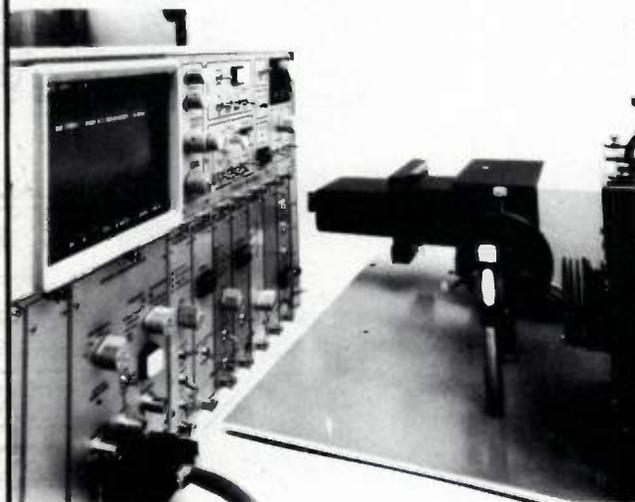
**CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES DU 7 L 18**

- Bande passante : 1,5 GHz à 60 GHz
- Dispersion : 200 Hz/div. à 500 MHz/div. en séquence 1.2.5. Dispersion 0 et maximale
- Résolution : 30 Hz jusqu'à 12 GHz - 300 Hz au-delà
- Dynamique : 80 dB sur l'écran
- Sensibilité :  $-127$  dBm (niveau de bruit moyen)
- Niveau de référence :  $-110$  dBm à  $+40$  dBm
- Commande du panneau avant : gérée par microprocesseur
- Sortie pour enregistreur : disponible sur le panneau avant
- Consommation : 170 W

Service Lecteur : inscrivez le n° 339.

# Un nouveau pas en spectroscopie optique TN 1710 D.A.R.S.S.

Le système TN 1710 « DIODE ARRAY RAPID SCAN SPECTROMETER » (D.A.R.S.S.) de TRACOR NORTHERN est un nouveau système modulaire d'analyse dans la spectroscopie optique.



Le système consiste en un ensemble de détecteurs à photodiodes au silicium, un amplificateur de photons, et une interface pour se connecter à l'analyseur d'amplitude avec visualisation TN 1710, piloté par un microprocesseur.

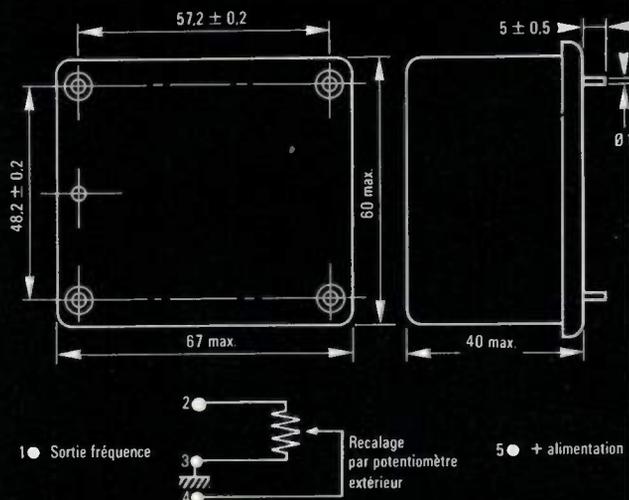
La modularité du système permet d'avoir la configuration optimum par rapport au but recherché.

Les spécifications sont les suivantes :

- Nombre de détecteurs à mémorisation instantanée : 256, 512 ou 1024.
- Réponse spectrale parallèle 200 à 1100 nanomètres.
- Dynamique de mesure 4096/1.
- Champ d'application simultané 200 à 850 nanomètres à chaque balayage.
- Calibration en longueur d'onde.
- Programmeur automatique pour répétition d'analyses complexes.
- Module de calcul permettant le lissage, la soustraction du bruit de fond, l'intégration, la différenciation, les rapports de pics, etc...

Tracor France, 8, rue Le Corbusier,  
Silic 202 - 94518 Rungis - Tél. : 686-15-47.

## PILOTE A QUARTZ PMT - P 5



### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Fréquence :	4 à 6 MHz Standard : 5 MHz
Stabilité de fréquence :	$\geq 5 \cdot 10^{-11}$
Dimensions :	67 x 60 x 40 mm
Poids :	180 g

## C.E.P.E.

Filiale THOMSON-CSF

COMPAGNIE D'ÉLECTRONIQUE  
ET DE PIEZO-ELECTRICITE  
101, RUE DU PÔLE-ROOSEVELT / B.P. 74  
78500 SARTROUVILLE / FRANCE  
TEL. (1) 914.53.36



## Numéro spécial salon



### L'ADC-TV 8 B : Un convertisseur A/N 8 bits - 20 MHz

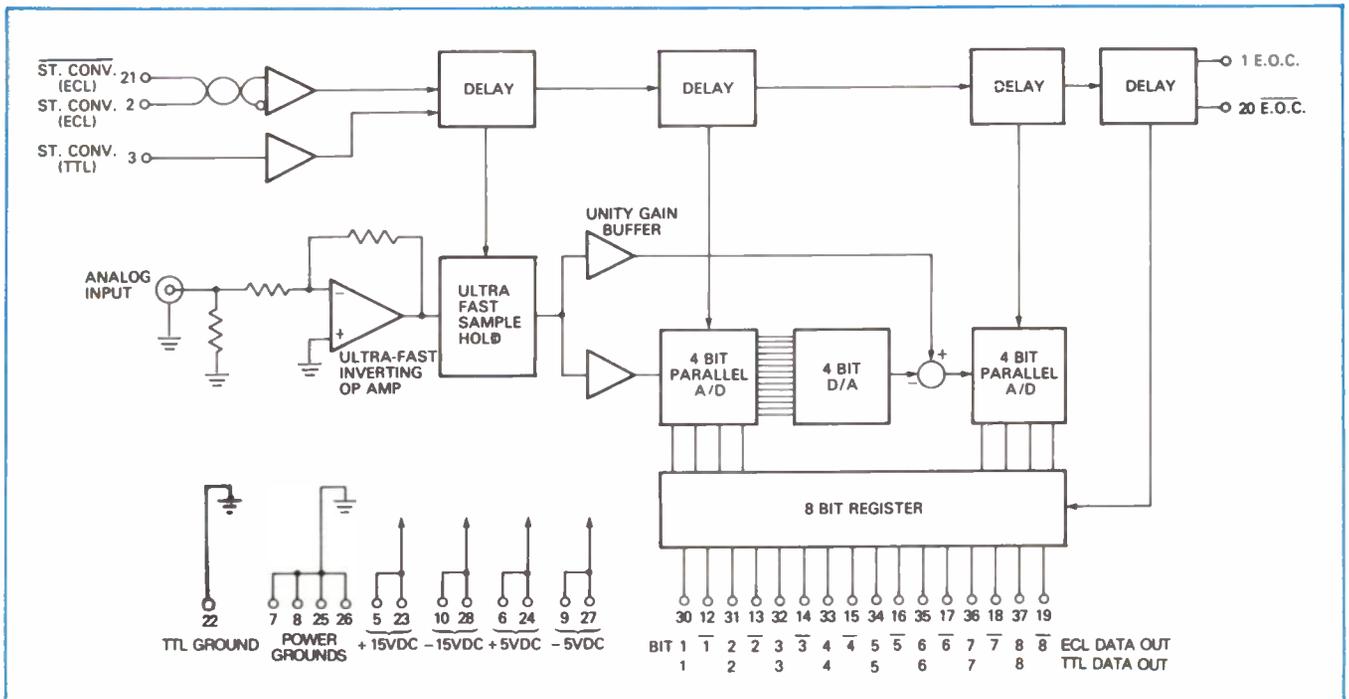
L'ADC-TV 8 B représente une avance considérable dans les techniques de conversion analogique/numérique rapide. Avec une résolution de 8 bits et une vitesse de 20 MHz (ou 160 Mbits/sec.), il répond à vos problèmes de transmission et d'analyse des images TV, de digitalisation des signaux radars et de systèmes d'acquisition ultra rapide.

Enfin, l'ADC-TV 8 B a été conçu et réalisé selon une technique de blocs-fonctions associés : 4 circuits hybrides à couche mince spécialement étudiés et combinés avec d'autres composants (dont des circuits ECL) montés sur un même circuit imprimé, constituent le cœur de ce convertisseur qui comprend, en outre, un échantillonneur-bloqueur ultra rapide.

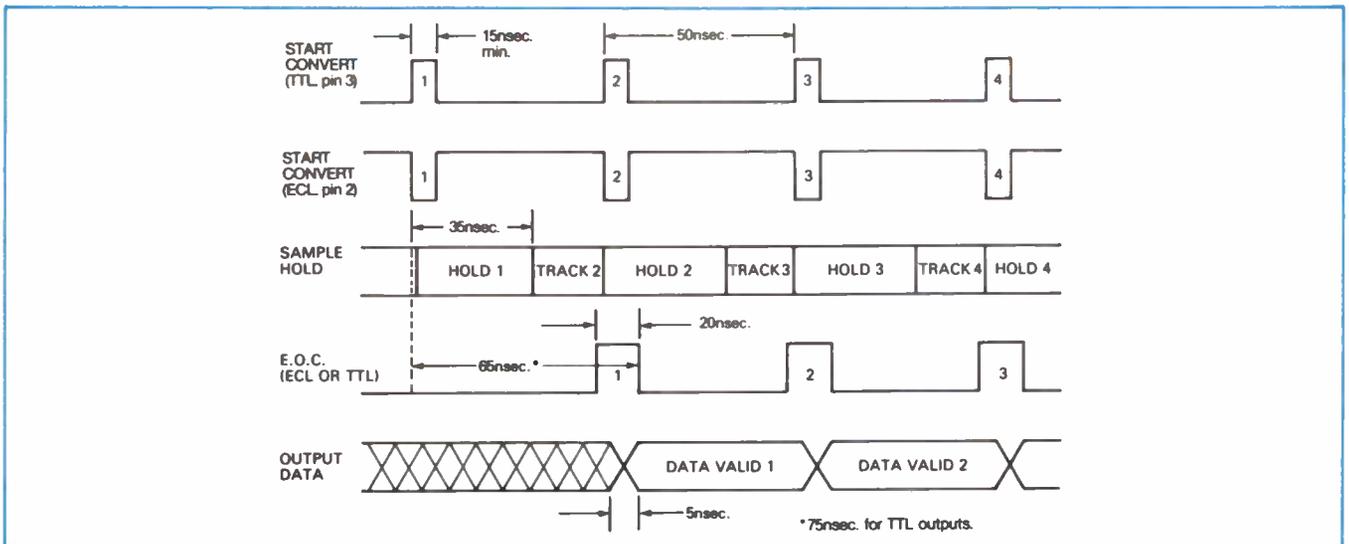
(Voir page 2 le principe de fonctionnement).

DATEL SYSTEMS Leader en technologie de conversion et d'acquisition de données fabrique : convertisseurs A-N,N-A Multiplexeurs - Echantillonneurs bloqueurs - Amplificateurs opérationnels - Alimentations modulaires - Convertisseurs DC-DC - Voltmètres de tableau - Imprimantes - Compteurs - Data loggers - Systèmes d'acquisition - Enregistreurs - Lecteurs de cassette.

Nos représentants : Rhône-Alpes, Comtec Tél. : (78) 48 61 87 - Sud Ouest, SPELEC Tél. (61) 62.34.72



Block diagram



Timing diagram

Carte-Informations cerchez le n° 3-01

## Principe de fonctionnement du Convertisseur A/N 8 bits - 20 MHz ADC TV 8 B

L'ADC-TV 8 B utilise une technique de conversion série parallèle illustrée par le schéma ci-dessus. Chacun des convertisseurs A/N 4 bits est réalisé à partir de 2 convertisseurs 3 bits cascadables. La tension analogique est appliquée à l'entrée d'un ampli inverseur ultra rapide qui réalise la mise à l'échelle nécessaire à l'échantillonneur/bloqueur et au convertisseur A/N. Une conversion est initialisée par un pulse extérieur qui déclenche une séquence définie par quatre circuits à retard ECL. Le premier retard positionne l'échantillonneur du mode « poursuite » au mode « mémoire » en 35 nsec. La sortie de l'échantillonneur est boostée et entre sur un premier convertisseur A/N 4 bits binaires. Ce codeur attaque simultanément un convertisseur N/A 4 bits sous la forme de 15 niveaux logiques.

La sortie du C N/A est comparée à la sortie de l'échantillonneur et la différence de tension présentée au deuxième C A/N qui est chargé de fournir les 4 bits de faible poids au registre. Le dernier circuit retard fournit un pulse de 20 nsec. indiquant que la donnée est prête sur le registre 8 bits de sortie. Le temps de conversion est de 65 nsec. dans la version ECL et 75 nsec. dans la version TTL. C'est le temps mesuré entre le front montant de l'impulsion de conversion et le front descendant du signal fin de conversion. Cependant, le temps max. entre 2 conversions est de 50 nsec., ce qui représente une vitesse de 20 MHz.

# nouveaux composants et modules

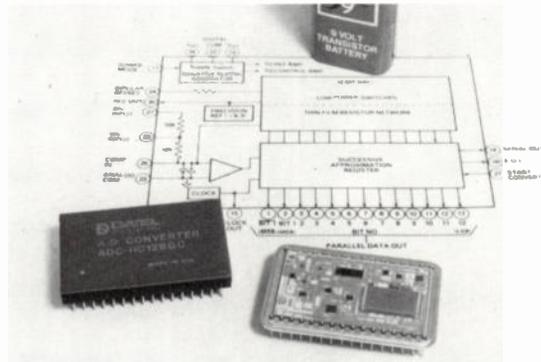
## L'ADC-HC 12 B: premier convertisseur A/N alimenté par batterie 9-12 V

L'ADC HC 12 B est, en effet, le premier convertisseur A/N microconsommation proposé sur le marché pour les applications d'instrumentation portable. Un circuit interne de stockage d'énergie développe la tension négative requise pour le fonctionnement permettant au convertisseur de travailler à partir d'une batterie de 9 à 12 V. Une technologie CMOS est utilisée afin de limiter la consommation à 120 mW seulement. En fonctionnement standby, (dans l'attente d'une conversion), l'ADC HC 12 B consomme seulement 10  $\mu$  A. Sa présentation est celle d'un circuit couche mince 32 broches.

Le synoptique interne comprend un ampli d'entrée avec protection, 12 commutateurs CMOS à approximation successive, une horloge, une zener de référence et un circuit de stockage d'énergie. La technologie de fabrication en film mince utilise un réseau R 2 R de précision, au nickel chrome, ajusté au laser en dynamique. Ce réseau permet d'obtenir un coefficient de température en tracking de 1 ppm/ $^{\circ}$ C et de garantir la monotonie sur toute la plage de température.

Six tensions d'entrée peuvent être appliquées par simple connexion : 0 + 5 V, 0 + 10 V, 0 + 20 V,  $\pm$  2,5 V,  $\pm$  5 V et  $\pm$  10 V. La linéarité est spécifiée à  $\pm$  1/2 LSB max. Le code de sortie est binaire pur, binaire décalé ou complément à 2. Une sortie série est également présente. La consommation est fonction de la vitesse de conversion.

Pour 100, 1000 ou 2000 conversions/sec elle est respectivement de 3,5, 26 et 50 mW. Aucun composant extérieur n'est nécessaire à l'exception de 2 potentiomètres si l'on souhaite annuler le décalage du zéro et du gain. Pour les applications haute fiabilité ces potentiomètres peuvent être remplacés par des résistances. Quatre modèles sont proposés : l'ADC - HC 12 BGC en boîtier epoxy pour températures de 0 $^{\circ}$  à + 70 $^{\circ}$ , les modèles MC, MR et MM en boîtier étanche pour des gammes de températures respectivement de 0 à + 70 $^{\circ}$ C, - 25 à + 85 $^{\circ}$ C et - 55 à + 125 $^{\circ}$ C.



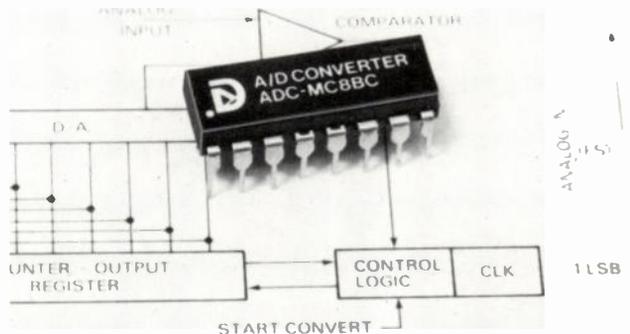
Carte-Informations cerclée le n° 3-02

## L'ADC-MC 8 B : un convertisseur A/N - N/A, multifonction, monolithique, économique 8 bits.

Ce nouveau convertisseur N/A 8 bits est réalisé en technologie monolithique et est particulièrement intéressant dans tous les cas d'utilisations économiques comme convertisseur N/A ou A/N, multiplieur N/A, générateur de rampe ; il est utilisable en mode A/N grâce à son compteur interne et à deux composants extérieurs. Il est proposé en deux versions : l'ADC MC 8 BC en boîtier DIP plastique 14 broches pour une température d'emploi de 0 à 70 $^{\circ}$ C, l'ADC MC 8 BM en boîtier DIP céramique pour une température de - 55 + 125 $^{\circ}$ C. L'ADC MC 8 comprend : 8 commutateurs de courant, un réseau de résistances diffusées, une référence de précision, un compteur 8 bits binaires et un circuit logique. Ce dernier permet, à partir d'une commande extérieure unique, de déterminer si les commutateurs de courant doivent accepter la donnée issue du compteur (mode A/N) ou les données extérieures (mode N/A).

Utilisé avec la référence interne, on obtient une sortie de 0 à 3 V. Le temps d'établissement en sortie est de 4  $\mu$  sec. pour la pleine échelle. En utilisation A/N, le temps de conversion est de 500  $\mu$  sec. L'ADC MC est garanti monotone sur toute la plage de température. Alimentation : + 5 V. Consommation : 150 mW.

## COUNTER-COMPARATOR A/D



Carte-Informations cerclée le n° 3-03

**CARTE-INFORMATIONS**

à retourner affranchie à 1 F à

**DATEL**  
SYSTEMS

11 avenue Ferdinand-Buisson  
75016 PARIS

# nouveaux instruments et systèmes

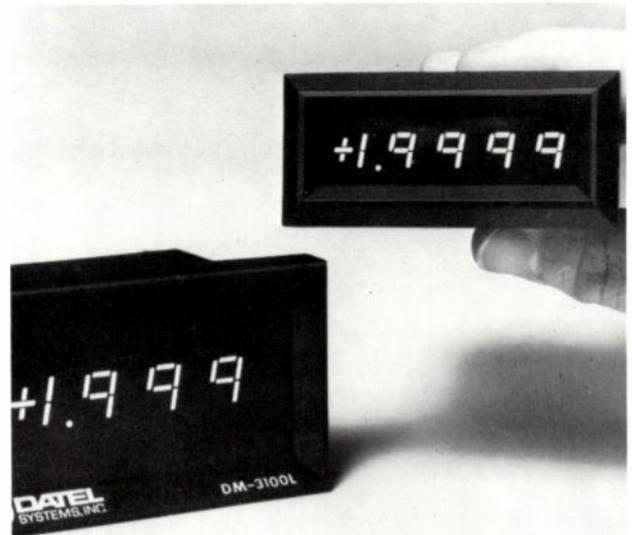
## Les DM 3100 et 4100 : une famille de voltmètres de tableaux hautes performances - bas prix.

Cette famille de 5 voltmètres destinés à des applications d'affichage simples et d'utilisation non moins simple concilie les avantages de performances intéressantes et d'un coût économique. Notons que, parmi les 5 modèles proposés, 2 le sont en « boîtier bas profil » et un à affichage à cristaux liquides.

- le DM 3100 L - 3 1/2 digits - Affich. LED, Alim. 5 V / 190 mA
- le DM 3100 X - 3 1/2 digits - Affich. LCD, Alim. 3,5 à 6,5 V / 3 mA
- le DM 3100 N - « bas profil » - 3 1/2 digits - Affich. LED - Alim. 5 V / 190 mA
- le DM 4100 L - 4 1/2 digits - Affich. LED, Alim. 5 V / 350 mA
- le DM 4100 N - « bas profil » - 4 1/2 digits - Affich. LED - Alim. 5 V / 350 mA

Tous possèdent une entrée différentielle pour éliminer les erreurs de mode commun.

Autres caractéristiques communes : Entrée  $\pm 2$  V à 80 dB de RMC - Coeff. de temp. 50 ppm de la lecture / °C - Précision  $1.10^{-3}$  pour les modèles 2000 points et  $2.10^{-4}$  pour les 4000 points. Impédance d'entrée 100 M $\Omega$  mini - Protection incorporée pour 150 V de surtension - Vitesse de conversion : 3/sec. - Affichages : les 3100, H = 12,5 mm, les 4100, H = 7,5 mm. Temp. d'emploi : 0 à 50°C.

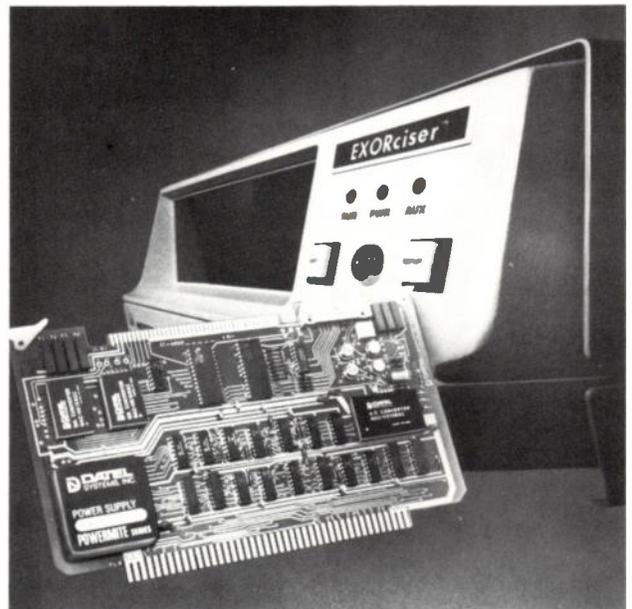


Carte-Informations cercliez le n° 3-04

## Le ST 6800 : un périphérique d'acquisition/distribution à 32 voies d'entrée/sortie compatible avec le « M 6800 Exorciser ».

L'idée de placer un système d'acquisition à l'intérieur même du microprocesseur est nouvelle et résulte du développement des convertisseurs A/N et N/A rapides à circuit couche mince. Cette technologie, maintenant très au point, a permis le développement d'une large gamme de cartes compatibles. Le ST 6800 est un périphérique d'acquisition et de distribution de données analogiques complet réalisé sur une carte unique directement enfichable et compatible avec le bus du microprocesseur Motorola « M 6800 Exorciser ». Il utilise le 5 Vcc disponible sur le bus et génère les tensions de  $\pm 15$  V nécessaires aux circuits analogiques. Il accepte 32 voies asymétriques ou 16 voies différentielles et les convertit en un mot de 12 bits binaires. Les échantillons de données sont envoyés sur le bus du M 6800 par groupe de 8 bits. Des signaux de  $-10$  V à  $+10$  V (ou autres niveaux) sont acceptés. La conversion A/N utilise un convertisseur hybride du type ADC-HZ DATEL. Une cadence d'échantillonnage de 30.000 points/sec. peut être atteinte. La carte mère ST 6800 peut aussi avoir 2 sorties analogiques de  $\pm 10$  V utilisables soit pour le contrôle de processus, soit pour un enregistreur XY, une visu graphique, des enregistreurs analogiques, etc...

Enfin, des cartes additionnelles A/N ou N/A disponibles permettent l'extension de la capacité totale à 128 voies.



Carte-Informations cercliez le n° 3-05



M..... Fonction.....

Entreprise..... Service.....

Adresse.....

Ville..... Code postal..... Tél..... poste.....

Souhaite sans engagement, ni frais,

- Recevoir le catalogue Datel 1978
- Recevoir une documentation plus complète sur les produits-numéros suivants :  
n° 3-01    n° 3-02    n° 3-03    n° 3-04    n° 3-05
- Recevoir régulièrement Datel Systems Informations (abonnement gratuit)
- Avoir la visite d'un ingénieur Datel pour le problème suivant : .....

# oe LIVRES RECUS

## Pratique séquentielle et réseaux de Pétri,

S. THELLIEZ,

*Eyrolles*, Paris, 1978, 141 p.

Introduction (8 p.). - Réseaux de Pétri (10 p.). - Machines séquentielles (40 p.). - Synthèse de structures de commandes élémentaires (83 p.). - Bibliographie.

## Problèmes d'Électronique avec leurs solutions. Tome III : Amplifications circuits intégrés,

F. MILSANT,

*Eyrolles*, Paris, 1978, 177 p.

Signaux faibles. Amplificateurs en audiofréquences (22 p.). - Amplificateurs en vidéofréquences (16 p.). - Amplificateurs en radiofréquences (19 p.). - Amplificateurs continus à circuits intégrés (30 p.). - Générateurs d'attaque et bruit de fond (14 p.). - Signaux forts. Étage simple de sortie (25 p.). - Étage push-pull (28 p.). - Problèmes de révision (18 p.). - Réponses des problèmes à résoudre (1 p.).

## The theory of error correcting codes. Part I,

F.J. MacWilliams et N.J.A. SLOANE,

*North Holland*, Amsterdam, 1977, 369 p.,  
ISBN 0-444-85009-0.

Contents of Part I. Linear codes (37 p.). - Nonlinear codes, Hadamard matrices, designs and the Golay code (42 p.). - An introduction to BCH codes and finite fields (13 p.). - Finite fields (32 p.). - Dual codes and their weight distribution (30 p.). - Codes, designs and perfect codes (33 p.). - Cyclic codes (28 p.). - Cyclic codes (contd. : Idempotents and Mattson-Solomon polynomials (41 p.). - BCH codes (37 p.). - Reed-Solomon and Justesen codes (23 p.). - MDS codes (15 p.). - Alternant, Goppa and other generalized BCH (36 p.).

## The theory of error correcting codes. Part II.

F.J. MacWilliams et N.J.A. SLOANE,

*North Holland*, Amsterdam, 1977, 762 p.,  
ISBN 0-444-85010-4.

Contents of Part II. Reed-Muller codes (36 p.). - First-order Reed-Muller codes (27 p.). - Second-order Reed-Muller, Kerdock and Preparata codes (47 p.). - Quadratic-residue codes (43 p.). - Bounds on the size of a code (44 p.). - Methods for combining codes (1 p.). - Part I : Product codes and generalizations (13 p.). - Part II : Other methods of combining codes (15 p.). - Self-dual codes and invariant theory (38 p.). - The Golay codes (17 p.). - Association schemes (22 p.). - Appendix A. Tables of the best codes known (19 p.). - Appendix B. Finite geometries (11 p.). - Bibliography (4 p.). - Index (5 p.).

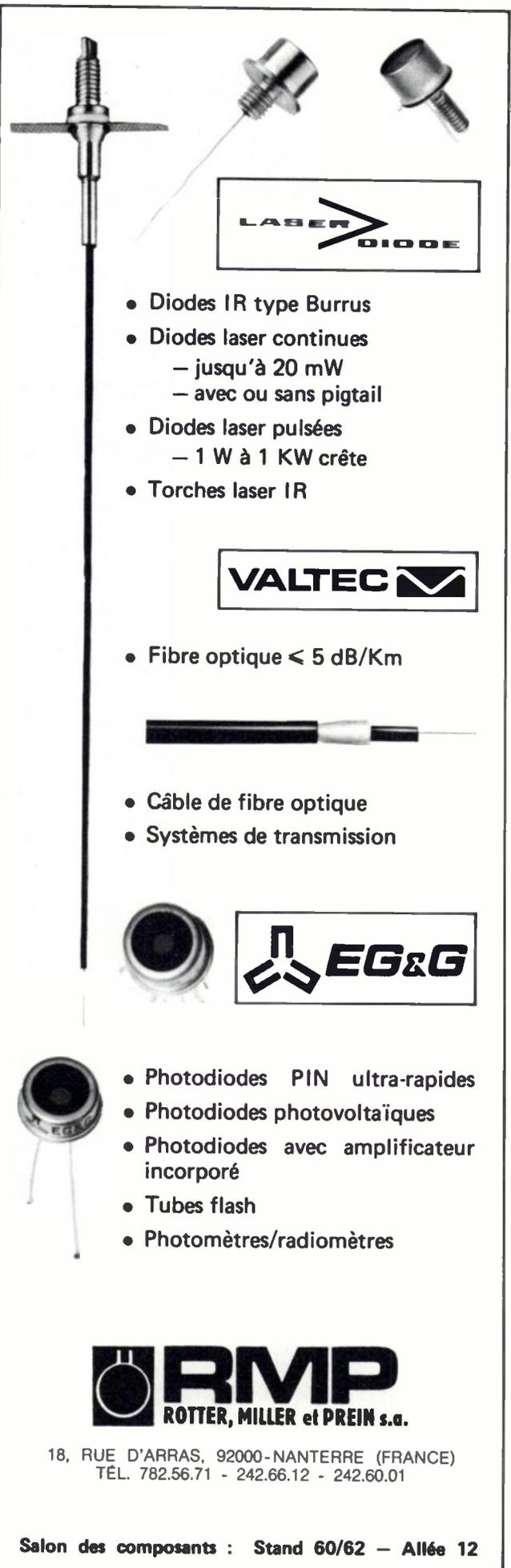
## Granularité laser (Speckle) et ses applications en optique,

M. FRANCON,

*Masson*, Paris, 1978, 144 p.,  
ISBN 2-225-47410-9.

Introduction (18 p.). - Speckle produit à distance finie par un objet diffusant éclairé par un laser (12 p.). - Interférences en lumière diffusée (11 p.). - Interférences produites par superposition photographique de speckles décalés latéralement (13 p.). - Interférences produites par superposition photographique de speckles décalés longitudinalement (7 p.). - Traitement optique des images modulées par des speckles (12 p.). - Étude des déplacements et des déformations d'objets diffusants par enregistrement photographique des speckles (17 p.). - Speckle en astronomie (8 p.). - Étude de la rugosité des surfaces (8 p.). - Applications variées (13 p.). - Bibliographie (10 p.). - Index (14 p.).

(Suite page 194).



**LASER DIODE**

- Diodes IR type Burrus
- Diodes laser continues
  - jusqu'à 20 mW
  - avec ou sans pigtail
- Diodes laser pulsées
  - 1 W à 1 KW crête
- Torches laser IR

**VALTEC**

- Fibre optique < 5 dB/Km

**EG&G**

- Câble de fibre optique
- Systèmes de transmission

- Photodiodes PIN ultra-rapides
- Photodiodes photovoltaïques
- Photodiodes avec amplificateur incorporé
- Tubes flash
- Photomètres/radiomètres

**RMP**  
ROTTER, MILLER et PREIN s.a.

18, RUE D'ARRAS, 92000-NANTERRE (FRANCE)  
TÉL. 782.56.71 - 242.66.12 - 242.60.01

**Salon des composants : Stand 60/62 - Allée 12**

Service Lecteur : inscrivez le n° 342.

# Proceedings of the international conference on

# LATTICE DYNAMICS

**September 5-9. 1977  
PARIS**

Sponsored by IUPAP EPS  
edited by M. Balkanski

The purpose of this conference  
is to bring together  
specialists interested in  
the various aspects of phonons  
and lattice dynamics.

Particular importance  
is placed on fundamental  
theory and on phenomena  
related to the interactions  
among phonons and other  
elementary excitations.

A number of papers dealing with  
experimental technics  
including neutron scattering,  
Raman scattering,  
infrared absorption, and  
tunneling was presented.

Un volume relié, 816 pages. 260 F

## FLAMMARION SCIENCES

20, rue de vaugirard - 75006 paris

oe

LIVRES REÇUS

### Robots and manipulator systems,

E. HEER,

*Pergamon Press*, Oxford, 1977, 132 p.,  
ISBN 0-08021727-3.

(Special issue of mechanism and machine theory, vol. 12, n° 1, 1977).

With the contribution of different authors for each chapter.

Preface (2 p.). - An investigation of supervisory control of remote manipulation (8 p.). - Artificial softness sensing—an automatic apparatus for measuring viscoelasticity (16 p.). - Information and control issues of adaptable, programmable assembly systems for manufacturing and teleoperator applications (18 p.). - Industrial robots in Europe—market, applications and developments (6 p.). - An overview of non-U.S. underwater remotely manned manipulators (6 p.). - Control and stability problems of remote orbital capture (8 p.). - Orbital servicing and remotely manned systems (12 p.). - The Lemma concept : a new manipulator (8 p.). - Design for a three-fingered hand (10 p.). - Proximity sensor technology for manipulator end effectors (16 p.). - Gray-level transformations for interactive image enhancement (12 p.). - Location and acquisition of objects in unpredictable locations (9 p.).

### Self organization in nonequilibrium systems. From dissipative structures to order through fluctuations,

G. NICOLIS et I. PRIGOGINE,

*Wiley*, New York, 1977, 491 p.,  
ISBN 0-471-02401-5.

General introduction (18 p.). - Part I : The thermodynamic background : Introduction (7 p.). - Conservation equations (5 p.). - Thermodynamics of irreversible processes : The linear Region (18 p.). - Nonlinear thermodynamics (14 p.). - Part II : Mathematical aspects of self-organization : Déterministic methods ; Systems involving chemical reactions and diffusion-stability (7 p.). - Mathematical tools (6 p.). - Simple autocatalytic models (70 p.). - Some further aspects of dissipative structures and self-organization phenomena (63 p.). - Part III : Stochastic methods : General comments (16 p.). - Birth-and-death description of fluctuations (34 p.). - Effect of diffusion : Phase-space description and Multivariate master equation (40 p.). - A «mean-field» description of fluctuations : Nonlinear master equation (26 p.). - Part IV : Control mechanisms in chemical and biological systems : Self-organization in chemical reactions (15 p.). - Regulatory processes at the subcellular level (33 p.). - Regulatory processes at cellular level (22 p.). - Cellular differentiation and pattern formation (20 p.). - Part V : Evolution and population dynamics : Thermodynamics of evolution (19 p.). - Thermodynamics of ecosystems (16 p.). - Perspectives and concluding remarks (11 p.). - References (12 p.). - Addendum : Mathematical problems (2 p.). - Index (2 p.).

### Statistical quality control methods,

Irving W. BURR,

*Marcel Dekker Inc*, New York, 1976, 522 p.,  
ISBN 0-8247-6344-0.

Introduction (4 p.). - Brief review of statistical background (18 p.). - Control charts in general (16 p.). - Control charts for measurements (58 p.). - Background of control charts for measurements (10 p.). - Control charts for attributes (50 p.). - Miscellaneous topics in control charts (46 p.). - Applications of control charts (22 p.). - Acceptance sampling by attributes (48 p.). - Some standard plans for attributes (50 p.). - Acceptance sampling by measurements (30 p.). - Sequential analysis (28 p.). - Some other sampling plans (22 p.). - Statistics of combinations, tolerances for mating parts (34 p.). - Some other frequency distributions (28 p.). - Answers to odd-numbered problems (10 p.). - Appendix (32 p.). - Glossary of symbols (8 p.). - Author index (4 p.). - Subject index (3 p.).

## RADIOTÉLÉPHONIE



# Conseillers Techniques négociateurs

- Paris, Province - 100.000 F/an +

L'un des départements de notre Société spécialisée en radiotéléphonie privée recherche des collaborateurs, techniciens de formation ou praticiens de la radio-communication pour intervenir au plan technique et commercial auprès de nos clients. Nos équipements se situent à la pointe des techniques et intéressent une très large gamme de clients. La fonction fait appel à un sens commercial aigu, appuyé sur de réelles compétences professionnelles.

Toutes informations sur cette offre seront données confidentiellement au téléphone du Lundi au Vendredi aux heures de bureau par INFORMATION-CARRIÈRE SVP 11-11 qui fixera un rendez-vous aux candidats concernés.

**Information Carrière**  
**SVP.11.11**

Réf. 317

On peut aussi adresser son dossier à SVP RESSOURCES HUMAINES 65 avenue de Wagram 75017 Paris.

## SALON INTERNATIONAL DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES

Porte de Versailles  
(3 au 8 avril 1978)

## l'onde électrique

Section Presse Stand P 21

MASSON 

Masson, éditeur de l'ONDE ÉLECTRIQUE, vous invite à venir compléter votre bibliothèque technique (livres et revues) à son stand :

Stand P 21

  
**PRINCETON  
APPLIED  
RESEARCH**  
AN EG&G COMPANY

De meilleurs instruments pour de meilleurs résultats !

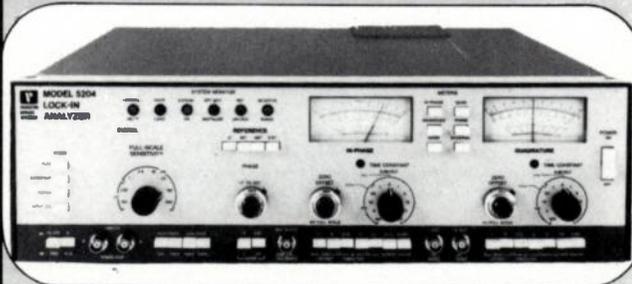
## Amplificateurs à détection synchrone - Série 5000 -



### Modèle 5101

Simple - robuste - pas cher...  
5 Hz à 100 KHz - 1 microvolt

TECHNICS Editions



### Modèle 5204

Analyseur de signaux complet 0,5 Hz à 100 KHz - 100 nanovolts - filtre suiveur à bande étroite 20 Hz - mesure phase et quadrature ainsi que amplitude et phase - mesure de bruit - ratiomètre - vecteurmètre.

Applications nombreuses pour mesures en ponts, mesures sur semi-conducteurs, densité spectrale de bruit, réponse en fréquence - analyse de signaux, machines tournantes.

**SSR INSTRUMENTS - 907.17.48**  
Avenue de la Baltique - Z.A. de Courtabœuf  
B.P. n° 93 - 91403 ORSAY Cédex

Veuillez m'adresser une documentation sur  
 modèle 5101  modèle 5204

Nom \_\_\_\_\_ Tél. \_\_\_\_\_

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

OE

Documentation Scientifique  
et Technique

Électrotechnique  
Électronique  
Télécommunications

## SEE-ELDOC

En conservant votre anonymat vis-à-vis des bases de données extérieures à votre entreprise, vous pouvez recevoir, par ELDOC, chaque mois, sur votre bureau, la photocopie de la 1<sup>re</sup> page de tous les congrès, ouvrages, brevets, revues, correspondant aux sujets de votre choix.

### LA DOCUMENTATION DE LA THOMSON-CSF

c'est

28 000 documents indexés chaque année et provenant de  
400 périodiques  
100 proceedings de conférences  
300 ouvrages  
800 rapports de la NASA  
1 500 rapports NTIS  
4 000 brevets

c'est

2 550 abonnements actuellement, choisis dans une liste des 400 sujets présentés dans les pages suivantes, ou formulés suivant le profil de votre choix

Mêmes possibilités pour vous de souscrire des abonnements  
aux bases de données **EDF**

**CNET (P.T.T.)**  
**PASCAL-ELDOC**

### CLASSIFICATION PAR RUBRIQUES DES PROFILS DE DOCUMENTATION AUTOMATIQUE DE LA THOMSON-CSF

- |  |   |   |
|--|---|---|
| 1 Acoustique, Sonar                                | 9 Gestion et organisation des entreprises | 19 Physique                                     |
| 2 Antennes   | 10 Grand public                           | 20 Physique de l'état solide                    |
| 3 Avionique, aéronautique, astronautique, nautique | 11 Information (théorie, traitement)      | 21 Propagation                                  |
| 4 Circuits et dispositifs électroniques            | 12 Informatique                           | 22 Radar  |
| 5 Composants à l'état solide et leur technologie   | 13 Magnétisme                             | 23 Radiodiffusion, télévision                   |
| 6 Divers   | 14 Matériaux et techniques                | 24 Sources d'énergie                            |
| 7 Électrotechnique                                 | 15 Mathématiques                          | 25 Télécommunications, transmissions, téléphone |
| 8 Essais, mesures, contrôle de qualité, fiabilité  | 16 Médical (électronique)                 | 26 Tubes électroniques                          |
|  | 17 Militaire                              | 27 Visualisation                                |
|  | 18 Optique                                |   |

La liste complète des profils de la THOMSON-CSF est parue dans l'Onde Électrique volume 57, n° 12, décembre 1977, pages 791 à 794.

Des abonnements d'essai sont proposés afin de vous faire connaître l'intérêt de ces bases documentaires automatisées.

Pour connaître toutes les possibilités et les modalités d'utilisation du service ELDOC

écrivez dès aujourd'hui à :

**SEE-ELDOC, 48, rue de la Procession, 75724 Paris Cedex 15**

téléphonez à :

**SEE-ELDOC, 567.07.70**

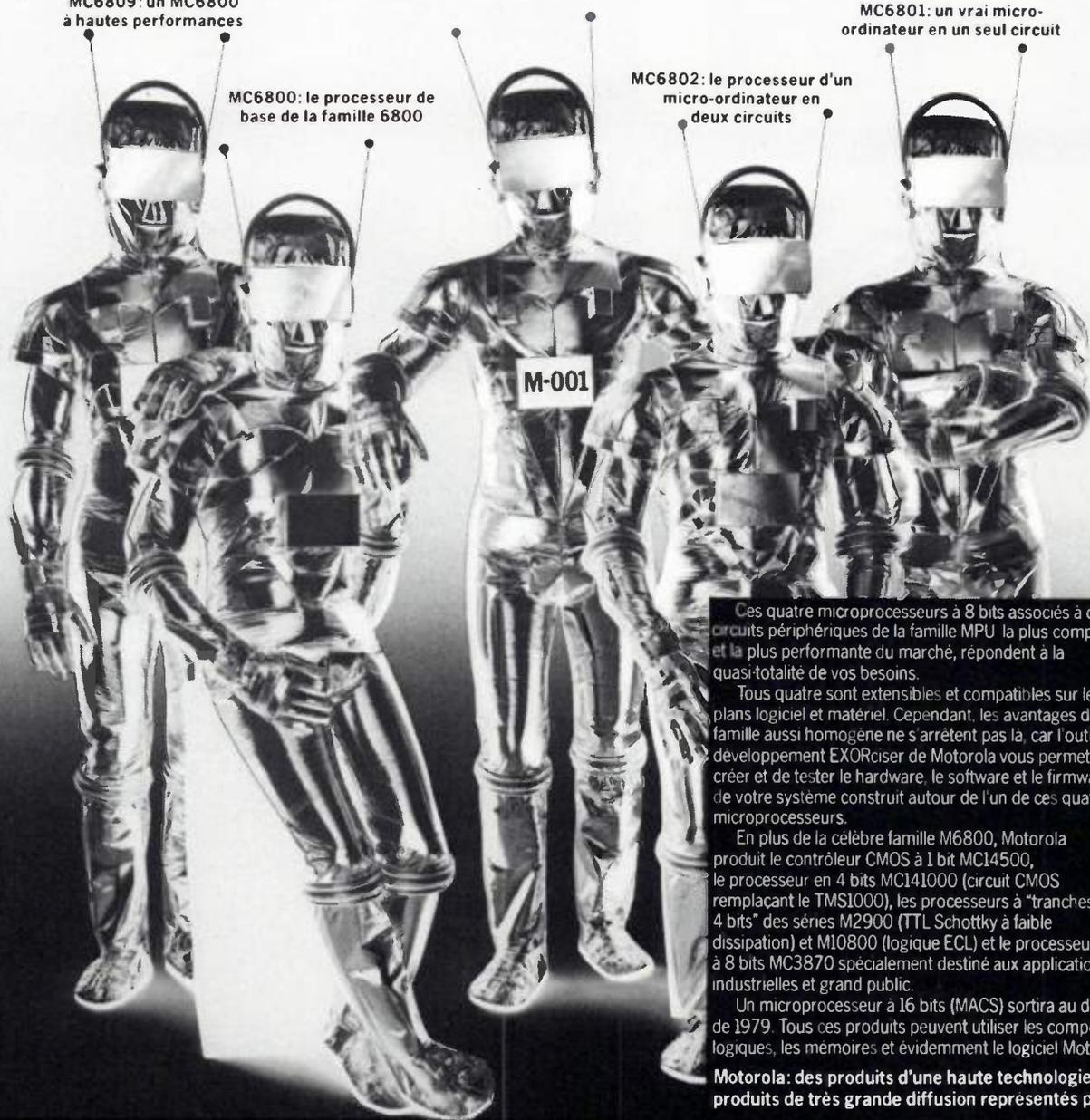
# 'M-001' vous présente une famille homogène de microprocesseurs pour une plus grande souplesse d'emploi

MC6809: un MC6800 à hautes performances

MC6800: le processeur de base de la famille 6800

MC6802: le processeur d'un micro-ordinateur en deux circuits

MC6801: un vrai micro-ordinateur en un seul circuit



Ces quatre microprocesseurs à 8 bits associés à des circuits périphériques de la famille MPU la plus complète et la plus performante du marché, répondent à la quasi-totalité de vos besoins.

Tous quatre sont extensibles et compatibles sur les plans logiciel et matériel. Cependant, les avantages d'une famille aussi homogène ne s'arrêtent pas là, car l'outil de développement EXORciser de Motorola vous permet de créer et de tester le hardware, le software et le firmware de votre système construit autour de l'un de ces quatre microprocesseurs.

En plus de la célèbre famille M6800, Motorola produit le contrôleur CMOS à 1 bit MC14500, le processeur en 4 bits MC141000 (circuit CMOS remplaçant le TMS1000), les processeurs à "tranches de 4 bits" des séries M2900 (TTL Schottky à faible dissipation) et M10800 (logique ECL) et le processeur à 8 bits MC3870 spécialement destiné aux applications industrielles et grand public.

Un microprocesseur à 16 bits (MACS) sortira au début de 1979. Tous ces produits peuvent utiliser les composants logiques, les mémoires et évidemment le logiciel Motorola.

**Motorola: des produits d'une haute technologie, des produits de très grande diffusion représentés par:**



## MOTOROLA Semiconducteurs S.A.

15-17, avenue de Ségur, 75007, Paris. Tél: 551 50 61.

S.C.A.I.B. S.A.,  
Département Microprocesseur,  
Rungis. Tél: (1) 687 23 13/687 31 36

Ets Gros S.A.,  
St-André-lez-Lille. Tél: (20) 51 21 33  
Nancy. Tél: (28) 35 17 35  
Paris. Tél: (1) 678 27 27

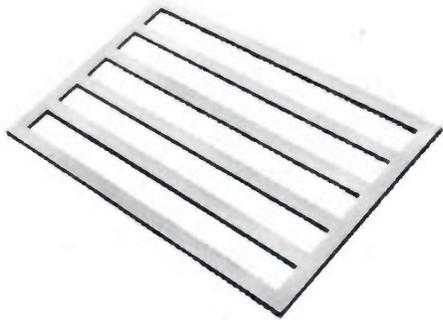
Bellion Electronique,  
Brest. Tél: (98) 28 03 03

Société Commerciale Toutelectric,  
Toulouse. Tél: (61) 62 11 33

Feutrier Sud-Est,  
Saint-Priest-en-Jarez. Tél: (77) 74 67 33

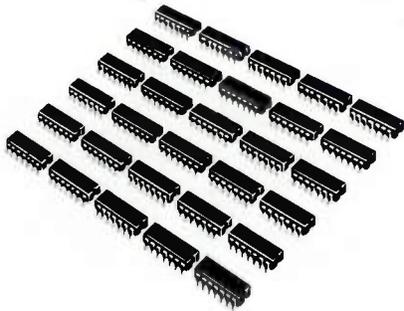
Feutrier Ile-de-France,  
Suresnes. Tél: (1) 772 46 46

Celdis S.A.,  
Gentilly. Tél: (1) 581 00 20/581 04 69



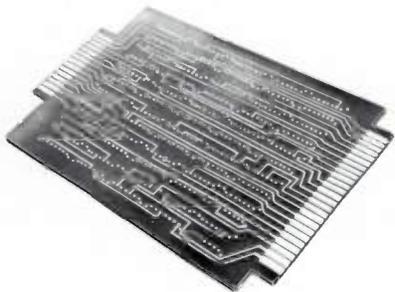
## Avec Mini ⚡ Bus

vous augmentez la section de vos conducteurs d'alimentation en libérant la surface de votre circuit.



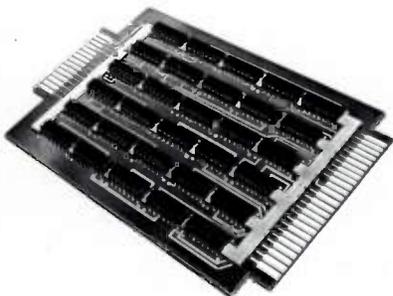
## + ces circuits intégrés

vous faites tenir facilement 36 c.i. sur une carte double-face de 125 × 150 mm.



## + ce circuit imprimé double-face

vous évitez un circuit multicouches onéreux.



## Obtenez ce circuit haute densité

Améliorez vos performances  
Réduisez vos bruits parasites  
Diminuez vos prix de revient.

# Mektron-France

9, allée des Jachères - SOFILIC 416  
94263 FRESNES Cedex  
Téléphone : 668-10-25 - Téléc : 260719



Allée 5 - Stand 136

Service Lecteur : inscrivez le n° 347.

# Initiation à l'utilisation des microprocesseurs <sup>(1)</sup>

COMPOSANTS

L'onde électrique  
1978, vol. 58, n° 3  
pp. 199-206

par Robert AROUETTE <sup>(2)</sup>,

Ingénieur ESE, Professeur à l'École Supérieure d'Électricité, Directeur de la Société A 2 M.

Société A 2 M (Assistance Microprocesseur, Microprogrammation), 40, rue des Tilleuls, 92100 Boulogne.



## RÉSUMÉ

**1<sup>re</sup> partie :** Les conséquences de l'augmentation du niveau d'intégration conduisent naturellement à l'utilisation des microprocesseurs.

Selon que le facteur de répétition de l'équipement fabriqué est faible ou élevé, les coûts matériels ou logiciels priment. Les microordinateurs et les systèmes de carte permettent de minimiser les coûts logiciels lorsque le facteur de répétition est faible.

**2<sup>e</sup> partie :** Les différentes fonctions du microprocesseur sont décrites ainsi que les tendances.

**3<sup>e</sup> partie :** Les conséquences de l'utilisation des microprocesseurs sont examinées sur le plan de l'adaptation des hommes, des matériels de mise au point et de celle des structures.

## SUMMARY

**Initiation to the utilisation of microprocessor.**

**1st part :** The increasing level of integration leads naturally to the utilisation of microprocessor.

Depending on the repetition rate of the equipment manufactured, the cost of hardware or the cost of software is predominant. Microcomputers and boards allow to minimize cost of software when the repetition rate is low.

**2d part :** Different parts of the microprocessors are described as well as the trends in microprocessors.

**3d part :** The consequences of the utilization of microprocessors are examined in terms of men, equipments and structures.

## 1<sup>re</sup> partie

### INTÉGRATION A HAUT NIVEAU ET LOGIQUE PROGRAMMÉE

#### 1. Conséquences de l'industrialisation des circuits à haut niveau d'intégration

Un sous-titre pourrait être donné à ce paragraphe : Le microprocesseur est-il une mode ou une nouvelle manière de réaliser les automatismes ?

Pour répondre à cette question, comparons le coût des composants actifs au début des années 1960 (par exemple vers 1963, juste avant l'industrialisation des circuits intégrés) par rapport au coût actuel. On pourrait par exemple, calculer le prix qu'il coûterait de réaliser une mémoire de 1 000 bits du type de la 2102 qui est aujourd'hui inférieur à 10 F. Le transistor de 1963 valait alors 2 F; en évaluant à 5 000 l'équivalent transistor de la mémoire, en ignorant la dégradation de la valeur du franc, et le fait que la mémoire faite de composants discrets nécessiterait encore d'autres composants (dont un circuit imprimé) et de la main-d'œuvre (d'assemblage et de test) on arriverait déjà à un facteur de réduction de 1 000.

Cet abaissement énorme des coûts qui est dû à une évolution de la technologie (le passage de l'utilisation de composants discrets aux circuits intégrés, suivi de l'augmentation continue du niveau d'intégration) présente une contrepartie :

Au fur et à mesure de l'augmentation du niveau d'intégra-

tion, les circuits se particularisent de manière qu'à la limite, si le niveau d'intégration pouvait atteindre les limites des besoins de l'application, un circuit unique permettrait de réaliser l'application, mais ne permettrait de réaliser que cette application là.

Ceci montre, que lorsque le niveau d'intégration permis par la technologie monte, les coûts de l'électronique baissent, mais le marché du composant se restreint. Le nombre des applications qui permettraient d'amortir les études d'un circuit à la demande est limité (machine à calculer de poche, montre électronique, etc.) ce qui limiterait la portée de l'augmentation du niveau d'intégration s'il n'était apparu des composants dont le caractère universel permette de les utiliser dans toutes les applications.

Les microprocesseurs et les mémoires associées ne sont pas les seules réponses à ce problème. Citons également, par exemple :

— Les unités de traitement, mémoires mortes programmables et les séquenceurs de microprogrammes (que l'on appelle aussi microprocesseurs en tranche).

— Les FPLA (qui n'ont pas encore trouvé un succès commercial).

L'objet de cet article étant de faire le point sur les microprocesseurs dits « monochip », nous ne nous occupons plus de ces deux dernières techniques. (Nous écartons la description des microprocesseurs en tranche car leur mise en œuvre est bien plus complexe que celle des microprocesseurs « monochip » et leur utilisation ne s'appliquera qu'aux cas où la puissance de traitement ou de transfert est le problème principal).

(1) Article reçu initialement le 6/5/1977 et accepté dans sa forme définitive en décembre 1977.

(2) Membre SEE.

Et la réponse à la question posée au début du paragraphe tombe :

Le microprocesseur n'est pas une mode, il s'agit d'un moyen de bénéficier de l'augmentation du niveau d'intégration amené par l'industrie des semiconducteurs.

La figure 1 explicite dans le domaine des microprocesseurs l'augmentation du niveau d'intégration autorisé par l'évolution de la technologie.

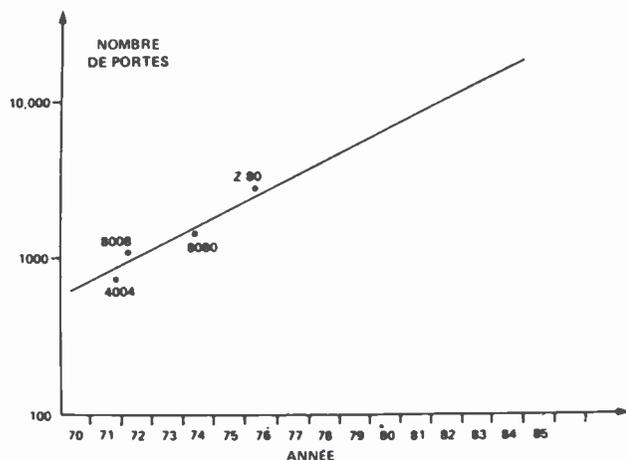


Fig. 1. — Illustration de l'augmentation des possibilités d'intégration rapportée aux microprocesseurs (document Zilog).

## 2. Qui est concerné par cet article ?

1. Les responsables d'activités électroniques qui ont perdu le contact avec la technique;

Afin qu'ils ne tombent pas dans les pièges suivants :

a) vouloir à tout prix mettre des microprocesseurs dans leurs équipements, car c'est devenu une mode, sans en comprendre l'utilité et sans en accepter les contraintes,

b) refuser le fait de l'évolution technologique à cause des investissements en hommes (formation) et en matériel qu'il faut faire pour y avoir accès.

Afin qu'ils aient quelques idées des conséquences que cela amène au niveau de leurs équipements et des transferts qu'il est urgent de faire (diminution des coûts du matériel contre une augmentation des coûts du logiciel).

2. Les ingénieurs et techniciens de l'électronique qui n'ont pas encore été atteints par la technologie des microprocesseurs; afin qu'ils se rendent compte de la nécessité d'opérer certains transferts de leurs connaissances et en particulier, la nécessité de se former aux techniques de programmation.

Il faut se persuader qu'il n'est plus possible d'évaluer une application aujourd'hui sans envisager l'utilisation des microprocesseurs (mais pas nécessairement l'adopter) et que la non utilisation d'un microprocesseur dans une application sera une exception bien avant 1980.

3. Les personnes du secteur non électronique;

Afin qu'elles prennent conscience de l'intrusion toujours croissante de l'électronique dans leurs équipements grâce à l'apport des microprocesseurs.

## 3. Les définitions

Ce paragraphe n'a pas la prétention de vouloir prendre la place du dictionnaire. La vitesse d'évolution de la technique

est telle que l'on n'a presque plus le temps de s'accorder sur la signification des termes. Tout en essayant de respecter le sens véritable des termes, ces définitions auront au moins le mérite de fixer leur signification pour la compréhension de l'article.

**SYSTÈME** : Ensemble des éléments qui ont pour fonction de répondre à une application.

Le système peut comprendre de l'électronique et des parties non électroniques (mécanique, optique, chimique, des opérateurs humains, etc.).

**ÉLECTRONIQUE** : Partie du système formée de composants électroniques.

L'électronique comprend en général des éléments tels que : la logique, l'alimentation, des isolateurs, des amplificateurs de puissance, des convertisseurs analogiques numériques ou numériques analogiques.

Il faut cependant noter qu'il peut exister des systèmes dépourvus d'électronique (par exemple, dans l'état actuel de la technologie, l'automobile) mais que ces systèmes ne nous intéressent pas ici.

**LA LOGIQUE** : Partie de l'électronique d'un système dans laquelle l'information est traitée sous forme numérique. A l'intérieur de la logique, les grandeurs électriques ne sont reconnues qu'à deux niveaux : en-dessous d'un certain seuil, elles représentent une valeur; au-dessus d'un autre seuil, supérieur au premier, elles représentent l'autre valeur.

**CAPTEUR** : Interface interne au système qui délimite son électronique.

**MATÉRIEL** : Ensemble ou élément physique employé en traitement de l'information par opposition aux programmes de calculateur, procédés, règles et à la documentation associée (sous entendu « qui constitue le logiciel »).

Telle est la définition officielle arrêtée en 1973 et reproduite dans le vocabulaire international de l'informatique publié par l'AFNOR.

Nous proposons ici une légère modification à ces définitions pour mettre en valeur certains aspects économiques attachés à l'utilisation des microprocesseurs (et qui ne s'applique pas à la « grande informatique » pour laquelle les précédentes définitions avaient été arrêtées). La caractéristique de composant des microprocesseurs exige que l'on tienne également compte dans la mise en œuvre, en plus de la mise au point des programmes, de l'implantation du microprocesseur dans son environnement matériel. Pour ce faire, nous suggérons les définitions suivantes, en espérant qu'elles retiendront l'attention des instances chargées de la normalisation :

**Matériel** : adjectif qualifiant les parties d'un système, dont les coûts sont proportionnels au nombre des systèmes identiques fabriqués (coût matériel, parties matérielles).

**Logiciel** : adjectif qualifiant les parties d'un système dont les coûts sont fixes (coût logiciel, parties logicielles).

**Matériel** : Nom; ensemble des parties matérielles d'un système (Le matériel).

**Logiciel** : Nom; ensembles des parties logicielles d'un système (Le logiciel).

Si l'on désigne alors par F le facteur de répétition, M le coût du matériel, L le coût du logiciel, le coût unitaire C d'un système s'exprime par la formule :

$$C = M + \frac{L}{F}$$

Comme on a vu que l'apport des semiconducteurs aux systèmes tend à réduire les coûts du matériel, les coûts du logiciel étant ce qu'ils sont, on voit, par cette formule, l'influence dominante des coûts du logiciel lorsque le facteur  $F$  est petit, en opposition à l'influence des coûts du matériel lorsque le facteur de répétition est élevé.

**PROGRAMME :** Partie du logiciel d'un système programmé qui est composé d'éléments appelés instructions et qui définit le fonctionnement de la logique. Les instructions sont rangées dans un organe de la logique appelé la mémoire.

#### 4. Comparaison entre un système en logique câblée et en logique programmée

Les définitions du paragraphe précédent impliquent que ce n'est pas l'existence ou la non existence du logiciel qui différencie un système en logique câblée d'un système en logique programmée, mais la structure du matériel et du logiciel.

##### COMPARAISON AU NIVEAU DU MATÉRIEL

Dans un système en logique câblée, il est en général difficile de tracer une frontière unique qui délimite la logique. La logique est souvent imbriquée dans l'électronique et ne présente pas d'organisation typique. La structure du système définit son fonctionnement.

Dans un système en logique programmée, il existe, en général, une frontière unique qui délimite la logique. A l'intérieur de cette frontière, on trouve une forme typique de la logique qui comprend les éléments suivants (voir *fig. 2*) :

- Le processeur qui centralise le cheminement de l'information.
- La mémoire dont le rôle principal est de stocker le programme qui caractérise le fonctionnement de la logique.
- Les entrées-sorties qui assurent la liaison électrique entre la logique et le reste de l'électronique (éventuellement entre la logique et le reste du système).

FRONTIÈRE DE LA LOGIQUE

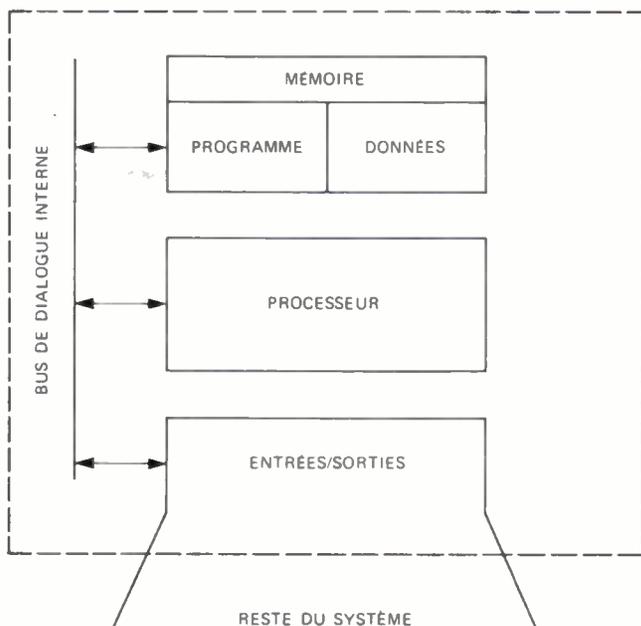


Fig. 2. — Forme typique d'une logique programmée et sa liaison avec le système qu'elle contrôle.

- Les bus internes qui ont pour fonction de permettre le dialogue entre les différentes parties de la logique.

Les techniques d'intégration tendront à normaliser certains types de liaisons entre les entrées-sorties et le système, telle que la liaison parallèle, la liaison série asynchrone ou synchrone, la liaison avec certains périphériques fréquemment utilisés.

##### COMPARAISON AU NIVEAU DU LOGICIEL

Dans un système en logique câblée, d'après la définition proposée ci-dessus, le logiciel se compose :

- a) des études de conception et de réalisation,
- b) de l'industrialisation,
- c) des études de maintenabilité.

Dans un système programmé à ce premier type de logiciel il faut ajouter la conception, la mise au point et la mise à jour des programmes. On pourrait désigner ces deux types de logiciels respectivement par :

Logiciel d'étude.  
Logiciel de programmation.

#### 5. Logique programmée par miniordinateur ou par microprocesseur

A priori, on devrait arriver à la conclusion qu'il n'y a pas de différence essentielle entre ces deux formes de logique programmée. Cela est d'autant plus vrai que les deux antagonistes évoluent, avec un certain décalage, l'un vers l'autre.

Les miniordinateurs se sont adaptés à la demande de modularisation, et les fabricants de microprocesseurs ont évolué vers la vente de systèmes, à tel point que l'on a du mal parfois à savoir s'ils sont plus des fabricants de composants ou des fabricants de systèmes.

Nous serions cependant tentés d'établir la frontière suivante entre les deux concepts : il y a trois façons de réaliser des systèmes programmés à microprocesseurs.

1. L'implantation du microprocesseur dans une logique conçue pour les besoins de l'application.
2. L'assemblage de cartes sur lesquelles le microprocesseur est implanté par un tiers, à la manière d'un mécano (*fig. 3*).
3. L'utilisation d'un microordinateur dont le concept, lui, est identique à celui des miniordinateurs (*fig. 4*).

Le choix entre ces trois possibilités est fixé par des considérations économiques liées au facteur de répétition  $F$ .

L'utilisation de microprocesseurs permet de choisir parmi les trois façons de réaliser les systèmes alors que, à ce jour, les miniordinateurs n'autorisent que la troisième, parfois la seconde.

Il faut reconnaître que l'on constate une tentation de plus en plus grande des constructeurs de microprocesseurs de se « réfugier » dans les deux derniers concepts, parfois même dans le dernier, pour se mettre à l'abri de la concurrence qui est plus dure au niveau du composant qu'au niveau du système.

La différence entre le concept miniordinateur et microprocesseur réside dans la possibilité de l'utilisateur, en

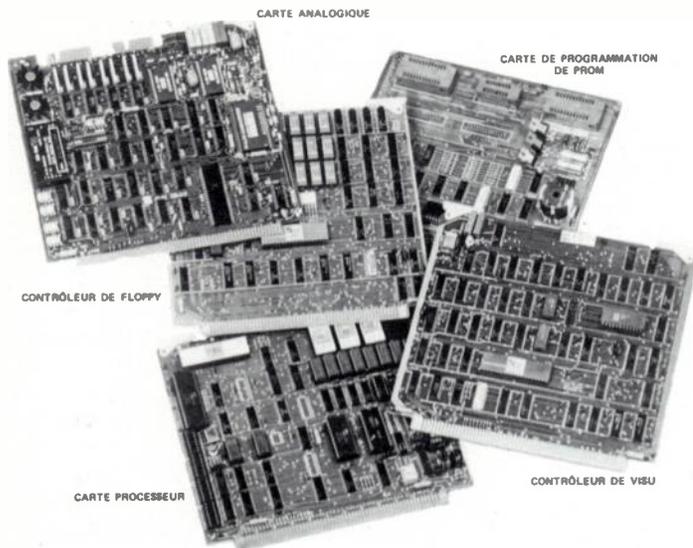


Fig. 3. — Cartes de la famille MCB Zilog.



Fig. 4. — Le microordinateur MCZ est constitué par des cartes de la famille, telle que celle décrite plus haut. L'utilisateur n'a plus à se soucier du coffret, des alimentations et de certains périphériques. Pour résoudre son application, il n'a plus qu'à se concentrer sur les périphériques et les capteurs spécifiques du système.

fonction de l'évolution de son produit, de pouvoir modifier l'industrialisation de son système en changeant la façon d'utiliser le microprocesseur (utilisation d'un microordinateur, de cartes ou de composants) et en modulant ainsi les coûts du logiciel et les coûts du matériel.

Au stade de la maquette ou de séries de très faibles quantités (1 à 10 pièces) il utilisera le microordinateur.

Au stade de pré-série (quelques unités à quelques dizaines) il utilisera le jeu de cartes du microordinateur à la manière d'un mécano et l'assemblera dans sa propre mécanique.

Au stade de l'industrialisation de grandes séries, il pourra réimplanter le microprocesseur sur des circuits imprimés pour optimiser le coût du matériel.

Certains constructeurs de miniordinateurs présentent les différences entre minis et micros en termes de « puissance de traitement » et de « logiciel de base plus consistant ».

Ceci était vrai par le passé, mais a tendance à s'estomper et

sera faux dans quelques années, car les microprocesseurs montent en puissance et leurs constructeurs les étoffent de plus en plus de logiciel.

## 2<sup>e</sup> partie

### INTRODUCTION AUX MICROPROCESSEURS

#### 1. Considérations préliminaires

Ainsi qu'il a été mentionné plus haut, nous nous limiterons à ce que nous considérons être réellement le microprocesseur (dans lequel la fonction processeur est entièrement réalisée par un nombre limité de circuits de l'ordre de un, deux ou trois) et à l'exclusion des microprocesseurs « en tranches ».

De manière à fixer les idées, nous éviterons de prendre en compte les dispositifs qui n'ont pas une structure classique. Cependant, il sera aisé au lecteur d'extrapoler l'exposé, de manière à lui faire englober l'ensemble des microprocesseurs en se référant aux notices des constructeurs.

Les exemples seront tirés du Z 80.

#### 2. Descriptions des organes

##### LE PROCESSEUR

Le processeur est un organe centraliseur. Il reçoit de la mémoire les instructions qui sont les éléments du programme, les décode (ce qui signifie qu'il les reconnaît) et les exécute.

— Il a un rôle de séquençement qui consiste à définir, après chaque exécution, l'adresse (la position dans la mémoire) de l'instruction suivante. Le mode le plus courant de séquençement se fait par incrémentation.

Certaines instructions modifient ce mode de séquençement, elles provoquent une rupture de séquence soit inconditionnelle, soit conditionnée, par l'état du processeur au moment de leur exécution. Cet état est caractérisé par des indicateurs qui sont positionnés par l'exécution antérieure. A titre d'exemple, il existe un indicateur de zéro qui détecte la nullité du résultat d'une opération. Une instruction de rupture de séquence pourra être conditionnée par l'état de cet indicateur de zéro permettant l'exécution en séquence ou en rupture de séquence, selon que le résultat de l'instruction précédente était ou non nul.

La paire d'instructions

ADRESSE	INSTRUCTION
N	ADD HL, DE
N + 1	JR NZ ADRI

effectue l'addition de HL avec DE et positionne les indicateurs en fonction du résultat (1<sup>re</sup> instruction). Selon que l'indicateur de zéro est en position vraie ou fautive, l'instruction suivante sera en séquence (N + 2) ou en rupture de séquence, ADRI (2<sup>e</sup> instruction).

— Le processeur a une fonction de décodage et d'exécution de l'instruction.

– Enfin, il a également un rôle de stockage de l'information. Les mémoires internes au processeur s'appellent des registres. Dans le processeur, on trouve plusieurs types de registres :

1° Les registres généraux dont la fonction est de stocker une information pour l'utiliser ultérieurement. Ils peuvent en général, également servir de compteur ou de décompteur. C'est-à-dire qu'il est possible de les incrémenter et de les décrémenter en agissant sur les indicateurs de condition, pour limiter des boucles, par exemple.

2° Les registres accumulateurs qui permettent de recevoir le résultat des opérations.

3° Les registres spécialisés, qui ont des fonctions spécifiques, en général liées au pointage d'une mémoire (désignation de l'adresse d'un opérande ou de l'adresse de rangement d'un résultat).

La figure 3 donne un exemple de configuration interne d'un microprocesseur.

Les moyens par lequel le processeur désigne l'adresse de l'organe dont il a besoin, soit pour accéder à une opérande ou pour ranger un résultat, soit pour effectuer une rupture de séquence, s'appellent les modes d'adressage.

Le processeur doit avoir la possibilité de prendre en compte aussi rapidement que possible certains événements. Le mode de fonctionnement selon lequel un événement détourne le processeur de sa tâche pour lui permettre de prendre en compte l'événement, s'appelle l'interruption.

D'autre part, lorsque le processeur est trop lent pour gérer un échange (généralement entre le système et la mémoire) il doit être en mesure de céder sa fonction centralisatrice à des circuits plus rapides, qui permettront un transfert direct entre le système et la mémoire. Ce mode de fonctionnement s'appelle « Accès direct mémoire ».

Les circuits d'accès direct mémoire ont pour fonction de gérer les adresses de transfert et les fonctions de contrôle, sans l'aide du processeur, ainsi que les conditions de fin de transfert.

Finalement, les performances d'un processeur seront jugées par les caractéristiques suivantes :

- a) La vitesse d'exécution d'une instruction exécutée en cycle mémoire unique (par exemple, l'addition d'un registre à l'accumulateur).
- b) La richesse en registres internes qui permet de stocker des informations sans passer par la mémoire (fig. 3, Les registres du Z 80).
- c) Le nombre et l'adaptation, pour l'application, des instructions du processeur.
- d) La puissance des modes d'adressage.
- e) La souplesse du système d'interruption et de l'accès direct à la mémoire.

Les tendances actuelles des microprocesseurs sont les suivantes :

a) Pour les applications à facteur de répétition élevé, les microprocesseurs sont implantés avec leur mémoire et leurs entrées-sorties sur un seul boîtier ou un faible nombre de boîtiers, pour minimiser les coûts de matériels (TMS 1000, F 8, 8048, 8085, Z 8).

b) Pour les applications à facteur de répétition faible et moyen, dans lesquelles on recherche fréquemment la performance (vitesse d'exécution, puissance de transfert) la tendance est dans la sophistication du processeur (Z 80, TMS 9900) car le coût d'un microprocesseur n'est pas en relation directe de ses performances, alors que le coût d'un système peut être largement abaissé par les performances du processeur à travers l'utilisation de mémoires à faible coût, d'entrées-sorties adaptées et d'un système d'interruption efficace.

LA MÉMOIRE

Le rôle de la mémoire est double :

- a) Stocker les instructions du programme.
- b) Stocker les données.

Nous ne développerons pas ici un exposé sur les différents types de mémoires, qui sont supposés connus. D'une manière générale, on constate deux types de fonctionnements des microprocesseurs :

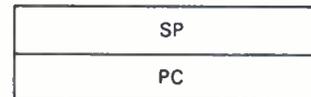
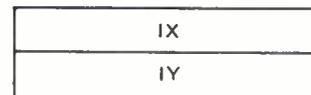
1. Programme en mémoire morte.

Le programme est figé une fois pour toutes, et le processeur ne peut donc qu'exécuter le programme pour lequel il a été implanté. Vue d'un observateur non averti, la logique se présente comme une logique câblée.

Les mémoires vives ne servent alors que de mémoires de données.

A	INDICATEURS
B	C
D	E
H	L

A'	INDICATEURS
B'	C'
D'	E'
H'	L''



- Registres généraux : BCDEHL B'C'D'E'H'L'.
- Registres accumulateurs : A, A' (8 bits) HL H'L' (16 bits).
- Registres spécialisés : PC (compteur ordinal), SP (pointeur de pile).
- Pointage des mémoires : BC DE HL B'C' D'E' H'L'.
- Adressage par base et déplacement (indexé) : IX IY.
- Gestion des interruptions : I.
- Contrôle du rafraîchissement des mémoires : R.

Fig. 5. — Exemple du jeu de registre d'un microprocesseur Z 80. Il montre que certains registres peuvent avoir plusieurs utilisations.

Chaque rectangle représente un registre dont la dimension est proportionnelle à la longueur. Les petits rectangles représentent des registres de 8 bits (sauf le registre R qui contient 7 bits), les longs des registres de 16 bits.

2. Lorsque l'électronique comprend un périphérique de stockage comme par exemple une unité de disques souples, un programme de chargement (appelé par les Américains « Boot strap loader ») permet d'appeler un programme du périphérique pour l'exécuter en mémoire vive.

Les tendances dans les mémoires vont dans deux directions, comme pour les microprocesseurs :

a) Dans les applications à facteur de répétition élevé, incorporation dans la mesure du possible, au microprocesseur (TMS 1000, 8048) on a des circuits adaptés au microprocesseur (F 8, 8085).

b) Dans les autres cas, on essaie au contraire d'adapter le processeur aux mémoires utilisées dans les ordinateurs, celles-ci, en raison du très grand nombre d'unités produites se trouvant à un prix de revient plus bas, par rapport à des mémoires adaptées au processeur dont le coût serait plus élevé par le fait que, n'étant pas des produits d'usage général, elles seraient fabriquées en plus petites quantités.

#### LES ENTRÉES-SORTIES

Ce sont les circuits qui permettent à l'information de circuler entre la logique et le système. Par les entrées, la logique peut prendre connaissance de certains états du système. Par les sorties, la logique peut transmettre les signaux de commande vers le système.

Le protocole de dialogue entre la logique et le système se présente selon certains types classiques :

- a) Contrôles booléens (1 bit).
- b) Liaison parallèle.
- c) Liaisons séries (synchrone et asynchrone).
- d) Conversions analogiques-numériques, etc.

La tendance actuelle est de gérer ces protocoles de dialogues par des circuits intégrés de plus en plus complexes. Pour palier la difficulté due aux diversités des applications, les circuits élaborés (en général par les mêmes fabricants que les microprocesseurs) comportent eux-mêmes des registres de mémoire que l'on peut charger sous contrôle du processeur et qui précisent les conditions de fonctionnement du périphérique sous contrôle du programme.

En général, la compréhension du fonctionnement d'un périphérique, même aussi simple qu'une voie d'entrée-sortie parallèle est plus complexe que celle du microprocesseur lui-même.

Parallèlement aux tendances des microprocesseurs, il existe trois tendances dans l'élaboration des circuits d'entrées-sorties par les fabricants de semiconducteurs :

a) L'élaboration de circuits spécifiques adaptés à un microprocesseur déterminé. L'exemple typique est celui du Z 80 dans lequel le circuit d'entrée-sortie contient également les circuits d'interruption qui ne s'adaptent qu'au Z 80.

b) La répartition des entrées-sorties à l'intérieur du processeur et des circuits de mémoires pour les besoins d'un microprocesseur donné. Tels sont les cas des circuits adaptés au 4040, au F 8 et au 8085. Cette philosophie permet de minimiser le compte de boîtiers pour une application donnée.

c) L'élaboration de circuits de périphérie universels à l'intention de tous les microprocesseurs.

L'exemple typique est le 9511 d'AMD (Advanced Micro Devices) qui est un opérateur arithmétique (virgule fixe et flottante, et fonctions trigonométriques et exponentielles) adaptable sous forme de circuit d'entrées-sorties à tout microprocesseur.

#### DIALOGUE INTERNE

Le dialogue interne entre le processeur, la mémoire et les entrées-sorties se fait au moyen de trois voies de transmissions appelées BUS :

a) *Le bus de données* permet de véhiculer l'information du processeur vers la mémoire ou les entrées-sorties dans un sens ou dans l'autre (c'est une voie bidirectionnelle).

La tendance actuelle est aux bus de 8 bits, car ils permettent le transfert des informations les plus généralement utilisées (données alphanumériques).

Les bus de données de 4 bits semblent définitivement délaissés par les utilisateurs, malgré leur intérêt dans le cas de donneurs numériques, en raison de leur coût de structure plus élevé.

Les bus de 16 bits ont des défenseurs, lorsque la puissance de traitement est le critère principal.

Les microprocesseurs de 16 bits actuels ne présentent pas encore des performances leur permettant de surclasser les meilleurs 8 bits, comme le Z 80 qui est aussi performant dans la majeure partie des applications que le meilleur 16 bits, le TMS 9900, exception faite des instructions arithmétiques de multiplication et de division.

Dans l'avenir, il semble que les microprocesseurs se diviseront en deux classes, les 8 bits dans les applications générales, les 16 bits dans les applications nécessitant des calculs scientifiques.

b) *Le bus adresse*. En général ce bus comprend 16 bits permettant au processeur d'adresser 64 K octets mémoires. Dans certains microprocesseurs (8080, Z 80 par exemple), 8 de ces 16 bits d'adresse permettent également de commander les entrées-sorties. La différenciation entre mémoire et entrées-sorties se fait par le bus de contrôle. D'autres microprocesseurs (6800 par exemple) ne différencient pas les mémoires des entrées-sorties; ils ne possèdent donc pas d'instruction d'entrées-sorties, mais utilisent les instructions de lecture et d'écriture mémoire pour commander les entrées-sorties. Signalons également l'existence de processeurs dans lesquels, pour des raisons d'économies en bornes de liaison, il y a multiplexage entre les bus d'adresse et de données. Ce concept, qui existait déjà dans un processeur 8008 a été repris dans le F 8 et le 8085 en le prolongeant par un démultiplexage au niveau des circuits de périphérie, dans lesquels sont réparties des fonctions mémoires et des fonctions d'entrées-sorties (ce concept avait également été développé dans le 4004).

c) *Le bus de contrôle*. C'est le bus par lequel le processeur spécifie à la logique la fonction à exécuter, ou par lequel le système peut contrôler le fonctionnement du processeur.

Par exemple, lors de l'exécution d'une instruction d'entrée, le bus de contrôle activera la borne IORQ (IO Request = Sollicitation des entrées-sorties) et RD (Read = Transfert vers le processeur).

Lorsque le système, à l'apparition d'un événement, veut interrompre le processeur, il active la borne INT du processeur.

Lorsque le système veut court-circuiter le processeur jugé trop lent pour exécuter un transfert (fonction que l'on désigne sous le nom d'accès direct mémoire) il active une borne BUSRQ (bus Request = demande de disponibilité des bus) pour solliciter une suspension des bus (Accès direct mémoire).

### 3<sup>e</sup> partie

## MISE EN ŒUVRE DES MICROPROCESSEURS

### 1. Transferts de technologie

L'introduction des microprocesseurs pose trois problèmes aux concepteurs de matériel électronique.

- a) L'adaptation des hommes,
- b) L'adaptation des matériels de mise au point,
- c) L'adaptation des structures.

Aux utilisateurs de matériels électroniques, c'est-à-dire aux concepteurs de systèmes, l'introduction des microprocesseurs pose le problème de l'évaluation des possibilités des logiques électroniques après l'introduction des microprocesseurs.

### 2. Adaptation des hommes

Depuis l'apparition des circuits intégrés, il y a eu un transfert progressif des fonctions de l'ingénieur. Le rôle de « circuitier » a été peu à peu abandonné aux fabricants de semiconducteurs. L'ingénieur a pu alors se consacrer plus à la fonction d'architecte en système. Dans la conception des automatismes en logique câblée, cette fonction comporte encore un rôle de « circuitier », puisque le fonctionnement de la logique est déterminé par la structure de l'électronique.

Dans les automatismes à logique programmée, le rôle de « circuitier » se limite à l'implantation des entrées-sorties (y compris la gestion des interruptions et des accès directs mémoire) puisque les fabricants de semiconducteurs se chargent de rendre l'implantation du cœur du microprocesseur (processeur, mémoires, liaisons aux entrées-sorties) aussi simples que possible. Bien des efforts sont même dévolus pour libérer l'ingénieur de la gestion des interruptions et des accès mémoires.

Par exemple, dans le Z 80, les concepteurs du microprocesseur ont été jusqu'à supprimer les nécessités pour l'utilisateur d'élaborer les circuits de rafraîchissement des mémoires dynamiques et à inclure tous les circuits d'interruption au niveau des circuits d'entrées-sorties de manière que, sur le plan matériel, il suffit de les chaîner par un simple fil pour définir leur hiérarchie, tout le reste de la gestion se faisant par programme.

Sur le plan des accès directs mémoires, tous les microprocesseurs possèdent maintenant des circuits permettant d'implanter simplement un accès direct.

Dans certains circuits, l'ensemble des mémoires et des entrées-sorties se trouvent à l'intérieur du circuit du microprocesseur. Le rôle de l'ingénieur se limite alors à la programmation.

Ceci montre qu'il y a, de plus en plus, une dégradation du rôle de « circuitier » au profit de celui d'analyste et de programmeur.

L'ingénieur d'aujourd'hui est souvent peu préparé à cette fonction. Certains fabricants ont cru que l'utilisation des services informatiques classiques (ceux qui élaborent les programmes de gestion sur gros ordinateur) pouvaient palier cette situation. Ceci est une erreur fondamentale pour deux raisons :

1) En général, ces services sont orientés vers l'utilisation de langages évolués qui est parfois une mauvaise solution à l'utilisation des microprocesseurs.

2) Elle implique un cloisonnement entre le logiciel et le matériel, qui est préjudiciable à la recherche de compromis entre ces deux fonctions, l'ingénieur électronicien ayant tendance à résoudre les problèmes par des circuits, l'ingénieur analyste par des programmes.

Dans certains cas cependant, les services informatiques ont pu assister les services électroniques à élaborer les premières études à microprocesseur (toujours les plus onéreuses).

La formation des ingénieurs à la programmation posait le problème de l'inadaptation des organismes de formation aux besoins spécifiques du marché. Cette situation devrait rapidement s'améliorer, car l'on constate que les organismes de formation s'équipent en matériel adéquat (systèmes de développement décrits plus bas).

Dans la situation passée, la formation passait par l'exagération des coûts des premières études développées, due aux investissements en systèmes de développement, en formation sur le tas des ingénieurs chargés de ces études et en acquisition d'un potentiel logiciel (bibliothèque de sous-programmes, etc.).

### 3. Adaptation des matériels de mise au point : les systèmes de développement

L'utilisation des microprocesseurs, en raison de leur structure définie, diminue le rôle de l'instrumentation classique (oscilloscopes et générateurs) au profit des systèmes de développement pour microprocesseurs.

Ceux-ci comportent deux parties :

a) Un microordinateur avec périphériques de dialogue (clavier visu) et de stockage (en général, unités de disques souples) permettant d'écrire et de mettre au point les programmes souvent en langage assembleur, parfois en langages évolués.

La solution de l'utilisation d'un gros ordinateur à travers un réseau de « temps partagé » n'a pas rencontré d'écho très favorable, car elle est onéreuse et ne résout pas le problème de la mise au point sur configuration réelle.

b) Un analyseur d'état logique permettant un dialogue entre le système de développement et le système à mettre au point sur configuration réelle.

Deux tendances s'affrontent :

a) Le système de développement universel.

Dans un tel système, le bus de dialogue entre le processeur et les autres parties du système, est défini une fois pour toutes, et est constitué par un fond de panier sur lequel vient s'adapter deux types de cartes :

1) des cartes d'interfaces avec les périphériques et les mémoires qui serviront quel que soit le processeur utilisé,

2) des cartes permettant l'adaptation de ces périphériques au processeur désiré. Ces cartes sont de deux types :

– la carte processeur avec le chargeur (en mémoire morte),

– la ou les cartes d'émulation permettant au système de développement de s'immiscer dans le système à mettre au point, en général par l'intermédiaire du support de circuit intégré destiné en temps normal à recevoir le microprocesseur lui-même.

Cette solution semble permettre de s'affranchir de l'évolution des microprocesseurs. Il est bien évident que l'introduction du Z 80 par exemple, bien que compatible avec le 8080 A, mais le surclassant largement dans ses performances, est freinée par l'existence de systèmes de développement adaptés au 8080 A, mais non au Z 80.

Il faut évidemment pour cela que le nouveau microprocesseur :

– soit reconnu par le fabricant du système de développement comme un standard, ce qui retarde en général l'apparition des outils d'adaptation (matériel et logiciel).

A titre d'exemple, signalons que le Microkit 8/16, système de développement universel est sorti en juin 1976 pour le 8080 A, et n'a vu ses adaptations 6800 réalisées qu'en mars 1977 et ses adaptations Z 80 qu'en septembre 1977 (un an et demi après l'apparition du système de développement spécifique du Z 80).

– ait une structure classique.

On voit mal en effet comment on pourrait adapter le 4040, le TMS 1000 ou le F 8, au Microkit 8/16 précédemment cité.

b) Les systèmes de développement adaptés à un microprocesseur ou à une famille de microprocesseur.

Cette solution peut paraître moins valable que la précédente en raison du risque d'obsolescence. C'est cependant celle qui est la plus couramment utilisée. Elle présente l'avantage de bénéficier des efforts du fabricant du microprocesseur pour s'imposer face à ses concurrents, en présentant de meilleurs outils, des langages de plus en plus performants.

Son coût est tempéré par la tendance à la compatibilité, qui a été ébauchée par Intel, en passant du 8008 au 8080, mais surtout par Zilog avec l'introduction du Z 80, prolongement du 8080 et l'annonce de générations futures pour lesquelles la notion de compatibilité serait systématiquement évaluée et résolue de telle ou telle manière.

L'utilisation d'un matériel plus coûteux, mais plus adapté, sera également compensée par une meilleure utilisation des ingénieurs chargés des développements.

L'entrée de Tektronix dans le marché des systèmes

universels, reposera avec plus de force le problème. La conclusion qui s'impose est, quelle que soit la solution choisie :

Le concepteur d'électronique doit s'imposer des investissements en système de développement, sans lésiner sur les coûts, au risque de maximiser ses coûts d'étude.

#### 4. Adaptation des structures

L'importance croissante du logiciel dans les automatisations électroniques, impose de repenser les structures surtout au niveau des études.

Dans l'état actuel de la technologie, il semble que peu de gens, à l'exception de ceux dont la vocation était l'informatique industrielle avant l'apparition des microprocesseurs, dominent le problème. Souvent même, il n'a pas été envisagé de modifier les façons de travailler. Les directions hésitent entre des attitudes coercitives de normalisation et un laisser faire par les responsables d'études.

Des problèmes analogues se posent aux constructeurs quant à l'élaboration des nouveaux produits. Faut-il s'astreindre ou non à une compatibilité qui est parfois pénalisante.

Une normalisation universelle, bien que souvent souhaitée par les utilisateurs, au niveau des bus, des instructions, semble irréalisable. On peut cependant dire que l'un des facteurs de la réussite de la famille 8080 aux États-Unis est due, à l'idée de compatibilité dans laquelle elle s'est développée : 8008, 8080, Z 80, 8085.

Comme on l'a vu précédemment, lorsque les facteurs de répétition ne sont pas élevés, les coûts relatifs au logiciel sont prédominants, et donc la façon de les dominer est un sujet préoccupant, et ce, d'autant plus que les coûts matériels sont en baisse.

#### CONCLUSION

Il ne fait plus de doute maintenant, que l'utilisation des microprocesseurs va se généraliser dans les équipements électroniques. Les possibilités qu'ils amènent, vont faire pénétrer l'électronique où elle n'avait pas accès jusqu'à ce jour (comme dans l'équipement ménager et dans l'automobile) et permettre le développement de nouveaux marchés (comme les jeux Video).

Sauf dans les applications où le facteur de répétition est très élevé, on se heurte encore violemment au « mur » du logiciel, ce dernier représentant un coût extrêmement élevé, ayant une incidence d'autant plus grande que le coût du matériel baisse.

Ce problème du coût du logiciel peut déjà être minimisé en repensant la façon de travailler, mais sera encore amélioré par l'évolution de la technologie (microprocesseurs plus performants, logiciel de base plus fourni) surtout si les constructeurs imposent une normalisation à leurs produits et une compatibilité lors de la création des nouveaux produits.

par J. P. COCQUEREZ <sup>(2)</sup>

et J. DEVARS <sup>(2)</sup>

Maîtres-assistants à l'École Nationale Supérieure de l'Électronique et de ses Applications.

E.N.S.E.A., Impasse des Chênes Pourpres,  
95000 Cergy (Tél. : 030.92.44)



## RÉSUMÉ

Cet article présente une approche systématique des problèmes liés à l'utilisation des microprocesseurs, nouveaux composants électroniques qui permettent de décentraliser le traitement de l'information jusqu'au niveau de la saisie des données. La mise en œuvre efficace de ces composants suppose la maîtrise des techniques d'utilisation des circuits intégrés logiques, mais aussi une bonne connaissance de l'informatique, considérée sous l'aspect matériel : structure fonctionnelle des machines numériques, mais aussi sous l'aspect logiciel : méthodes et langages de programmation.

## SUMMARY

### Microprocessors

This paper offers a systematic approach to the problems in connection with the use of microprocessors, new electronic components, that enable to decentralize data processing up to the level of data acquisition.

To bring these components into operation efficiently requires a sound mastery in the skilful use of integrated logic circuits, together with a serious knowledge of data processing systems studied from the hardware aspect : functional structures of digital machines, but also from the software aspect : programming methods and languages.

## 1. INTRODUCTION

Les progrès réalisés dans la technologie des circuits intégrés ont permis d'obtenir une nouvelle famille de composants : les microprocesseurs.

La définition de ce produit, fournie dans le paragraphe suivant, montre que son principe de fonctionnement est le même que celui d'une machine de traitement de l'information bien connue : l'ordinateur. En conséquence, la maîtrise d'utilisation d'un microprocesseur nécessitera de bonnes connaissances en informatique tant au niveau structure et organisation des ordinateurs, qu'au niveau logiciel ; en effet, pour certains types de microprocesseurs (microprocesseurs microprogrammables) l'utilisateur concevra lui-même les caractéristiques d'une machine de traitement de l'information et plus particulièrement son jeu d'instruction.

Avant même d'aborder en détail l'étude de l'architecture des microprocesseurs et de leurs utilisations, il est possible de prévoir que ces derniers vont permettre d'incorporer le traitement de l'information dans les systèmes d'acquisition de données et de mesures. On assistera donc à une décentralisation du traitement, et à une modification du comportement de l'ingénieur dans la conception de tout automatisme.

## 2. DÉFINITION DU MICROPROCESSEUR

Nous rappelons, figure 1, l'organisation d'une machine de traitement de l'information qui comprend quatre parties essentielles.

- Une mémoire centrale qui est l'organe de stockage des

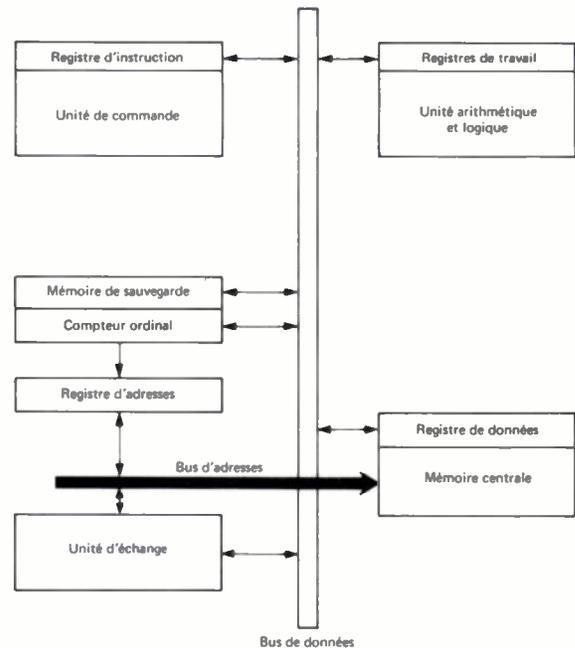


Fig. 1. — Organisation d'une machine de traitement de l'information.

données utilisées dans le traitement, et des instructions constituant le programme.

- Une unité de commande qui fonctionne de façon séquentielle. Elle reçoit des instructions et les traduit en codes fonctions à destination des unités arithmétique et d'échange.

- Une unité arithmétique et logique qui effectue tous les traitements arithmétiques et logiques générés par les codes fonctions. Elle permet des tests sur les résultats obtenus.

- Une unité d'échange qui gère les transferts d'informations entre la machine et l'extérieur : mise en forme des

(1) Article reçu le 28 avril 1977 et accepté dans sa forme définitive le 24 novembre 1977.

(2) Membres SEE.

entrées-sorties, aiguillage à partir ou vers l'organe extérieur concerné, génération des signaux de demande et de fin de transfert.

A ces différents sous-ensembles, sont affectés des registres spécialisés.

A partir de cette structure, nous définissons le microprocesseur comme étant *une unité centrale intégrée*. C'est-à-dire, qu'il est l'équivalent d'une unité de commande et d'une unité arithmétique et logique; il peut donc effectuer des opérations, arithmétiques ou logiques, des transferts de données, et des tests et ruptures de séquences.

Ces opérations sont déclenchées par la lecture des instructions d'un programme enregistré en mémoire.

Suivant la technologie employée, *le microprocesseur se présente sous la forme d'un ou plusieurs circuits intégrés*.

En technologie MOS, CMOS ou I<sup>2</sup>L le microprocesseur, à quelques exceptions près, est en un seul circuit intégré. En général, le jeu d'instructions et le code instruction sont définis par le constructeur.

En technologie TTL ou ECL, le microprocesseur est un ensemble de circuits intégrés. Ces microprocesseurs sont microprogrammables et l'utilisateur définit lui-même son jeu d'instructions.

Pour réaliser un système de traitement de l'information avec un microprocesseur, il faut lui adjoindre des mémoires, des unités d'échange et un logiciel.

Il existe maintenant des circuits intégrés comprenant sur une même pastille de silicium une unité centrale, une mémoire vive, une mémoire morte et une unité d'échange.

Nous proposons de désigner ce type de circuit par le terme : microcalculateur (exemples : TMS 1000, INTEL 8048, TMS 9940, MK 3870).

**3. STRUCTURE DES MICROPROCESSEURS**

Que le microprocesseur comporte un seul ou plusieurs circuits intégrés, il existe 3 types de liaisons entre lui et les autres éléments constituant le système de traitement de l'information :

- une liaison destinée aux transferts des adresses : le bus d'adresses,
- une liaison destinée aux transferts des données : le bus de données,
- une liaison comportant différentes voies destinées à fournir une indication sur l'état du microprocesseur, indiquer le sens des transferts, et signaler les demandes d'interruption de fonctionnement du microprocesseur : c'est le bus de commande.

En plus de ces 3 bus existent des voies de commande du microprocesseur lui-même.

En général, le nombre de voies du bus de données correspond au nombre d'éléments binaires du mot mémoire du système et le nombre de voies du bus d'adresses fixe la capacité d'adressage du microprocesseur. Montrons également sur un exemple que la nature des liaisons externes du microprocesseur peut nous donner des renseignements sur ses caractéristiques.

Soit un microprocesseur dont la taille du mot mémoire est 8 bits, possédant un bus adresse de 16 bits (possibilité d'adressage de 64k octets), examinons le rôle de certains signaux de commande (fig. 2) :

- Pour les signaux d'horloge, deux cas peuvent se présenter selon que le microprocesseur a un fonctionnement dynamique ou statique. Si le fonctionnement est dynamique, le microprocesseur est piloté par une horloge à plusieurs phases, et une commande spéciale d'arrêt est alors nécessaire, car l'horloge doit être appliquée en permanence pour rafraîchir le contenu des mémoires internes dynamiques du microprocesseur. Si le microprocesseur a un fonctionnement statique, il peut être arrêté, moyennant quelques précautions, par suppression totale de l'horloge.
- La mise en état haute impédance des bus « trois états » du microprocesseur permet de réaliser un accès direct mémoire sans adjonction de circuits supplémentaires.

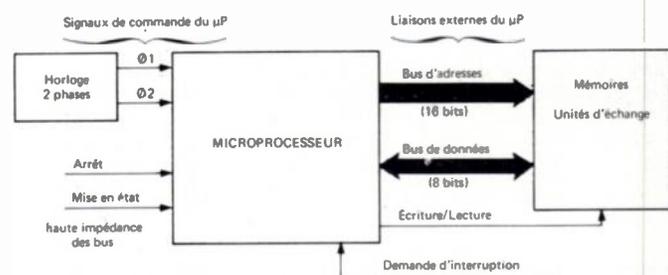


Fig. 2.

**3.1. Architecture interne d'un microprocesseur**

Suivant le nombre de bus de transfert dans l'unité centrale, il existe trois types de structures [6] :

- *Structure à bus unique* (fig. 3); étant donné que les opérandes et les résultats sont véhiculés par un même bus de données, un registre de stockage temporaire d'opérande est nécessaire. Les microprocesseurs INTEL 4040 et 8080, par exemple, possèdent cette structure [8].

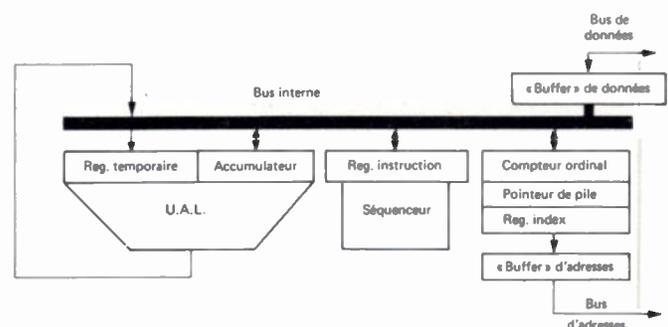


Fig. 3. — Structure à bus unique.

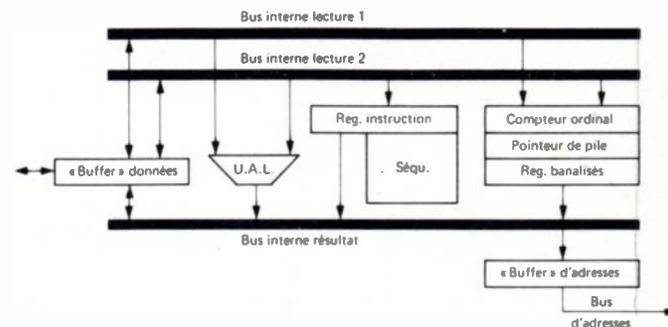


Fig. 4. — Structure à deux bus.

– Structure à deux bus (fig. 4); la présence d'un bus résultat évite le registre de stockage temporaire. Cette structure est celle du SC/MP de National Semiconductor [9].

– Structure à trois bus (fig. 5); elle peut être créée avec les microprocesseurs microprogrammables, et permet de réaliser très rapidement des opérations et des transferts entre les différents registres de l'unité centrale.

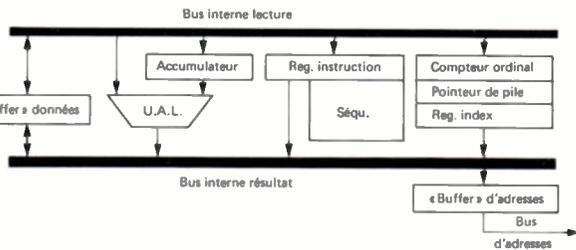


Fig. 5. – Structure à trois bus.

### 3.1.1. DIFFÉRENTS REGISTRES

Certains registres sont spécialisés, d'autres banalisés. Parmi les registres spécialisés, nous retrouvons la plupart de ceux qui sont présents dans une unité centrale d'ordinateur :

- les registres d'instructions, d'adresses, et de données, qui sont en général inaccessibles au programmeur,
- le compteur ordinal,
- le registre d'état qui contient les indicateurs de débordement, de zéro, de signe, etc...
- le registre pointeur de pile qui contient une adresse.

Les registres banalisés sont essentiellement le (ou les) accumulateur(s) et le (ou les) registre(s) d'index.

### 3.1.2. DÉROULEMENT D'UNE INSTRUCTION, RÔLE DES DIFFÉRENTS REGISTRES

Le déroulement d'une instruction est le même dans toute machine de traitement de l'information de type « Von Neumann » [1, 6]; nous allons analyser l'exécution de 2 instructions fondamentales : le chargement du contenu d'une position mémoire dans un registre accumulateur et le rangement du contenu d'un accumulateur dans une position mémoire.

On distingue généralement deux phases; une phase recherche d'instruction et une phase exécution.

*Phase recherche :* le contenu du compteur ordinal est l'adresse du mot mémoire contenant le code de l'instruction à exécuter. Ce contenu est transféré dans le registre d'adresses qui est en liaison avec le bus d'adresses.

Une commande de lecture de la mémoire est envoyée, le code instruction apparaît sur le bus de données et est aiguillé vers le registre d'instructions.

Cette phase est commune à tout type d'instruction. Le compteur ordinal est incrémenté à la fin de la phase recherche.

*Phase exécution :* le contenu du registre d'instructions est décodé par le séquenceur.

S'il s'agit d'une opération de rangement (STORE), le contenu de l'accumulateur (registre de travail de l'unité arithmétique et logique) est aiguillé vers le bus de données. La partie opérande de l'instruction contient l'adresse du mot

mémoire où doit être rangé le contenu de l'accumulateur. Cette partie opérande est envoyée dans le registre d'adresses. Une commande d'écriture est faite et le transfert a lieu.

Pour une opération de chargement (LOAD), une commande de lecture est envoyée et le transfert se fait de la mémoire vers l'accumulateur.

Détaillons maintenant le rôle du registre pointeur de pile (Stack Pointer). Il contient l'adresse d'une zone mémoire; deux instructions de rangement et le chargement y font référence et confèrent à cette zone mémoire une structure de pile L.I.F.O. (Last In, First Out). Ces instructions se déroulent de la façon suivante (fig. 6) :

– Rangement en pile du contenu de l'accumulateur : le contenu de cet accumulateur (ACCA) est transféré à l'adresse définie par le pointeur de pile (SP), puis ce pointeur est décrétement, afin de désigner la nouvelle position libre de la pile.

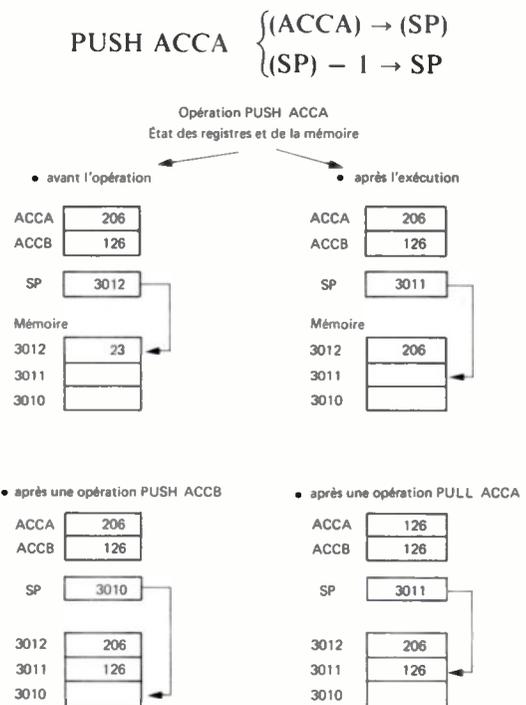


Fig. 6. – Déroulement des instructions push et pull.

– Chargement dans l'accumulateur du sommet de la pile : le pointeur est agrémenté et le contenu de la position haute de la pile est transféré dans l'accumulateur.

$$\text{PULL ACCA} \begin{cases} (SP) + 1 \rightarrow SP \\ ((SP)) \rightarrow \text{ACCA} \end{cases}$$

Dans certains microprocesseurs, les instructions de branchement vers un sous-programme et le système de gestion des interruptions, utilisent le pointeur de pile pour sauvegarder l'état du compteur ordinal et éventuellement des autres registres, au moment de l'exécution du branchement ou du traitement de l'interruption.

### 3.1.3. STRUCTURE DU SÉQUENCEUR, FONCTIONNEMENT D'UN SÉQUENCEUR MICROPROGRAMMÉ (2, 3, 6)

Le séquenceur est l'organe principal du microprocesseur. A partir du décodage du mot contenu dans le registre

instructions, il génère des séquences de microcommandes qui déclenchent des opérations dans l'ensemble du système de traitement de l'information.

Le séquenceur est donc un circuit séquentiel, il peut être réalisé en logique câblée ou en logique programmée par utilisation d'une mémoire morte contenant le microprogramme spécifique à chaque instruction ; le microprocesseur est alors « microprogrammé ».

A partir de la figure 7 analysons le fonctionnement d'une unité centrale microprogrammée.

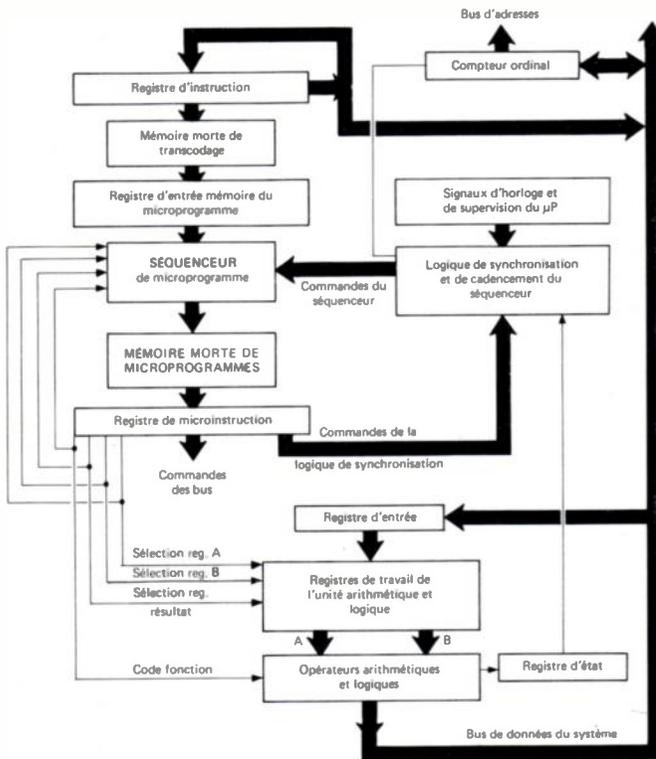


Fig. 7. — Unité centrale microprogrammée.

Le registre instruction reçoit l'instruction en provenance de la mémoire centrale par l'intermédiaire du bus de données. L'instruction comporte généralement deux champs : le code opération et l'opérande. L'opérande peut être une adresse ou une donnée. La partie code opération de l'instruction est appliquée sur une mémoire de transcodage. La sortie de cette mémoire fournit l'adresse du microprogramme relatif au traitement de l'instruction. Cette adresse est chargée dans le compteur de microprogramme, qui est un registre interne au séquenceur proprement dit.

Le compteur de microprogramme contient donc l'adresse d'un programme composé de microinstructions. Ce programme est inscrit dans la mémoire de microprogramme dont la sortie est connectée au registre de microinstructions.

Le registre de microinstructions comprend différents champs affectés chacun au contrôle d'une partie de l'unité centrale. Il peut y avoir les champs suivants :

- *Champ de contrôle d'une logique de commande et de synchronisation du séquenceur.* Cette logique, compte tenu de l'état de ce champ, du registre d'état de l'unité arithmétique et logique et des signaux de supervision du microprocesseur, élabore les commandes adéquates pour le séquenceur ; ce dernier continuera éventuellement l'exécution du micro-

programme en séquence, ou effectuera un branchement dans la mémoire de microprogrammes.

- *Champ de contrôle des bus d'adresses et de données du système.*

- *Champ de commande de l'unité arithmétique et logique :* ce champ peut être utilisé également en bouclage sur le séquenceur pour lui fournir éventuellement une adresse de branchement vers un « sous-microprogramme ».

Le fonctionnement de l'unité centrale est synchrone avec l'horloge générale du système.

L'utilisation du registre de microinstructions comme stockage temporaire (« pipelining ») en sortie de mémoire de microprogramme permet la recherche de la microinstruction suivante pendant que les différents champs du registre génèrent leurs commandes.

Ce type de microprogrammation par champs est dénommé microprogrammation horizontale.

## 3.2. Aspect matériel des microprocesseurs

### 3.2.1. MICROPROCESSEURS MICROPROGRAMMÉS ET MICROPROGRAMMABLES

D'une manière générale le microprocesseur microprogrammé est une unité centrale intégrée en un seul boîtier (quelques exceptions : F 8 de Fairchild par exemple) ; tandis que le microprocesseur microprogrammable se compose de deux à trois dizaines de circuits intégrés dont trois sont essentiels : le séquenceur, l'unité arithmétique et logique, la mémoire microprogramme.

Ces différences sont dues à la technologie utilisée qui permet ou non une grande intégration :

- MOS, CMOS, I<sup>2</sup>L pour la première catégorie,
- TTLS, E.C.L. pour la seconde catégorie.

La cadence de fonctionnement est intimement liée à la technologie utilisée. Les microprocesseurs les plus rapides sont de technologies bipolaires (I<sup>2</sup>L, TTLS, ECL) [4, 5, 6].

### 3.2.2. FAMILLE DE CIRCUITS ASSOCIÉS A UN MICROPROCESSEUR

Pour réaliser une machine de traitement de l'information à partir d'un microprocesseur, il faut lui ajouter des mémoires vives (RAM), des mémoires mortes (ROM, PROM), et des unités d'échange.

Plusieurs fabricants (Intel, Motorola) ont développé des familles de circuits directement compatibles avec leurs microprocesseurs et permettant de simplifier au maximum les problèmes d'interconnexion. Par exemple, il est possible de réaliser avec moins de 10 circuits intégrés un petit système de traitement de l'information ayant les caractéristiques suivantes : 4 096 octets de programmes en mémoire morte, 512 octets de mémoires vives et 4 voies d'entrées-sorties bidirectionnelles d'un octet en parallèle.

La tendance actuelle est de fabriquer des pastilles silicium de plus grande surface pour atteindre un plus grand degré d'intégration. C'est la génération des micro-calculateurs (TMS 1000, Intel 8048) qui comportent par exemple pour le Intel 8748 : 1 k octets de mémoire reprogrammable, 64 oc-

tets de mémoires vives et 3 voies d'entrées-sorties programmables.

Ainsi pour les automatismes simples, dans les domaines de l'électroménager et de l'automobile, un seul circuit intégré est nécessaire.

Faisons maintenant un bref tour d'horizon des caractéristiques essentielles des circuits intégrés associés aux microprocesseurs :

- *mémoires vives, mémoires mortes*, leurs différences de caractéristiques sont liées à la technologie (voir tableau I);
- *unités d'échanges*, il faut distinguer trois catégories, selon le mode de transfert : les circuits d'entrées-sorties parallèles programmables, les receveurs-transmetteurs série asynchrones, et les receveurs-transmetteurs série synchrones.

Ces circuits possèdent une très grande souplesse d'emploi, leur grand avantage réside dans le fait que les registres de sortie de ces unités d'échange sont adressables comme n'importe quel mot de la mémoire centrale. Il n'existe donc pas d'instructions d'entrées-sorties spécifiques car les instructions de transferts d'unité centrale à mémoire suffisent.

TABLEAU I

Caractéristiques optimales des mémoires vives.

Technologie	Fonctionnement	Capacité	Temps d'accès
Bipolaire TTLS	Statique	256	< 70 ns
Bipolaire ECL	Statique	256	< 25 ns
MOS canal N	Statique	4 K	< 250 ns
MOS canal N	Dynamique	16 K	< 350 ns
C MOS	Statique	1 K	< 650 ns
V MOS	Statique	8 K	< 125 ns

Caractéristiques optimales des mémoires mortes.

Technologie	Capacité	Temps d'accès
Bipolaire TTLS	4 K	< 70 ns
Bipolaire ECL	1 K	< 12 ns
MOS canal N	32 K	< 450 ns
C MOS	1 K x 12	< 650 ns
V MOS	64 K	< 350 ns

Caractéristiques optimales des mémoires programmables.

Technologie	Capacité	Temps d'accès
Bipolaire TTLS	8 K	< 50 ns
Bipolaire ECL	1 K	< 12 ns
MOS	16 K	< 450 ns
		} Reprogrammables

Dans le choix des circuits à associer avec un microprocesseur trois notions de compatibilité interviennent : compatibilité de *niveau* logique entre les circuits, compatibilité de *sortance* des circuits, compatibilité *temporelle* entre le temps de cycle du microprocesseur et le temps d'accès d'une mémoire ou d'un registre d'une unité d'échange.

4. PROGRAMMATION DES MICROPROCESSEURS, ASPECT LOGICIEL.

Dans ce paragraphe nous considérons d'abord la méthode de programmation que nous présentons sous forme d'organigramme, puis les moyens utilisés pour la programmation des microprocesseurs.

4.1. Méthode de programmation (fig. 8).

La première étape consiste à dresser un organigramme permettant de résoudre le problème posé et à traduire cet organigramme en un langage source de programmation.

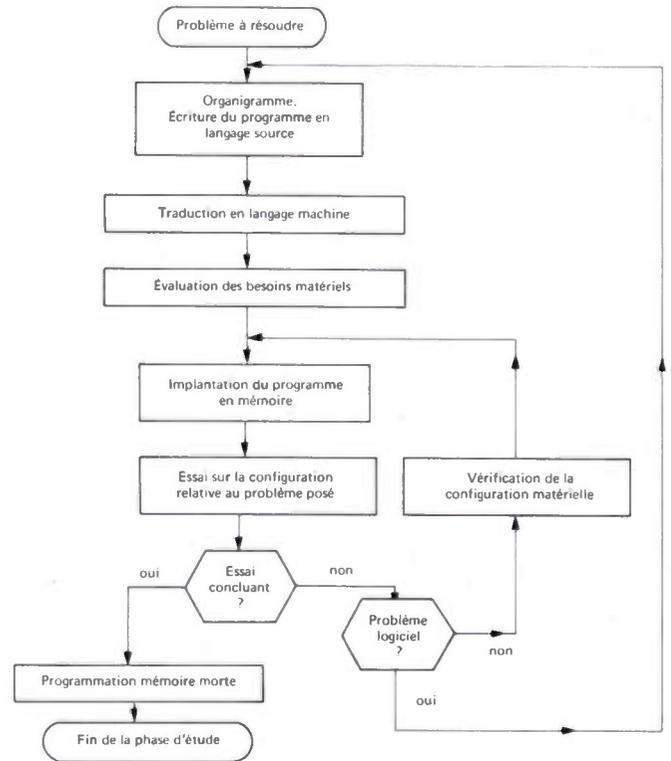


Fig. 8. - Méthode de programmation.

Dans la deuxième étape il s'agit de traduire le langage source en langage machine et d'implanter ce programme en mémoire. Conjointement à l'implantation en mémoire, une évaluation des besoins matériels (nombre de circuits) peut être faite.

Le programme est alors testé sur la configuration matérielle relative au problème posé, c'est la troisième étape.

Si l'essai est concluant, le programme peut être inscrit en mémoire morte. Sinon, l'échec peut être dû à des problèmes matériels ou logiciels, ou aux deux réunis. Il convient alors de revoir la configuration matérielle et l'organigramme.

4.2. Moyens de programmation

Pour les microprocesseurs microprogrammés, les moyens de programmation sont actuellement développés et fournis par le constructeur ; nous les avons classés en 3 catégories :

4.2.1. SYSTÈME D'ÉVALUATION DE BASE

Ces systèmes comportent sur une carte imprimée quelques circuits de la famille associée au microprocesseur en

nombre suffisant pour l'étude de petits problèmes. Dans une mémoire morte, un programme moniteur et chargeur permet, par exemple, d'effectuer les opérations suivantes à partir d'un périphérique du type clavier (TTY) :

- modification d'une position mémoire,
- perforation d'un ruban binaire,
- chargement d'un ruban binaire,
- visualisation du contenu des registres de l'unité centrale,
- mise en place d'un point d'arrêt dans un programme,
- lancement d'un programme utilisateur.

Les instructions du programme sont entrées en mémoire en langage machine (en code hexadécimal dans la plupart des cas) par l'intermédiaire du périphérique.

Du fait que l'utilisateur traduit lui-même le programme source en langage machine, la taille des programmes traités est de l'ordre d'une centaine d'instructions.

D'autre part, en cas d'erreur, l'utilisateur opère lui-même les décalages et insertions d'éventuelles nouvelles instructions.

#### 4.2.2. SYSTÈME DE DÉVELOPPEMENT DE TYPE INDUSTRIEL

Les fabricants ont développé des microordinateurs bâtis autour de leurs microprocesseurs. Ces systèmes comportent un certain nombre de cartes correspondant à différents besoins de type industriel. La version de base de ces systèmes comporte un programme moniteur-chargeur enregistré en mémoire morte et quelques sous-programmes de mise au point permettant de suivre pas à pas l'évolution du programme utilisateur et de placer plusieurs points d'arrêt.

Si ces systèmes de développement sont utilisés seuls, la programmation se fait toujours en langage machine, la traduction du langage source étant faite par l'utilisateur.

Pour les programmes importants, il est nécessaire d'utiliser un assembleur. Les fabricants proposent deux types d'assembleur-éditeur :

- un assembleur-éditeur résident disponible sur une unité de disques souples connectée au microordinateur. On retrouve alors tous les problèmes de programmation d'un système d'exploitation sur disque que l'on rencontre sur les miniordinateurs ;
- un « cross assembleur » dénommé ainsi parce que ce programme de traduction du langage source en langage machine est écrit en langage évolué (par exemple Fortran), et qu'il est implanté sur une autre machine que le microordinateur de développement. Le programme objet peut être obtenu sous la forme de ruban binaire ou introduit par l'intermédiaire d'une ligne de transmission dans le système de développement, en utilisant le programme chargeur résident.

#### 4.2.3. SIMULATION ET PROGRAMMATION EN LANGAGE ÉVOLUÉ

Les programmes de simulation d'un microprocesseur sont disponibles sur des gros ordinateurs et ne sont souvent accessibles que par l'intermédiaire des réseaux en temps partagé.

Il en est de même des compilateurs de langage évolué. Le langage choisi par la plupart des constructeurs est proche du

PL 1. L'écriture du programme source en langage évolué permet un gain de temps important dans le développement des programmes, mais elle ne permet pas une optimisation de l'occupation de la mémoire.

Schématiquement, l'utilisation d'outils « compilateurs » est économique pour des prototypes ou de petites séries, et l'utilisation d'outils « assembleurs » est pleinement rentable pour de grandes séries et une large diffusion d'un matériel. Dans tous les cas intermédiaires, il convient de comparer les produits coût de développement  $\times$  temps de développement de ces deux méthodes, afin de déterminer le mode de programmation le plus adapté.

### 5. DIFFÉRENTES FAMILLES DE MICROPROCESSEURS

Les microprocesseurs peuvent être classés selon les critères de longueur du mot machine, de rapidité (temps d'exécution d'une addition par exemple), ou de puissance de traitement.

Nous avons choisi la classification suivant la longueur du mot machine. Nous énonçons, dans chaque catégorie, les microprocesseurs les plus marquants et leurs domaines d'application.

#### 5.1. Microprocesseurs 4 bits

Ces microprocesseurs sont destinés aux petits systèmes logiques et surtout au calcul en Décimal Codé Binaire, ce qui explique leur grande utilisation dans les calculatrices de poche. Les technologies employées sont MOS canal P ou MOS canal N.

#### 5.2. Microprocesseurs 8 bits

C'est la famille qui connaît actuellement le plus grand essor. Ses domaines d'applications englobent les automatismes (systèmes échantillonnés), les terminaux dits « intelligents », etc...

Les deux microprocesseurs les plus utilisés, et possédant une famille de circuits associés très riche, sont l'Intel 8080 et le MOTOROLA MC 6800 [7, 8].

Ces deux microprocesseurs sont de technologie MOS canal N. On peut également citer le microprocesseur RCA Cosmac de technologie CMOS.

Le 8080 ou le 6800 opère un transfert accumulateur-mémoire dans un temps inférieur à 2  $\mu$ s. Actuellement, ces microprocesseurs représentent 70 à 80 % du marché. Citons également pour de petits systèmes logiques l'intérêt des microcalculateurs NC 6801 et Intel 8748.

Les microprocesseurs les plus puissants de cette famille sont le Z80 et le MC 6809.

#### 5.3. Microprocesseurs 12 bits

Les microprocesseurs dans cette famille sont de technologie CMOS. Leur principal intérêt, outre leur consommation réduite, vient du fait qu'ils constituent une émulation du PDP8 (IM 6100).

#### 5.4. Microprocesseurs 16 bits

Cette famille est actuellement en développement. L'un des éléments les plus intéressants semble être le TMS 9900 de TEXAS qui présente l'avantage de posséder dans son jeu d'instructions la multiplication et la division.

#### 5.5. Microprocesseurs « cascadables »

Ces microprocesseurs sont microprogrammables; l'un des plus connus est le AM 2901 qui comporte une unité arithmétique et logique de 4 bits. Citons le microprocesseur le plus rapide : le MOTOROLA MC 10800 de technologie E.C.L.

Ces microprocesseurs sont utilisés là où les autres microprocesseurs sont trop lents. Leur mise en œuvre est plus délicate mais ils sont mieux adaptés aux besoins de l'utilisateur puisque ce dernier définit lui-même les caractéristiques du système de traitement de l'information. Pour une machine bâtie autour du AM 2901 un transfert mémoire-accumulateur peut se faire en moins de 250 ns.

### 6. INTÉRÊT DES MICROPROCESSEURS

Si au départ beaucoup d'utilisateurs ont eu quelques désillusions devant les problèmes logiciels posés par l'utilisation des microprocesseurs, ces problèmes disparaissent grâce, en partie, à l'effort fait par certains constructeurs pour offrir des moyens de développement et d'aide à la programmation très substantiels. On peut même prévoir que les problèmes matériels seront encore simplifiés grâce aux progrès réalisés dans l'intégration de fonctions de plus en

plus complexes, ce qui permet d'enrichir les familles de circuits associés à un microprocesseur et d'améliorer le microprocesseur lui-même (exemple Intel 8085, ZILOG Z80). Il n'est pas encore question de faire exécuter à un microprocesseur le travail d'un miniordinateur, mais on peut dire qu'actuellement un microprocesseur remplace avantageusement tout système nécessitant plus de 30 circuits intégrés complexes dans la mesure où le microprocesseur est suffisamment rapide.

Les raisons en sont essentiellement la plus grande fiabilité, la plus grande souplesse d'emploi : avantage de la logique programmée sur la logique câblée, l'encombrement réduit, le coût moindre.

Comme nous l'annoncions dans l'introduction, les microprocesseurs amèneront une décentralisation du traitement de l'information en permettant de faire des opérations sur le lieu même de l'acquisition des données, et d'intervenir dans tous les domaines où un miniordinateur risque d'être sous-employé ou d'utilisation onéreuse, en particulier dans les cas où ne se posent pas de problèmes de calcul.

#### Bibliographie

- [1] MEINADIER J. P. — *Structure et fonctionnement des ordinateurs*, Larousse, 1975.
- [2] CLYMER James R. W. — *A computer control unit using the Am 2909*, Advanced Micro Devices Inc.
- [3] PARASURAMAN Bala. — High performance Microprocessor Architectures. *Proc. of I.E.E.E.*, 1976, 851-859.
- [4] VERHOEFT Peter M. J. — Evaluation of Technology Options for LSI processing Elements. *Proc. of I.E.E.E.*, 1976, 842-851.
- [5] PEDERSEN R. Å. — Integrated Injection Logic : A bipolar LSI technic. *Computer*, 1976, 24-29.
- [6] Cours « Informatique, Microinformatique et Systèmes », E.N.S.E.A.
- [7] Documentation *Motorola*.
- [8] Documentation *Intel*.
- [9] Documentation *National Semiconductor*.

# Enseignement des microprocesseurs et conception d'une maquette d'étude <sup>(1)</sup>

COMPOSANTS

L'onde électrique  
1978, vol. 58, n° 3  
pp. 214-217

par J. AUVRAY <sup>(2)</sup>.

Ingénieur de l'École Supérieure de Physique et Chimie de Paris. Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie.

Université de Paris VI, UER 51 Département d'Électronique, Service Enseignement, 4, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05 (Tél. 329.12.21, poste 4029).



© Masson, Paris, 1978

## RÉSUMÉ

L'article décrit la méthode pédagogique adoptée dans le département d'Électronique de l'Université Pierre et Marie Curie pour introduire le microprocesseur. L'idée directrice est de présenter le microprocesseur comme un composant et de n'introduire le matériel informatique de mise au point que lorsque l'étudiant en ressent le besoin. Une maquette pédagogique de base est décrite ainsi qu'une application simple.

## SUMMARY

### Teaching of microprocessors

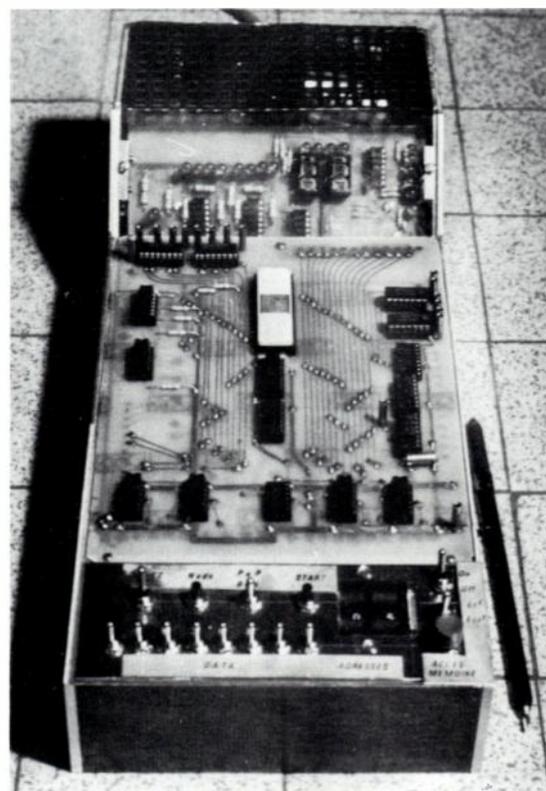
The paper describes a pedagogical method used in the Electronics Department of the Pierre et Marie Curie University to introduce microprocessors. The main idea is to present microprocessor as a component and introduce informatic development system only when there is a necessity for students.

A pedagogical basic model and application are described.

Depuis une quinzaine d'années, le nombre de composants actifs que l'on sait intégrer sur une puce de silicium ne fait que croître, ceci conduit tout naturellement les fabricants à réaliser des circuits de plus en plus complexes. Malheureusement, avec la conception traditionnelle des circuits électroniques cette complexité s'accompagne nécessairement d'une spécialisation de plus en plus poussée donc d'une diminution du nombre d'acheteurs potentiels. Si l'on exclut le cas particulier des mémoires et des circuits spécialisés de grande diffusion (circuits pour calculatrices de poche ou pour montre) le marché des composants à grande intégration risque ainsi d'être très étroit. Dans le cas très important de l'électronique numérique une solution à ce problème est apportée par une nouvelle conception des circuits; les différentes opérations nécessaires pour réaliser une fonction logique complexe ne sont plus effectuées en parallèle dans des circuits différents intégrés côte à côte mais séquentiellement par un unique composant multifonctions commandé à chaque instant par une instruction contenue dans une mémoire extérieure. La suite des instructions successives constitue le programme. C'est ce nouveau composant qui porte le nom de microprocesseur.

Le microprocesseur se trouve ainsi au confluent de deux techniques, électronique et informatique et pour l'enseigner deux voies sont possibles :

— à partir de l'informatique : le microprocesseur est présenté comme un micro-ordinateur. C'est cette voie qui est la plus fréquemment retenue, elle suppose malheureusement une connaissance assez approfondie de l'informatique qui



est loin d'être acquise par tous les électroniciens qui souhaitent se reconvertir au microprocesseur. Par exemple, les « Kits » d'évaluation vendus par les divers constructeurs sont construits autour d'un clavier et d'afficheurs ou doivent être reliés à un imprimeur; la gestion de ces périphériques nécessite la mise en œuvre d'un programme écrit dans une mémoire morte incluse dans le « Kit » qui est un mystère

(1) Article reçu le 6 juin 1977 et accepté dans sa forme définitive le 7 octobre 1977.

(2) Membre SEE.

pour le débutant. De plus, la mise de fonds initiale est importante.

— A partir de l'électronique : le microprocesseur est présenté comme un composant pouvant effectuer par commande extérieure (programmation) de multiples fonctions élémentaires. Cette seconde voie permet une approche beaucoup moins coûteuse et débouche directement sur les configurations qualifiées de minimales qui seront sans doute très fréquentes. Le pilotage par microprocesseur d'un système d'interphone à plusieurs postes, d'une minuterie programmable ou d'un jeu électronique simple est parfaitement réalisable sans mettre en œuvre des systèmes de mise au point très onéreux.

C'est cette « voie » électronique qui a été retenue dans le service d'électronique de l'Université Pierre et Marie Curie pour enseigner les microprocesseurs. Dans ce but une maquette pédagogique a été construite qui remplit les fonctions suivantes :

— A partir d'un double clavier, des mots de 8 bits qui constitueront le programme sont entrés à des adresses choisies dans une mémoire. Grâce à un ensemble d'afficheurs, le contenu de toute case mémoire peut être visualisé à volonté.

— La mémoire étant chargée, le programme est exécuté par le circuit microprocesseur et le résultat affiché.

Cette maquette de structure très simple permet à l'étudiant de tester le comportement du microprocesseur sans faire appel à des sous-programmes d'aide, écrits en mémoire morte, dont le fonctionnement ne peut être bien compris que plus tard.

Le microprocesseur choisi peut être quelconque et en particulier avoir des performances modestes. Il doit surtout être d'emploi commode, compatible avec les circuits logiques TTL ou CMOS et ne pas nécessiter de composants annexes spéciaux. Parmi l'éventail proposé sur le marché actuel, nous avons retenu le SC/MP de National Semiconductor qui remplit assez bien ces conditions.

**DESCRIPTION DE LA MAQUETTE D'ÉTUDE**

La maquette se décompose en deux parties :

- la mémoire et son environnement (entrée-sortie);
- le microprocesseur lui-même et ses circuits de commande.

Comme le montre la figure 1, nous avons choisi une capacité mémoire de 256 mots de 8 bits obtenus avec deux boîtiers 2112. Ces boîtiers sont reliés à 8 fils parmi les 12 constituant le « bus » d'adresse, et au « bus » de données (8 fils). Les données peuvent être entrées manuellement par un clavier constitué par 8 inverseurs unipolaires, l'adresse mémoire étant générée par un ensemble de 2 roues codeuses hexadécimales. Un ensemble de portes 3 états (buffer tristate) isole ce clavier du microprocesseur pendant la période de travail de ce dernier.

La visualisation du contenu mémoire et de l'adresse est obtenue par des diodes électroluminescentes (alimentées à partir de portes « NAND ») et un double afficheur hexadécimal. Pour garder en mémoire une donnée apparaissant fugitivement sur le bus de données des bascules de mémori-

sation (« latches » des anglo-saxons) sont prévues, elles sont commandées à partir du clavier ou par le microprocesseur.

Le microprocesseur proprement dit est commandé par deux signaux d'arrêt, signal de remise à zéro NRST et signal d'arrêt en fin d'instruction CONT. Ce dernier est mis automatiquement au 0 (SC/MP arrêté) lorsque l'on désire lire ou écrire dans la mémoire directement à partir du clavier : le SC/MP délivre au début de chaque instruction un signal d'échantillonnage NADS puis des tops de lecture ou d'écriture destinés à la mémoire.

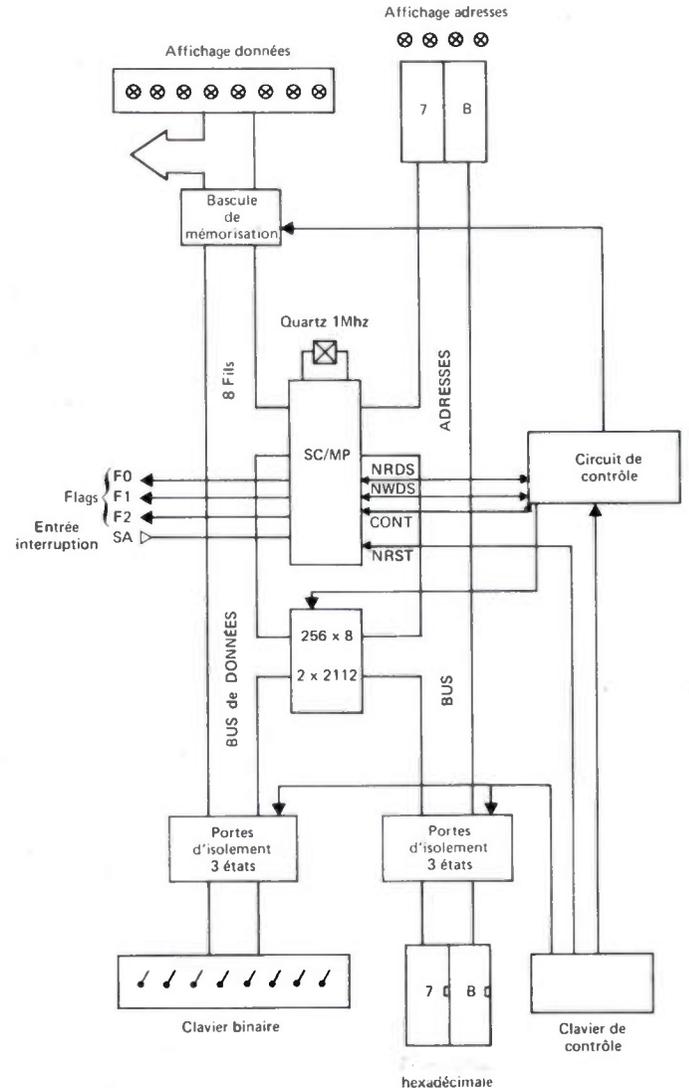


Fig. 1. — Schéma d'ensemble de la maquette.

Lorsqu'une instruction stop est lue, un 1 apparaît sur le fil n° 7 du bus de données à l'instant du « NADS », la conjonction de ces 2 signaux est utilisée pour arrêter le déroulement du programme en basculant CONT à 0 (cette fonction est assurée par les portes 16 à 20 et la bascule 7474 (fig. 2). Le microprocesseur choisi délivre également des signaux binaires appelés « flags » destinés à piloter des organes extérieurs. Réciproquement, le déroulement du programme peut être modifié par un signal extérieur appliqué à une entrée « d'interruption » SA.

Les schémas détaillés de cet ensemble sont donnés ci-joint, on remarquera que des bascules RS (portes 1 à 10) sont utilisées pour éviter des rebondissements de contacts au niveau des commandes manuelles et que des portes sont

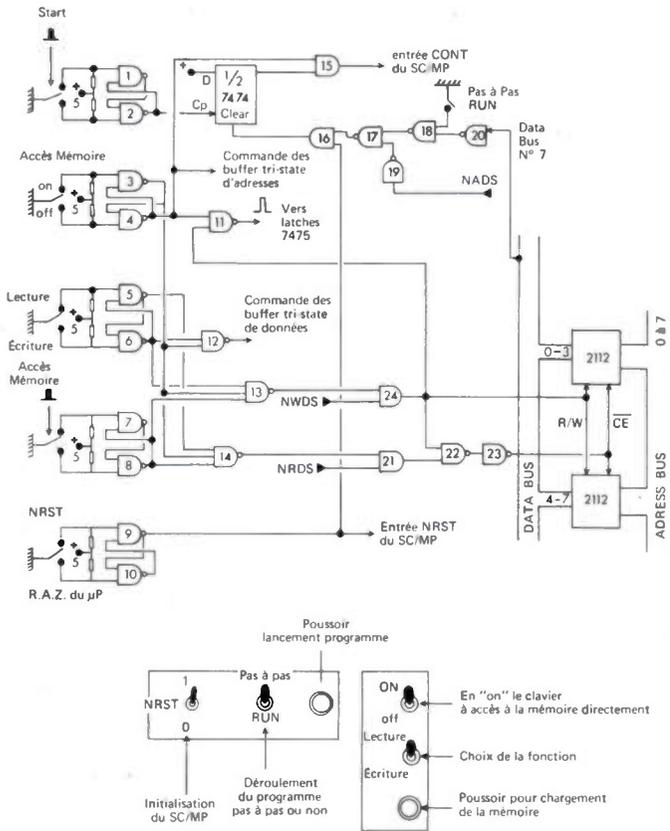


Fig. 2. - Circuit et clavier de contrôle.

intercalées entre le microprocesseur et les entrées et sorties accessibles à l'utilisateur pour éviter la destruction du circuit en cas de fausse manœuvre.

UTILISATION DE LA MAQUETTE POUR L'ENSEIGNEMENT

Exemple

La maquette permet d'étudier les instructions l'une après l'autre et en particulier les différents modes d'adressages. Le programme le plus simple qui est essayé le premier est par exemple une addition qui ne nécessite que 6 instructions. Ce programme est à titre d'exemple détaillé dans le tableau ci-contre (fig. 3). Très rapidement après quelques exemples de ce type il est possible d'aborder des problèmes plus complexes dans lequel le microprocesseur gère un système

N° case mémoire	Symbole instruction	Mot machine	Commentaires
1	LDI	1100 0100	(chargement immédiat) le mot constituant le 2 <sup>e</sup> octet de l'instruction est chargé dans l'accumulateur
2		0100 0001 4 1	
3	DAI	1110 1100	Addition décimale immédiate, le contenu de l'accumulateur considéré comme 2 tétrades DCB est ajouté au 2 <sup>e</sup> octet de l'instruction DAI considéré également comme 2 tétrades DCB. Le résultat en DCB, soit $41_{10} + 37_{10} = 78$ est stocké dans l'accumulateur.
4		0011 0111 3 7	
5	ST	1100 1000	Stockage en mémoire : le contenu de l'accumulateur est envoyé dans la case mémoire dont le numéro est obtenu en ajoutant le numéro de la case mémoire contenant le 2 <sup>e</sup> octet (ici 6) et cet octet (ici 2). Soit $6 + 2 = 8$ (Adressage indexé)
6		0000 0010 2	Sur la maquette d'étude cet envoi en mémoire a pour effet de mémoriser le résultat (78) sur les afficheurs.
7	HALT	0000 0000	Arrêt du microprocesseur

Fig. 3. - « Microprogramme » pour premier contact avec le microprocesseur.

qui lui est associé. Parmi les nombreux exemples qui ont été proposés le convertisseur analogique numérique à double rampe, piloté par microprocesseur que nous allons décrire plus en détail, met bien en évidence les principes fondamentaux des circuits à microprocesseur et l'état d'esprit dans lequel ils doivent être conçus.

La conversion analogique numérique à double rampe est une technique bien connue : la tension analogique d'entrée est d'abord intégrée pendant une durée fixe, puis l'entrée de l'intégrateur est commutée sur une tension de référence de signe opposé et la durée qui s'écoule jusqu'au passage par zéro de la tension de sortie est comptée. Le schéma du circuit commandé est représenté sur la figure 4. Un (1) logique appliqué sur la base de  $T_3$  assure la remise à zéro de l'intégrateur, la conduction de  $T_2$  permet de commuter à l'entrée de l'intégrateur sur la tension de référence  $+5_v$ . Le comparateur  $A_2$  détecte le passage à zéro de la tension de sortie A.

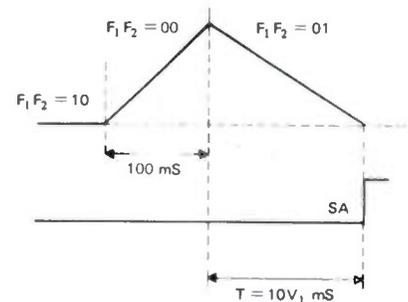
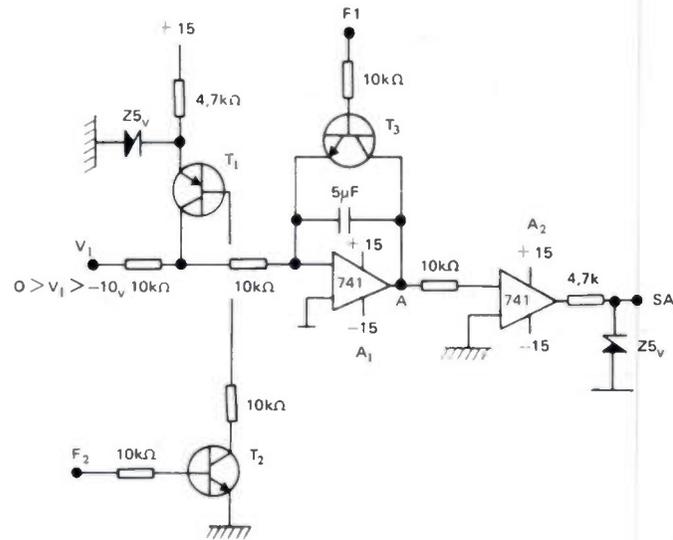


Fig. 4. - Intégrateur à double rampe.

Le microprocesseur doit piloter le système en agissant sur les bases de  $T_1$  et  $T_2$  et compter les durées des différentes étapes du processus. Les phases successives sont les suivantes :

- mise à zéro de l'intégrateur pendant une durée suffisante pour avoir un régime d'équilibre (environ 100 mS);
- intégration de la tension d'entrée ( $T_2$  et  $T_3$  bloqués) pendant une durée fixe 100 mS;
- intégration de la tension de référence et comptage du temps qui s'écoule jusqu'au passage par zéro;
- affichage du résultat.

Ceci peut se mettre sous la forme d'un organigramme

représenté sur la figure 5. On remarquera que la sortie du comparateur est appliquée à l'entrée d'interruption du microprocesseur qui est testée avant l'exécution de chaque instruction. Tant que SA reste au zéro, le microprocesseur exécute une « boucle » de durée fixe (1 mS), lorsque l'intégrateur passe au zéro SA bascule au 1 et le nombre de bouches décrites est mis en mémoire sur les afficheurs.

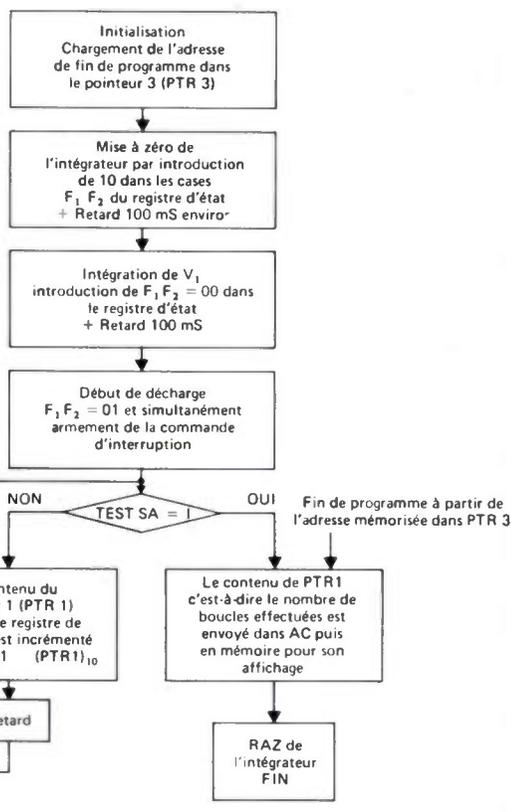


Fig. 5. — Organigramme détaillé du programme.

L'écriture de ce programme pour le microprocesseur utilisé nécessite la connaissance des principales instructions disponibles et de l'architecture du circuit. L'instruction DLY (délai) est en particulier utilisée plusieurs fois pour créer les retards nécessaires. Ces retards ont pour valeurs (pour une horloge à 1 Mhz) :

$$R = 2[13 + 2(AC) + 2 \text{ disp} + 2^9 \text{ disp}] \mu\text{S}$$

où (AC) est le contenu du registre accumulateur et (disp) le 2<sup>e</sup> octet de l'instruction. Les sorties « flags » 1 et 2 sont utilisées pour piloter les transistors, elles sont modifiées en contrôlant le contenu d'un registre interne au microprocesseur appelé registre d'état, ce chargement se faisant à partir de l'accumulateur. L'existence de ces « flags » très facilement modifiables en 2 instructions est une caractéristique très intéressante du SC/MP.

Les commentaires accompagnant le programme ci-contre (fig. 6), joints à la notice du constructeur permettront au lecteur de comprendre aisément le déroulement des opérations.

Avec les valeurs choisies la tension d'entrée comprise entre 0 et 10 volts est affichée en DCB au dixième de volt près.

Case mémoire	Mnémonique	Codé machine (Hexadécimal)	Commentaires	
01	LDI	C4-1B	(27) <sub>10</sub> → [AC]	
03	XPAL	33	[AC] → [PTR3] entrée adresse FIN programme	
04	LDI	C4-02	entrée de F <sub>1</sub> F <sub>2</sub> = 10 → [AC]	
06	CAS	07	[AC] → [STATUS]	
07	DLY	8F-40	Retard	
09	LDI	C4-00	[00] = F <sub>1</sub> F <sub>2</sub> → [AC]	
11	CAS	07	[AC] → [STATUS]	
12	DLY	8F-61	Retard 100 mS	
14	LDI	C4-0C	Intégration de V <sub>1</sub>	
16	CAS	07		F <sub>1</sub> F <sub>2</sub> = 01 → [AC] , E1 = 1
17	XPAL	31	[PTR1] → [AC]	
18	DAI	EC-01	Addition décimale de 1 à [AC]	
20	XPAL	31	[AC] → [PTR1]	
21	LDI	C4-D2	Boucle 1 mS	
23	DLY	8F-00		Retard 1 mS
25	LDI	C4-10	Adresse de retour de boucle	
27	XPAL	30		
28	XPAL	31	[PTR1] → [AC]	
29	ST	C8-05	Envoi en mémoire	
31	LDI	C4-00	R.A.Z.	
33	CAS	07		
34	HALT	00		

Fig. 6. — Convertisseur A → D double rampe. Programme détaillé.

L'écriture de petits programmes de ce type permet à l'étudiant d'une part de se familiariser avec la manière de concevoir les circuits autour du microprocesseur et d'autre part de se rendre compte de la difficulté qu'il y a à maîtriser des programmes un peu longs. A ce niveau, le contenu des mémoires mortes d'aide au développement fournies par tous les constructeurs peut être démystifié et la notion d'assembleur introduite.

La plupart des programmes d'enseignement et systèmes de développement que l'on rencontre actuellement masquent, à notre avis, un point fondamental ; le microprocesseur est un nouveau composant destiné à être incorporé à un système dont il assure la gestion. Ce système est un instrument de mesure (fréquence-mètre piloté par microprocesseur) ou un équipement d'usage courant (automobile, machine à laver, etc...). Dans ce rôle, le microprocesseur et sa mémoire associée ne sont le plus souvent accompagnés que d'un nombre limité de boîtiers. Le matériel informatique : téléimprimeur, disque souple, assembleur, etc..., n'est utilisé que pour la mise au point du programme qui est finalement matérialisé dans une mémoire morte. Ce matériel n'est pas en toute rigueur indispensable bien qu'extrêmement utile et permettant d'économiser un temps considérable lorsque le programme devient long.

Pour cette raison, l'enseignement du microprocesseur doit mettre l'accent en priorité sur la nouvelle façon de penser les circuits ; les aides au développement informatiques ne doivent être décrits que lorsque leur utilité apparaît évidente aux étudiants ; c'est la seule façon d'apprendre à les utiliser à bon escient.

# Circuits intégrés logiques à transistors à effet de champ sur GaAs en technologie plane (\*) <sup>(1)</sup>

COMPOSANTS

L'onde électrique  
1978, vol. 58, n° 3  
pp. 218-221

© Masson, Paris, 1978



Par Michel CATHELIN,  
Ingénieur CNAM au LEP.

et Gilles DURAND  
Ingénieur INSA de Lyon.

Laboratoires d'Électronique et de Physique Appliquée, 3, avenue Descartes, 94450 Limeil-Brévannes, France (Tél. : 569.96.10).

## RÉSUMÉ

La technologie plane auto-alignée est un procédé de réalisation des transistors à effet de champ sur GaAs. L'auto-alignement permet des structures submicroniques à l'aide de moyens de photolithographie classiques. L'isolement entre les éléments actifs habituellement effectué par « méso » est remplacé par une implantation d'ions qui conserve une structure plane aux circuits. Cette technologie offre de nombreux avantages : auto-alignement, augmentation de la densité d'intégration et de la vitesse de commutation.

## SUMMARY

### Logic ICs using AsGa FET in planar technology

This article describes a technological process for making integrated circuits using GaAs field-effect transistors. The process steps are given and some advantages are mentioned : self-alignment, speed, density of integration.

## INTRODUCTION

Des circuits intégrés logiques très rapides, capables de fonctionner à fréquences d'horloge de plusieurs gigahertz pour des applications dans les domaines de l'informatique, de l'instrumentation et des télécommunications, suscitent un intérêt croissant. De telles performances sont obtenues, aujourd'hui, avec des circuits comprenant des transistors à effet de champ sur arséniure de gallium. Le GaAs est un matériau semiconducteur que l'on sait déposer en couche mince, par homoépitaxie, sur un substrat quasiment isolant. Les transistors à effet de champ réalisés sur ces couches sont des dispositifs dans lesquels les électrons ont une plus grande mobilité, et le champ électrique à la vitesse limite est plus faible que dans le silicium. D'autre part, les interconnexions entre éléments actifs présentent une plus faible capacité parasite sur ce substrat semi-isolant. Les premières expériences effectuées dans le domaine des circuits logiques avec des transistors à effet de champ (TEC) au GaAs [1, 2] ont montré que l'on pouvait obtenir un temps de propagation inférieur à 100 ps par porte élémentaire. Des performances en vitesse, très supérieures à celles des circuits au silicium [3], seront atteintes si nous parvenons à intégrer des fonctions suffisamment complexes sous forme monolithique. En particulier, une technologie plane devrait améliorer le rendement de fabrication et donc permettre une intégration plus dense.

## 1. INFLUENCE DE LA STRUCTURE CRISTALLINE DU GaAs

Le matériau de type N, utilisé pour les TEC, est obtenu par croissance épitaxiale en phase vapeur sur des substrats semi-isolants. La vitesse de croissance et le coefficient de ségrégation des impuretés ont conduit à choisir le plan (001) comme plan cristallin suivant lequel est effectué le dépôt. De plus, afin d'éviter la formation de pyramides, les substrats polis mécano-chimiquement sont désorientés de 3° environ par rapport à ce plan. Pour les transistors à effet de champ

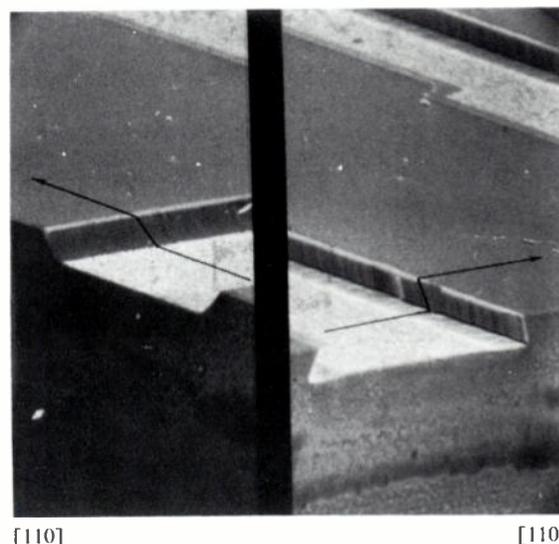


Fig. 1. — Mise en évidence des anisotropies du décapage chimique suivant les directions [110] et [110] perpendiculaires aux marches. On note l'incompatibilité de la direction [110] pour le franchissement de la marche à une métallisation sans coupures.

(\*) Ce travail a été soutenu financièrement par la D.G.R.S.T. (Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique).

(1) Article reçu initialement en août 1977, et accepté dans sa forme définitive le 15 janvier 1978.

fonctionnant en commutation, la concentration en électrons libres de la couche active est voisine de  $10^{17} \text{ cm}^{-3}$  avec une épaisseur de 0,25 microns, soit une tension de pincement située entre 2 et 3 volts. Dans les circuits logiques, il est indispensable d'isoler électriquement les éléments actifs les uns des autres. Généralement cette opération est effectuée par décapage chimique : on forme ce que l'on appelle des « mésa » par réservation locale de la région active. Dans le cas présent la différence de niveau atteint 0,3 micron. Par décapage chimique du GaAs, on met en évidence des anisotropies de décapage (fig. 1) qui se manifestent par une pente à  $45^\circ$  entre les deux niveaux, positive ou négative, suivant les directions cristallines. Les métallisations en couches minces utilisées pour les connexions dans la technologie assurent correctement la continuité entre les deux niveaux du mésa par la pente positive. Par la pente inverse, par contre, il y a risque de coupure, surtout lorsque la connexion est étroite à l'endroit de la marche (fig. 2). Ainsi pour ce mode d'isolement il est nécessaire de repérer les directions  $[110]$  et  $[1\bar{1}0]$  du plan  $(001)$  pour orienter toutes les transitions entre les deux niveaux dans la même direction : celle à pente positive. Le travail de conception des circuits n'est pas aisé si une seule direction est autorisée pour la sortie des connexions hors des régions actives. Ainsi, pour faire franchir à une grille, une marche dans la direction  $[1\bar{1}0]$ , on doit utiliser des artifices qui occupent de la place et apportent des éléments parasites.

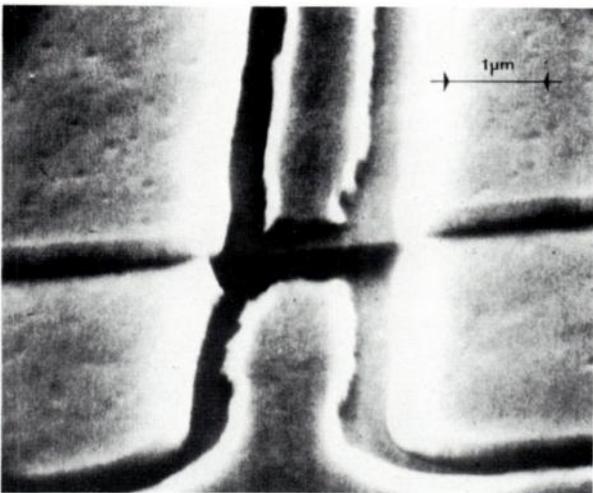


Fig. 2. — Exemple de coupures de connexions étroites au passage de marches d'un mésa.

Notons que la longueur est très petite devant la largeur qui fixe le courant maximum du transistor. Pour diminuer la longueur de la grille jusqu'à des dimensions voisines du micron, nous avons utilisé une technologie auto-alignée. Cette technique permet d'envisager la fabrication de circuits à moyenne densité d'intégration avec un bon rendement, tout en comportant des grilles de 1 micron de long (largeur de la métallisation) parfaitement alignées dans un espace drain-source de trois microns. Enfin l'isolation des transistors est obtenue par transformation locale de la couche active de type N en matériau isolant par implantation d'ions. Par ce procédé, on conserve une structure plane, tout en ayant les connexions déposées sur ce substrat isolant qui présentent une capacité parasite minimale par rapport à la masse. Ceci peut être obtenu par bombardement de protons de haute énergie [5, 7]. Cette technique convertit le GaAs de type P ou N en un matériau à haute résistivité, mais la stabilité en température est limitée et ne permet pas des cycles thermiques d'alliage à des températures supérieures à  $400^\circ\text{C}$  sans modifications des propriétés d'isolement. Les perturbations apportées dans le réseau disparaissent après un recuit car l'augmentation de la résistivité est principalement due aux dommages produits par le bombardement de protons. Par contre, on a montré qu'il est possible de compenser parfaitement le GaAs par implantation d'oxygène [6]. Ces couches implantées deviennent semi-isolantes et leurs propriétés sont attribuées généralement à une activité électrique propre de l'oxygène et restent stables jusqu'à  $800^\circ\text{C}$ . Les énergies employées pour les implantations d'oxygène ont atteint 500 keV, voire même 1 MeV. Elles nécessitent des appareils spécialisés et rares, et d'autre part les masques pour protéger les régions actives de GaAs doivent être très épais et le plus souvent métalliques, d'où de grandes difficultés de réalisation de motifs de faibles dimensions.

Des éléments de masse atomique plus faible que l'oxygène implantés dans le GaAs de type N, peuvent également être utilisés, et transforment les régions implantées en un matériau à grande résistivité et stable pendant un cycle d'alliage. Sans connaître parfaitement la nature du processus de compensation, nous avons pu vérifier que l'isolement par implantation d'éléments légers est identique, toutes choses étant égales par ailleurs, à celui donné par un isolement par décapage chimique, et cela malgré tous les traitements thermiques mis en jeu dans une technologie de circuits intégrés sur GaAs.

## 2. TECHNOLOGIE PLANE AUTO-ALIGNÉE

Une technologie plane présente un avantage certain en ce qui concerne le rendement de fabrication et la densité d'intégration. Les transistors à effet de champ, utilisés comme éléments actifs dans les circuits logiques, ont été déjà étudiés surtout pour des applications en hyperfréquences à faible bruit [4]. Ces dispositifs sont essentiellement constitués de deux contacts ohmiques, respectivement le drain et la source, et d'un dépôt métallique entre ces deux électrodes qui se comporte comme une barrière de Schottky et qui constitue la grille de commande. Ce dispositif fonctionne par réduction de la section du canal en polarisant négativement la grille. Les performances en fréquence sont étroitement liées à la longueur de la grille et aux éléments parasites.

## 3. EXEMPLE DE RÉALISATION

### 3.1. Processus technologique

Les couches épitaxiées sont réalisées à LEP en phase vapeur à basse température sur un substrat semi-isolant. La concentration en électrons libres est de  $0,8$  à  $1 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$  et l'épaisseur voisine de 0,25 micron. La tension de pincement est rendue uniforme vers 2,5 Volts sur toute la plaquette par oxydation anodique ou décapage chimique. Une couche de 2 microns de laque photosensible positive est déposée, puis réservée sur les régions actives à protéger (fig. 3a). Une implantation de bore à une énergie d'environ 150 keV avec une dose de l'ordre de  $10^{13} \text{ cm}^{-2}$  suffit à réaliser l'isolement jusqu'au substrat semi-isolant. La laque est ensuite dissoute,

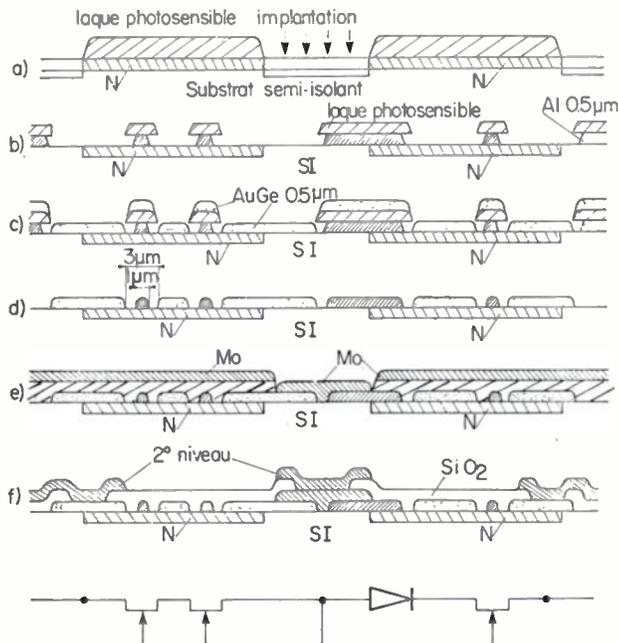


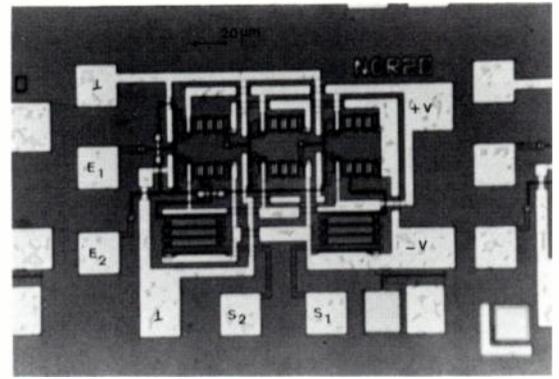
Fig. 3. - Technologie auto-alignée.

la plaquette est nettoyée et l'on dépose sous vide une couche d'aluminium pur de 0,5 micron d'épaisseur sur toute la surface. La laque est étendue, puis retirée aux endroits des contacts ohmiques. En prolongeant la gravure chimique sélective de l'aluminium, une sous-gravure apparaît (fig. 3b). Sans éliminer la laque, on évapore sous vide un mélange AuGe, dans les proportions de l'eutectique et d'une épaisseur de 0,5 micron (fig. 3c). Après dissolution de la laque photosensible on obtient des structures auto-alignées de lignes de 1 micron d'aluminium formant les grilles dans des espaces drain-source de 3 microns. Une deuxième gravure de la métallisation d'aluminium isole les grilles là où cela est nécessaire (fig. 3d). L'alliage de contacts ohmiques est obtenu par chauffage vers 470 °C pendant quelques minutes. De nombreuses interconnexions sont nécessaires entre grilles et contacts ohmiques donc entre Au et Al dont l'incompatibilité est bien connue, surtout à haute température; aussi ces interconnexions sont-elles réalisées à l'aide d'une couche de molybdène déposée localement par une technique de « lift-off » [8] (fig. 3e). Après un dépôt de silice pulvérisée sur toute la surface et une gravure localisée de cette couche, on effectue un deuxième niveau d'interconnexions (fig. 3f).

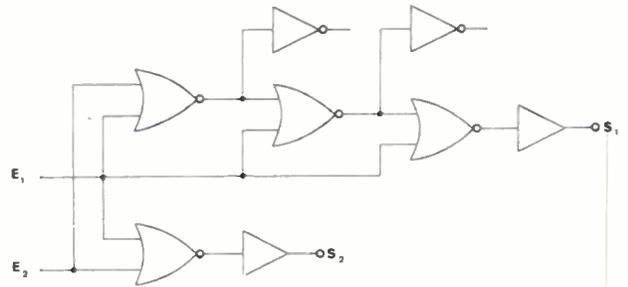
3.2. Résultats

Avec la technologie décrite, de grandes vitesses internes peuvent être obtenues. Pour des portes NOR et NAND le temps de propagation par porte est inférieur à 100 ps. L'association de ces fonctions élémentaires permet la réalisation de circuits complexes; nous donnons en exemple deux sortes de circuits :

- un circuit qui comprend des portes NOR en cascade (fig. 4) et réalisé avec trois valeurs différentes de largeurs des transistors, soit 10, 20 et 40 microns,
- le temps de propagation et le facteur de mérite de ces différents circuits sont résumés figure 5. Ces résultats ont été obtenus grâce aux fortes pentes ( $g_m \approx 100 \text{ mA/V/mm}$ ) et faibles tensions de saturation ( $V_{sat} \approx 1 \text{ V}$ ) obtenues sur des transistors ayant une tension de pincement de l'ordre de 2 V,



a) Réalisation.



b) Schéma.

Fig. 4. - Portes NOR en cascade pour mesure du temps de propagation  $t_p$  et du facteur de mérite (délai entre  $S_1$  et  $S_2 = 2 t_p$ ).

Largeur des transistors ( $\mu\text{m}$ )	10	20	40
Temps de propagation par porte (pS)	150	95	75
Puissance consommée par porte (mW)	10,5	21	42
Facteur de mérite (pJ)	1,6	2	3,2

(valable pour une sortance de deux).

Fig. 5. - Résultats expérimentaux de circuits NOR de différentes largeurs de grille.

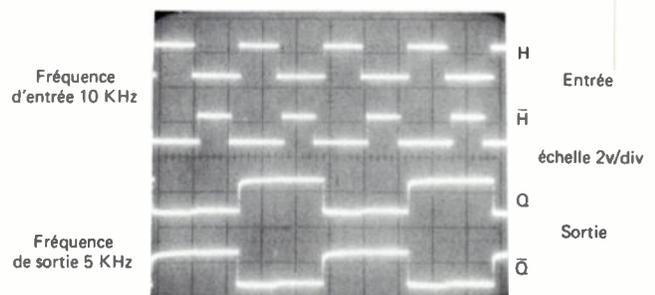
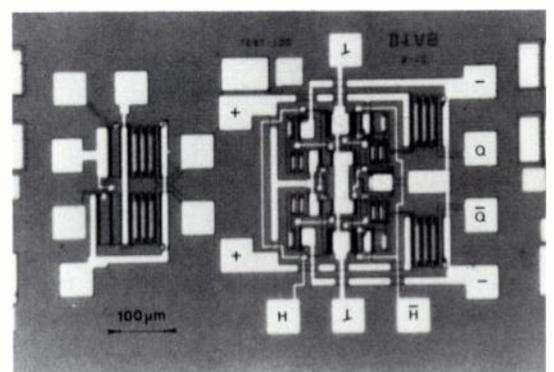


Fig. 6. - Diviseur par deux réalisé en technologie plane auto-alignée.

— un diviseur par deux, en cours de fabrication, et pour lequel le bon fonctionnement en basse fréquence a déjà été vérifié sous pointes sur quelques échantillons (fig. 6).

#### 4. CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que la technologie plane auto-alignée à grille d'aluminium permet la réalisation de circuits intégrés à transistors à effet de champ sur arséniure de gallium dont les performances constituent un progrès très sensible par rapport à celles obtenues avec le silicium. D'ores et déjà des circuits de moyenne complexité comportant 100 portes NAND équivalentes sont envisageables. Les améliorations prévisibles tant pour les qualités de couches actives que pour les configurations de circuits et les contrain-

tes technologiques laissent espérer que des temps de propagation inférieurs à 0,2 ns seront atteints pour des niveaux de consommation permettant l'intégration à grande échelle.

#### Bibliographie

- [1] Van TUYL R. L. and LIECHTI C. A. — *Journal of Solid-State Circuits*, 1974, SC-9, 5, p. 269.
- [2] BOCCON-GIBODD. and DURAND G. — GaAs integrated circuits for high speed logic. *ESSCIRC*, 1976.
- [3] Van TUYL R. L., LIECHTI C. A., LEE R. and GOWEN E. — *ISSCC 1977*.
- [4] BAUDET P. et BINET M. — Transistor à effet de champ à barrière métallique sur arséniure de Gallium. *L'Onde électrique*, 1974, 54, 1, p. 31-35.
- [5] FOYT A. G., LINDLEY W. T., WOLFE C. M. and DONNELLY J. P. — Isolation of junction devices in GaAs using proton bombardement. *Solid State Electronics*, 1969, 12, p. 209.
- [6] FAVENNEC P. N., PELOUS G. P., BINET M. and BAUDET P. — *Compensation of GaAs by oxygen implantation* (ion implantation in semiconductors and other materials). Edited by Billy L. Crowder.
- [7] PRUNIAUX B. R. NORTH J. C. and MILLER G. L. — *Ion implantation in semiconductors conference*. Garmisch Partenkirchen (1971).
- [8] WIDMANN D. W. — Metallization for integrated circuits using a lift-off technique. *Journal of Solid-State circuits*, 1976, SC-11, 4.

# Étude de la chute de tension « direct-passant » dans les thyristors <sup>(1)</sup>

© Masson, Paris 1978.



par Gilles ENEA

Ingénieur ENSEEIHT, Docteur ès-Sciences, Maître de Conférences, Département de Génie Électrique de l'U.T. de Toulon (1).

Laboratoire d'Automatique et d'Informatique Appliquées de Toulon, Centre Universitaire de Toulon, Château Saint-Michel, 83130 La Garde (tél. : (94) 75.90.50).

## RÉSUMÉ

On présente une étude analytique du comportement en polarisation direct-passant des thyristors.

Les hypothèses essentielles sont justifiées par comparaison avec les résultats rigoureux obtenus par solution numérique des équations générales des semi-conducteurs. Sur la base de travaux expérimentaux, les résultats sont discutés en prenant en compte des effets physiques importants notamment aux hauts niveaux de polarisation.

## SUMMARY

### Forward biased thyristor behaviour in the fired state,

An analytical study is presented for the forward biased thyristor behaviour in the fired state.

The essential assumptions are justified by comparison with accurate solutions obtained by means of numerical solution of the fundamental semiconductor transport equations. From experimental studies the results are discussed, taking in to account important physical effects particularly at high bias.

## PRINCIPALES NOTATIONS UTILISÉES

$E$	Champ électrique interne.
$\epsilon :$	Permittivité diélectrique du Silicium.
$\phi :$	Potentiel interne normalisé.
$\Delta\phi :$	Chute de potentiel interne au niveau d'une jonction.
$D_n, D_p :$	Constante de diffusion des électrons, des trous.
$J_n, J_p, J_T :$	Densité de courant des électrons, des trous, totale.
$K :$	Constante de Boltzmann.
$L_d :$	Longueur de Debye.
$l_{ip}, l_i :$	Longueur de la base (P) du thyristor, de la base P de la diode.
$l_n, l_p :$	Épaisseur de la couche latérale $N^+$ , de la couche latérale $P^+$ .
$L_i, L_{iN} :$	Longueur de diffusion moyenne des porteurs dans la base large, dans la base étroite.
$L_n, L_p :$	Longueur de diffusion des électrons dans la couche $P^+$ , des trous dans $N^+$ .
$\mu_n, \mu_p :$	Mobilité des électrons, des trous.
$\mu_{np} :$	Composants de mobilité résultant de l'interaction trous-électrons (c.c. scattering).
$N_A^+, N_A, N_D^+, N_D :$	Dosage de la couche $P^+$ , $P, N^+, N$ .
$n_i, n, p :$	Densité intrinsèque de porteurs, des électrons, des trous.
$\tau :$	Durée de vie des porteurs.
$\tau_n :$	Durée de vie des électrons.
$\tau_p :$	Durée de vie des trous.
$U :$	Taux de recombinaison des porteurs.
$U_T :$	$\frac{KT}{q}$
$V_a :$	Chute de potentiel aux bornes du composant.
$w :$	Longueur de la base étroite N du thyristor.

Dans un précédent article [1], l'auteur s'appuyant sur un programme numérique INFUS de résolution des équations générales des semi-conducteurs, a traité de la chute de tension directe dans les diodes PIN. L'extrapolation de cette méthodologie générale au cas plus complexe des structures à quatre

couches des thyristors n'avait pas été faite jusqu'ici. Cette extension a été rendue possible en prenant en compte la similitude de fonctionnement entre les diodes et les thyristors à fort niveau de polarisation. Cette étude permet d'évaluer la qualité des théories analytiques et de donner leurs champs d'application avec précision. Les résultats obtenus sont ensuite comparés à des résultats expérimentaux qui concernent des structures classiques.

## 1. ÉTUDE NUMÉRIQUE DU COMPORTEMENT ÉLECTRIQUE DES THYRISTORS

Le traitement numérique itératif des équations fondamentales des semi-conducteurs que nous avons mis au point sous la forme du programme INFUS (\*) a déjà été détaillé et appliqué au cas de la diode PIN dans un article précédent [1]. Son application au cas des thyristors se heurte cependant à des problèmes très ardues d'initialisation liés à la complexité de la structure à quatre couches et à la disproportion géométrique entre les zones de charge d'espace et les zones neutres. Nous avons réussi à surmonter ces difficultés en utilisant l'identité de fonctionnement de la diode PIN et du thyristor équivalent, lorsque la longueur de la base de la diode PIN est égale à la somme des deux couches internes du thyristor (fig. 1), pour les hauts niveaux de polarisation [2, 3].

Le choix d'une structure thyristor à base N mince a été fait en relation avec la publication précédente [1] qui est conduite sur l'étude d'une diode PIN à substrat de type P. Nous avons traité le cas plus fréquent en pratique, d'une

(1) Article reçu le 11 janvier 1977 et accepté dans sa forme définitive le 23 août 1977.

(\*) INFUS : Identification Numérique du Fonctionnement Unidimensionnel en régime Statique.

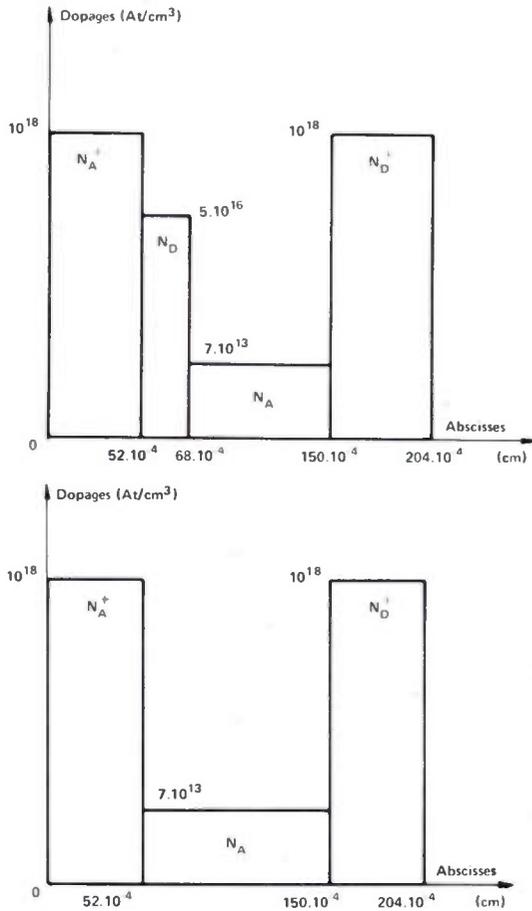


Fig. 1. — Structures thyristor et diode équivalentes de notre étude.

caractéristiques pour les forts niveaux. Cette coïncidence est évidente sur les figures 3, où, pour diverses valeurs de polarisation, nous avons tracé les distributions internes des densités de courant et des densités de porteurs. Au delà de  $V_a = 30 U_T$ , nous n'observons plus l'influence de la couche N supplémentaire.

L'examen des résultats de cet exemple numérique montre donc qu'à fort niveau de polarisation, le concepteur de thyristor peut faire appel aux modèles de diodes PIN tel que celui précédemment publié [1]. Cette première illustration concerne le cas d'une structure idéalement simplifiée. Nous verrons dans le chapitre consacré à la discussion générale comment il est possible d'introduire des fonctions plus complexes approchant davantage la réalité physique. L'objectif du paragraphe suivant est d'élargir l'étude analytique déjà publiée [1] au cas du thyristor aux niveaux moyens de polarisation.

2. ÉTUDE ANALYTIQUE DU THYRISTOR AUX NIVEAUX FAIBLES ET MOYENS DE POLARISATION

2.1. Les hypothèses.

Reconduisant les hypothèses posées dans l'étude du fonctionnement de la diode PIN, il nous faut ajouter des hypothèses propres à la structure thyristor.

1. — L'observation des courbes des concentrations des porteurs sur la figure 3.1. résumant les résultats numériques du thyristor dans un large domaine de polarisation, laisse apparaître que les concentrations de porteurs aux deux limites de la base large P, sont toujours sensiblement égales. En conséquence, les tensions appliquées aux jonctions 0 et 2 bordant la base large pourront être considérées comme égales dans cette approche analytique.

2. — Parallèlement, la présence d'une barrière de potentiel appréciable (quelques  $U_T$ ) à la jonction centrale 0, permet d'écrire pour la base étroite N la loi de recombinaison simplifiée des faibles niveaux d'injection.

3. — L'hypothèse de quasi neutralité est dans la base étroite N, écrite de la façon stricte suivante :

$$n(x) - p(x) - N_D \approx 0.$$

structure à base P mince dans le paragraphe 3, lorsqu'il s'est agi d'étudier quantitativement des résultats expérimentaux. En fait, ce choix de structure, qui n'a pratiquement d'incidence qu'au niveau des valeurs relatives des mobilités de trous et d'électrons, n'engage pas l'article sur le fond.

Pratiquement nous avons initialisé les calculs relatifs au thyristor avec les résultats obtenus pour la diode PIN et constaté qu'il était possible, pas à pas, de simuler le fonctionnement du thyristor dans une large zone de polarisation. A titre d'exemple, la figure 2 nous montre les caractéristiques  $J(V_a)$  comparées d'une diode et d'un thyristor, où l'on peut observer la coïncidence parfaite des deux

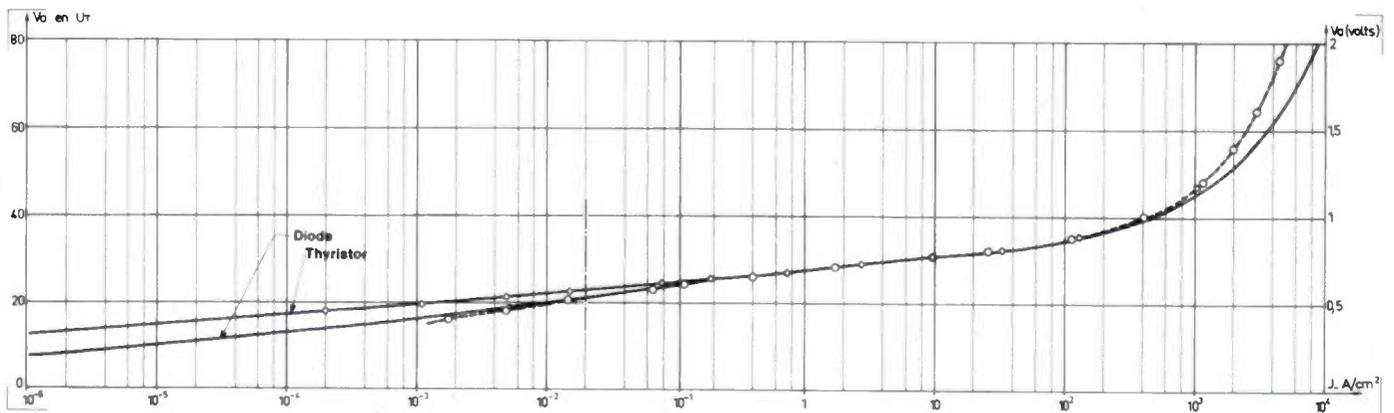


Fig. 2. — Caractéristiques  $J(V_a)$  de la diode PIN et du thyristor analytiques et numériques.

Trait plein : résultats numériques.  
 Trait pointillé : résultats analytiques.  
 ○ : diode.  
 ◇ : thyristor.

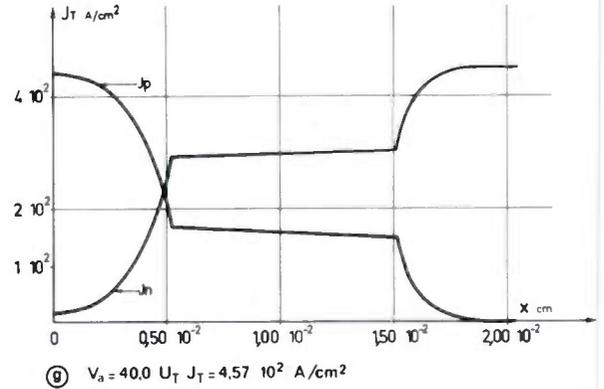
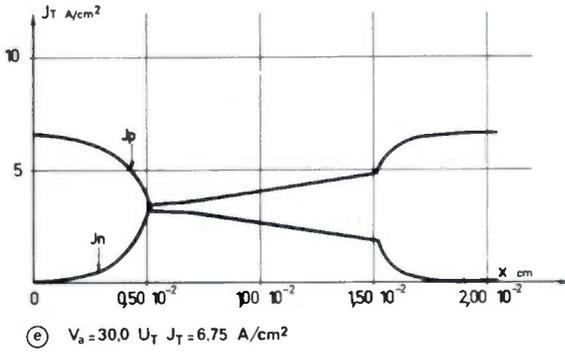
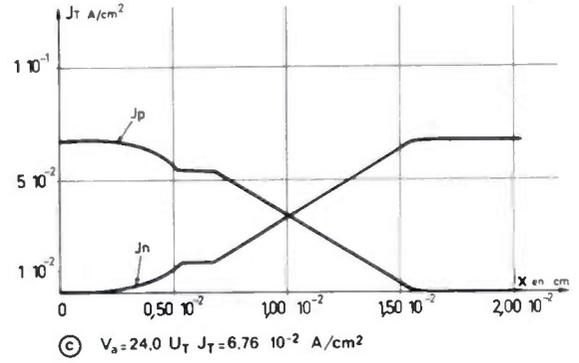
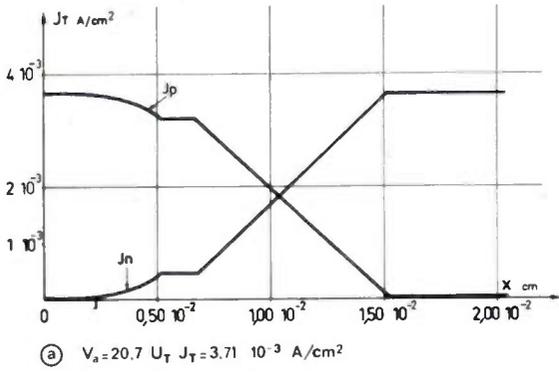


Fig. 3.2. — Résultats numériques, relatifs au fonctionnement « direct passant » du thyristor pour diverses tensions de polarisation (densités de courant).

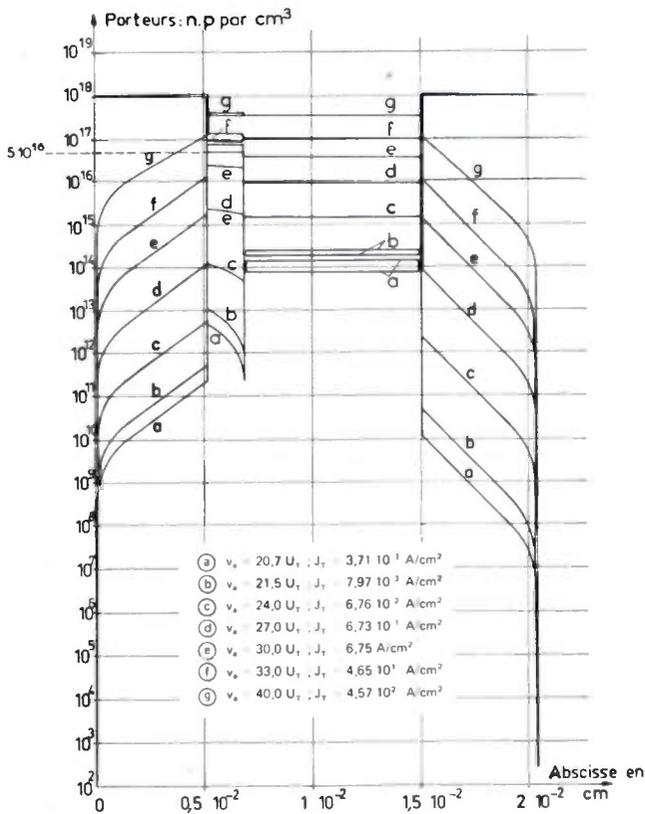


Fig. 3.1. — Résultats numériques, relatifs au fonctionnement « direct passant » du thyristor pour diverses tensions de polarisation (distribution de porteurs).

Rappelons que les hypothèses fondamentales qui nous ont permis de mener à bien le calcul analytique relatif à la diode PIN [1] sont : l'applicabilité des relations de Boltzman aux jonctions, la quasi-neutralité dans la base large, l'épaisseur

des zones de transition négligée, le faible niveau d'injection dans les couches très dopées.

Notons, enfin, que la recombinaison est considérée infinie aux contacts métalliques et que les mobilités et les durées de vie sont constantes mais peuvent être choisies différentes dans chaque couche.

Sur la figure 4, nous précisons les notations qui vont être utilisées : la convention ' et \* identifie respectivement les quantités à gauche et à droite de chaque jonction ; la jonction centrale est numérotée 0.

## 2.2 Établissement du modèle analytique.

Le principe du calcul est le même que celui que nous avons posé pour le calcul relatif au fonctionnement de la diode PIN [1] :

Nous écrivons d'abord l'expression de la densité de courant totale aux jonctions 1 et 2. Ensuite nous établissons l'expression de la tension appliquée aux extrémités du composant, qui tient compte de toutes les chutes de tension à travers toutes les couches et toutes les jonctions. L'hypothèse n° 1 nous permettra de relier d'une façon relativement simple  $\Delta\phi_0$ , chute de potentiel à travers la jonction 0, au reste de la structure. Notons que le paramètre d'entrée de notre système d'équation est  $\Delta\phi_0$ , et que  $\Delta\phi_1$ ,  $\Delta\phi_2$ ,  $J_T$  sont les inconnues principales.

### CONCENTRATION DES PORTEURS DANS LA BASE ÉTROITE N.

Dans les limites des hypothèses de quasi-neutralité et de faible niveau d'injection et en admettant que les concentrations en électrons et trous sont très grandes devant la

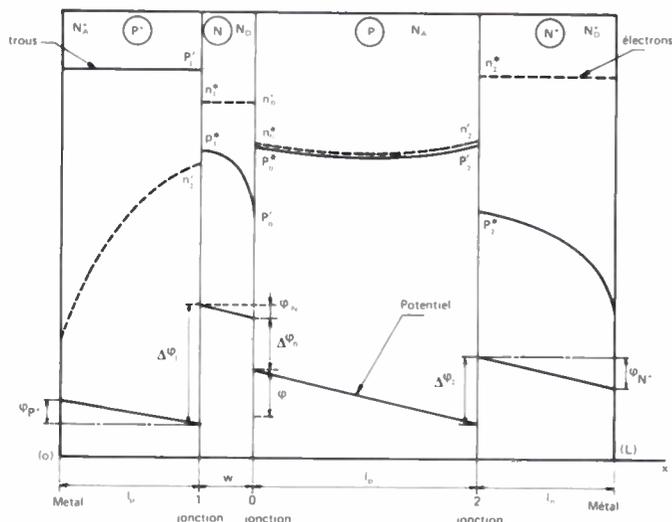


Fig. 4. - Schéma de principe pour l'étude analytique du thyristor.

l'épaisseur  $w$ , c'est-à-dire de la jonction 1 à la jonction 0 :

$$-\varphi_{iN} = \int_0^w \frac{E(x)}{U_T} dx \quad (4)$$

La densité de courant totale permet d'extraire l'expression du champ électrique  $E(x)$  :

$$\frac{E(x)}{U_T} = \frac{J_T}{q(p(x)(D_n + D_p) + N_D D_n)} - \frac{D_n - D_p}{(D_n + D_p)p(x) + N_D D_n} \frac{dp(x)}{dx} \quad (5)$$

En posant :

$$d = 4 A' B' - \left( \frac{N_D D_n}{D_n + D_p} \right)^2$$

on en déduit [3] l'expression de la chute de tension dans cette couche :

$$-\varphi_{iN} = \frac{1}{(D_n + D_p)} \left[ \frac{2J_T L_{iN}}{q\sqrt{d}} \left( \text{Arctg} \frac{2B' \exp\left(\frac{w}{L_{iN}}\right) + \left(\frac{N_D D_n}{D_n + D_p}\right)}{\sqrt{d}} \right) - \text{Arctg} \left( \frac{2B' + \frac{N_D D_n}{D_n + D_p}}{\sqrt{d}} \right) - (D_n - D_p) \log_e \left( \frac{p'_0 + \frac{N_D D_n}{D_n + D_p}}{p'_1 + \frac{N_D D_n}{D_n + D_p}} \right) \right]$$

Pour effectuer le calcul de chaque tension de polarisation, on devra calculer la quantité  $d$  et la détermination de son signe fera envisager l'une ou l'autre des deux expressions possibles pour le calcul de la chute de potentiel dans la base étroite [4].

CONCENTRATION DES PORTEURS DANS LA BASE LARGÉ P.

Dans la base large P, les calculs sont exactement les mêmes que dans la base de la diode PIN, à ceci près que cette base est maintenant délimitée par les jonctions 0 et 2 au lieu des jonctions 1 et 2, et que l'épaisseur de la base est maintenant égale à  $(l_i - w)$ .

Dans ce calcul l'origine des abscisses se situe à la jonction 0.

$$n(x) = A \exp\left(\frac{-x}{L_i}\right) + B \exp\left(\frac{x}{L_i}\right) \quad (7)$$

avec :

$$A = \frac{n_0^* \exp\left(\frac{l_{ip}}{L_i}\right) - n'_2}{2 \text{sh}\left(\frac{l_{ip}}{L_i}\right)}$$

$$B = \frac{-n_0^* \exp\left(-\frac{l_{ip}}{L_i}\right) + n'_2}{2 \text{sh}\left(\frac{l_{ip}}{L_i}\right)}$$

en posant :  $l_{ip} = l_i - w$ .

concentration intrinsèque  $n_i$ , la loi de recombinaison s'écrit :

$$U(x) = \frac{p(x)}{\tau_{iN}} \quad (1)$$

L'utilisation conjointe des dérivées des densités de courant et de la loi (1) dans les équations de recombinaison aboutit à l'équation ambipolaire (2) en négligeant le terme en  $N_D \frac{dE/U_T}{dx}$  [4].

L'origine des abscisses, dans ce calcul, se situe à la jonction 1 :

$$\frac{p(x)}{L_{iN}^2} = \frac{d^2 p(x)}{dx^2} \quad (2)$$

en posant

$$L_{iN} = \sqrt{D\tau_{iN}}$$

où :

$$D = \frac{2D_n D_p}{D_n + D_p}$$

est la constante de diffusion ambipolaire.

La résolution classique de l'équation différentielle (2) donne l'expression :

$$p(x) = A' \exp\left(\frac{-x}{L_{iN}}\right) + B' \exp\left(\frac{x}{L_{iN}}\right) \quad (3)$$

avec :

$$A' = \frac{p_1^* \exp\left(\frac{w}{L_{iN}}\right) - p'_0}{2 \text{sh}\left(\frac{w}{L_{iN}}\right)}$$

et :

$$B' = \frac{p'_0 - p_1^* \exp\left(-\frac{w}{L_{iN}}\right)}{2 \text{sh}\left(\frac{w}{L_{iN}}\right)}$$

CHUTE DE TENSION A TRAVERS LA BASE ÉTROITE N.

Soit  $\varphi_{iN}$  cette chute de tension interne : elle correspond à l'intégration du champ électrique interne  $E(x)$  à travers

CHUTE DE POTENTIEL INTERNE DANS LA BASE LARGE P.

$$\begin{aligned}
 -\varphi_i = & \frac{1}{D_n + D_p} \\
 & \left[ 2J_T \frac{L_i}{q\sqrt{d}} \left( \text{Arctg} \left( \frac{2B \exp\left(\frac{l_{ip}}{L_i}\right) + \frac{N_A D_p}{D_n + D_p}}{\sqrt{d}} \right) \right. \right. \\
 & \left. \left. - \text{Arctg} \left( \frac{2B + \frac{N_A D_p}{D_n + D_p}}{\sqrt{d}} \right) \right) \right. \\
 & \left. - (D_n - D_p) \log_e \left( \frac{n'_2 + \frac{N_A D_p}{D_n + D_p}}{n_0^* + \frac{N_A D_p}{D_n + D_p}} \right) \right] \quad (8)
 \end{aligned}$$

La connaissance des concentrations et des différentes chutes de tension interne va nous permettre de faire la synthèse de notre calcul analytique. A cet effet, exprimons les densités de courant totales écrites successivement au niveau des jonctions 1 et 2 (en utilisant la propriété fondamentale de continuité du courant et l'hypothèse qui permet de négliger toute variation de courant à travers les jonctions) en fonction des quantités  $\Delta\varphi_0, \Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2$ .

A la jonction 1 :

$$\begin{aligned}
 \frac{J_T D_n (p_1^* + N_D)}{(D_n + D_p) p_1^* + D_n N_D} = & q \frac{D_n}{L_n} \coth \left( \frac{l_p}{L_n} \right) n_1^* \exp(-\Delta\varphi_1) \\
 - q \frac{D_n D_p}{L_{iN}} \cdot & \frac{2p_1^* + N_D}{p_1^* (D_n + D_p) + D_n N_D} (B' - A') \quad (9)
 \end{aligned}$$

A la jonction 2 :

$$\begin{aligned}
 \frac{J_T D_p (n'_2 + N_A)}{n'_2 (D_n + D_p) + D_p N_A} = & q \frac{D_p}{L_p} \coth \left( \frac{l_n}{L_p} \right) p'_2 \exp(-\Delta\varphi_2) \\
 + q \frac{D_n D_p}{L_i} \cdot & \frac{2n'_2 + N_A}{n'_2 (D_n + D_p) + D_p N_A} \\
 \left( B' \exp \left( \frac{l_{ip}}{L_i} \right) - A' \exp \left( -\frac{l_{ip}}{L_i} \right) \right) & \quad (10)
 \end{aligned}$$

Toutes les quantités qui ne sont pas écrites explicitement en fonction de  $\Delta\varphi_0, \Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2$  peuvent l'être grâce aux relations de Boltzman.

L'hypothèse n° 1 sur les concentrations aux limites de la base large nous permet d'obtenir une équation simple entre les chutes de tension interne aux jonctions qui bornent cette base :  $\Delta\varphi_0$  et  $\Delta\varphi_2$ .

$$\Delta\varphi_2 = \Delta\varphi_0 + \text{Log}_e \left[ \frac{N_D^+ (1 - \exp(-2\Delta\varphi_0))}{N_D + N_A \exp(-\Delta\varphi_0)} \right] \quad (11)$$

Choisissons  $\Delta\varphi_0$  comme paramètre d'entrée; les équations (9) et (10) constituent alors un système de deux équations à 2 inconnues  $J_T$  et  $\Delta\varphi_1$ . En éliminant  $J_T$ , on obtient une équation algébrique du troisième degré où l'inconnue est  $Y = \exp(-\Delta\psi_1)$ . Le critère  $0 \leq Y \leq 1$  nous permet de sélectionner la solution correspondante à notre problème. Nous pouvons alors calculer  $J_T$ .

A ce stade du calcul, les quantités  $\Delta\varphi_1, \Delta\varphi_2, J_T$  sont parfaitement déterminées à partir de  $\Delta\varphi_0$ . Il ne nous reste

plus qu'à faire la somme de toutes les composantes de la tension appliquée au thyristor. (12)

$$V_a = V_D - \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_0 - \Delta\varphi_2 - \varphi_{iN} - \varphi_i - \varphi_{P+} - \varphi_{N+}$$

Les chutes de potentiel  $\varphi_{iN}$  et  $\varphi_i$  sont données par les équations (6) et (8), les chutes de tension ohmiques dans les couches fortement dopées P<sup>+</sup> et N<sup>+</sup> par les équations (13) et (14) :

$$-\varphi_{P+} = \frac{l_p}{qD_p N_A^+} J_T \quad (13)$$

$$-\varphi_{N+} = \frac{l_n}{qD_n N_D^+} J_T \quad (14)$$

Nous avons exploité cette approche analytique du comportement statique « direct passant » du thyristor et nous avons rassemblé les résultats qui en découlent dans un double but. Nous avons voulu d'une part confronter cette étude analytique à l'étude rigoureuse numérique et montrer ainsi la solidité des hypothèses utilisées, d'autre part, utiliser ces résultats analytiques relativement faciles à manipuler en donnant un exemple d'étude expérimentale de la sensibilité aux paramètres de la structure thyristor.

2.3. Validité de l'approche analytique.

Cette étude permet de tracer entièrement les distributions des porteurs dans toute la structure PNP, et de connaître les densités de courant et toutes les chutes de tension internes. Sur la figure 5, nous avons porté ces quantités dans les conditions des figures 3.

Sur la figure 2 nous avons tracé les caractéristiques  $J(v_a)$  du thyristor, ainsi que celles relatives à la diode PIN. On peut y constater la précision des théories analytiques relatives à la diode PIN et au thyristor, notamment lorsque les comportements de ces deux composants se dissocient.

Cette théorie analytique du thyristor, comme celle de la diode, n'est donc pratiquement limitée vers les bas niveaux que par les problèmes liés à la précision du calcul analytique [4]. La limite, à haut niveau de polarisation, est amenée principalement par les couches extrêmes qui ne sont plus à faible niveau d'injection et notre calcul donne donc des chutes de tension plus fortes que celles prévues par le calcul « exact ». On observe cette divergence à partir de  $v_a = 40 U_T$  (fig. 2).

3. DISCUSSION DES RÉSULTATS

Les résultats de cette étude peuvent tout d'abord être comparés aux travaux expérimentaux d'Herlet [5] qui concernent deux lots de diodes PIN et thyristors « comparables » c'est-à-dire ayant la même longueur totale de base (voir fig. 6).

Nous observons, sur les figures 7 et 8, que notre théorie analytique rend bien compte des caractéristiques expérimentales.

La valeur de la durée de vie des porteurs dans les couches extrêmes n'étant pas donnée par les auteurs, nous avons choisi des valeurs (de l'ordre de 10, 50 ns) compatibles avec les dopages élevés de ces couches. On constate, bien

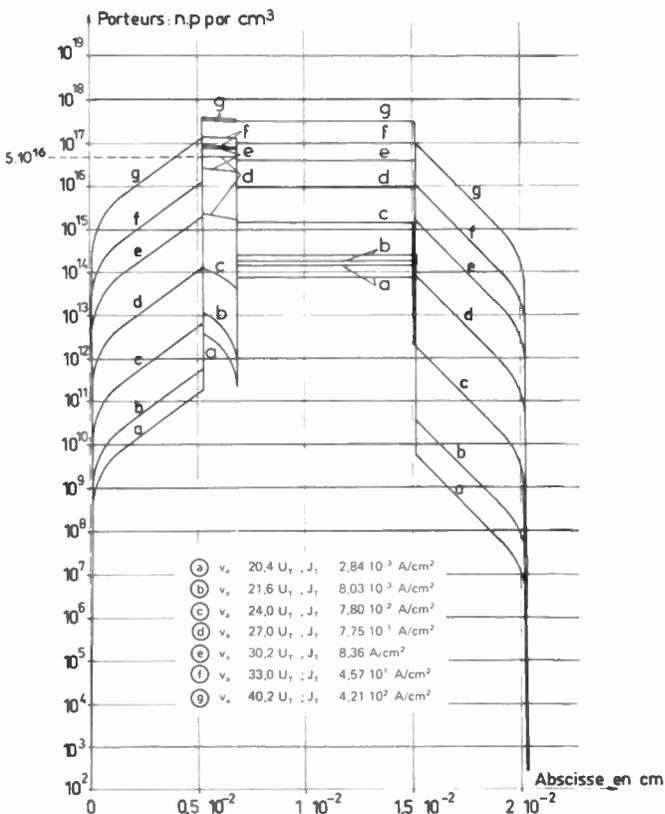


Fig. 5. — Résultats (distributions de porteurs) de l'approche analytique dans les mêmes conditions que les résultats numériques des figures 3.

évidemment, dans les deux cas (diode et thyristors), le rôle essentiel des couches extrêmes. (Différences aux fortes polarisations.)

Ces écarts peuvent être attribués à plusieurs causes dont les effets des couches latérales déjà cités. Mais parmi les causes possibles, l'influence de trois autres effets physiques combinés peut être dégagée. Il s'agit des effets de dégénérescence dans les zones fortement dopées du matériau semi-conducteur, des variations de la durée de vie des porteurs et des variations de la mobilité des porteurs dues aux interactions porteurs-porteurs.

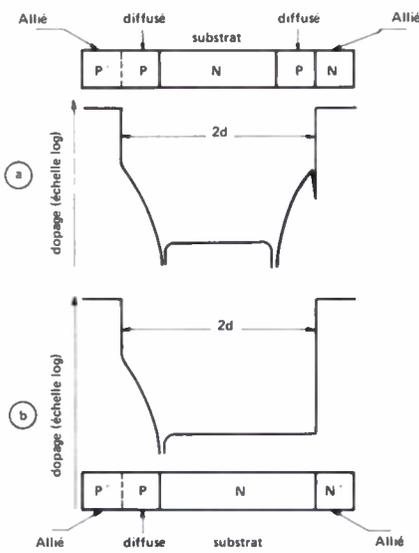


Fig. 6. — Structures du thyristor (a) et de la diode (b) étudiés expérimentalement par Herlet [5].

Une approche analytique qui tiendrait compte de ces effets est difficilement envisageable. Par contre, le modèle numérique se prête très bien à ce type d'étude. C'est ainsi qu'à titre d'illustration nous avons introduit dans le programme INFUS appliqué à la diode PIN les trois effets que nous venons de citer en appliquant les relations :

$$N_{eff}(x) = N(x) \exp\left(-\frac{3,4 \cdot 10^{-8}}{U_T} (N_D^{1/3} - N_d^{1/3})\right) \quad (15)$$

d'après J.J. de Man [6] pour la valeur effective du dopage.

$$U(x) = \xi n^3(x) \quad (16)$$

en association aux autres formes de recombinaison.

( $\xi$  est un coefficient de proportionnalité dont la valeur a

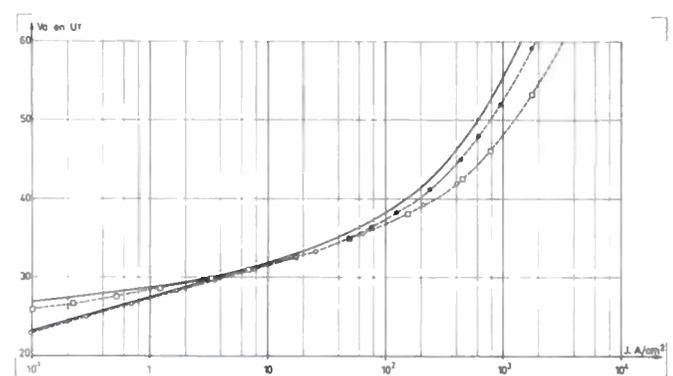


Fig. 7. — Résultats expérimentaux (Herlet) thyristor-diode. Largeur de base  $l_p = 230 \mu m$ . Comparaison théorie analytique.

Exp. Herlet 230  $\mu m$  en trait plein  
 ○ Diode théorie analytique }  $\tau$  latéral = 50 ns } en pointillé  
 □ Thyristor théorie analytique }  
 ● Diode et thyristor théorie analytique :  $\tau$  latéral = 10 ns }

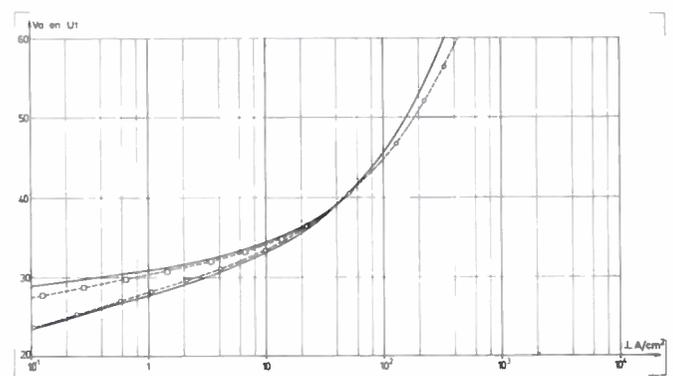


Fig. 8. — Résultats expérimentaux Herlet thyristor-diode. Largeur de base  $l_p = 430 \mu m$ . Comparaison — théorie analytique.

Exp. Herlet 430  $\mu m$  en trait plein  
 ○ Diode théorie analytique }  $\tau$  latéral = 50 ns } en pointillé  
 □ Thyristor théorie analytique }

été identifiée par Sheng [7] et vaut  $2 \cdot 10^{-31} \text{ cm}^3/\text{s}$  pour du silicium).

$$\mu_{np} = 5 \cdot 10^{20} [(np)^2 \cdot \text{Log}_e(1 + 7,5 \cdot 10^{17} (np)^{-1/3})]^{-1} \quad (17)$$

d'après S. C. Choo [8].

Cette étude numérique conduit aux résultats de la figure 9.

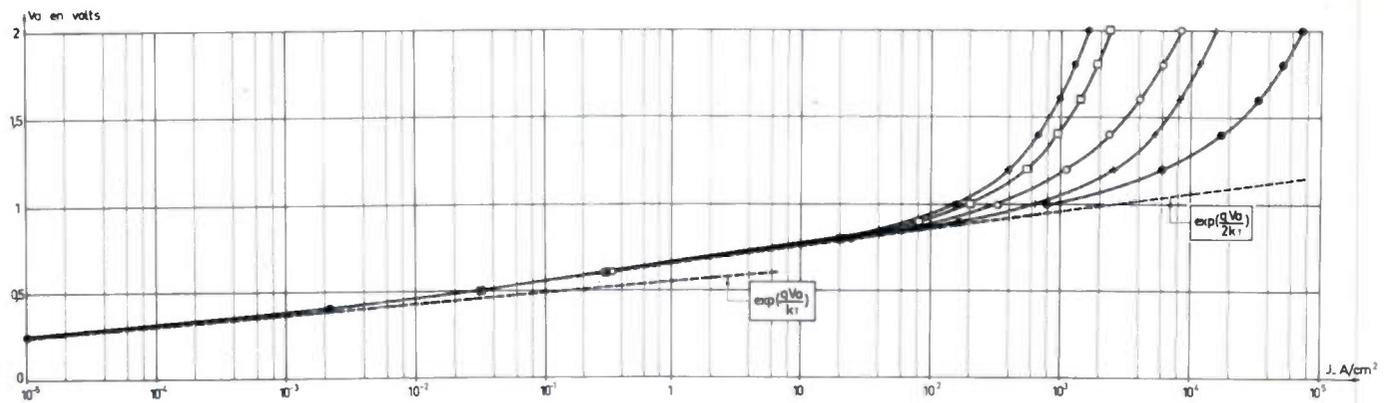


Fig. 9. — Caractéristiques  $J(V_0)$  relatives à la diode PIN à jonction graduée illustrant les limites physiques introduites par les effets de dégénérescence, Auger et « carrier-carrier-scattering ».

- Caractéristique sans aucun effet spécial.
- × Caractéristique avec effet Auger.
- Caractéristique avec effet de dégénérescence.
- Caractéristique avec effet de  $c - c - scattering$ .
- \* Caractéristique avec les trois effets cumulés.

Nous notons d'abord que tous ces effets ne sont actifs qu'à des niveaux d'injection élevés. Nous notons ensuite que chacun de ces phénomènes a un grand impact sur la chute de tension directe et amène des accroissements de cette chute de tension très importants qui ne sauraient en aucun cas être négligés. Ces trois effets sont actuellement l'objet d'études complémentaires et c'est, à notre avis, les points qu'il faudra préciser pour expliquer ou prévoir le fonctionnement des diodes et thyristors aux très hauts niveaux de polarisation.

L'auteur tient à remercier pour leur aide, la division « composants » et particulièrement M. Daniel Estève, Maître de Recherches au Laboratoire d'Automatique et d'Analyse des Systèmes de Toulouse (CNRS).

#### Bibliographie.

- [1] ENEA G. et ESTÈVE D. — Étude de la chute de tension directe dans les diodes PIN. *L'Onde Électrique* 1974, vol. 54, n° 3, pp. 139-145.
- [2] ENEA G. et ESTÈVE D. — Analyse numérique du comportement des diodes PIN et des thyristors PNIN, en polarisation directe. *CRAS Paris*, t. 278, 25 février 1975, série B, pp. 323-326.
- [3] HERLET A. and RAITHEL K. — Forward characteristics of the thyristors in the fired state. *Solid State Electronics*, Pergamon Press, 1966, vol. 9, pp. 1089-1105.
- [4] ENEA G. — Étude de la chute de tension directe dans les diodes PIN et les thyristors. *Doctorat d'État*, Thèse n° 687, Université Paul Sabatier, Toulouse, 27 novembre 1975.
- [5] HERLET A. — Forward characteristic of silicon power rectifiers. *Solid State Electronics*, vol. 11, 1968, pp. 717-741.
- [6] DE MAN J. J. — The influence of heavy doping on the emitter efficiency of a bipolar transistor. *IEEE trans. on electron devices*, vol. ED 10, n° 10, Octobre 1971, pp. 833-835.
- [7] SHENG W. W. — The effect of Auger recombination on the emitter injection efficiency of bipolar transistors. *IEEE trans. on electron devices*, pp. 25-27, Janvier 1975.
- [8] CHOO S. C. — Effect of carrier lifetime on the forward characteristics of high power devices. *IEEE trans. on electron devices*, vol. ED 17, n° 9, September 1970, pp. 647-652.

# Analyse et comparaison des possibilités d'emploi des mémoires à bulles et à transfert de charges \* (1)

## 1<sup>re</sup> Partie : Mémoires à bulles magnétiques



**Philippe CŒURÉ,**

Ingénieur ENSERG, Docteur ingénieur, Responsable du groupe Technologie des Mémoires et Coordinateur des études sur les bulles magnétiques au LETI.

**Jean-Michel BRICE,**

Ingénieur au Laboratoire de Microélectronique Appliquée du LETI.

**Daniel MAUDUIT,**

Ingénieur ISEP, Ingénieur au Laboratoire d'Électronique Physique Appliquée du LETI.

**Eugène MACKOWIAK (2),**

Ingénieur ENSERG, Responsable du groupe « Mémoires et Circuits Logiques » au Laboratoire de Microélectronique Appliquée du LETI.

LETI, CEN de Grenoble, BP n° 85, Centre de Tri, 38041 Grenoble Cedex (tél. : (76) 97.41.11).

### RÉSUMÉ

Les deux premières parties de cette étude sont consacrées à la description des technologies des mémoires à bulles magnétiques et à transfert de charges (DTC). Après avoir rappelé leur principe de fonctionnement on décrit les composants réalisés et on détaille les différentes organisations des mémoires. Les prototypes disponibles sont présentés.

Dans une troisième partie, on compare ces technologies nouvelles aux disques magnétiques et aux mémoires à accès aléatoire MOS et leurs applications potentielles sont discutées.

### SUMMARY

**Analysis and comparison of possible uses of bubble memories and charge coupled devices,**

The two first parts of this study are devoted to the description of magnetic bubble memory and charge-coupled devices technology. Operation as well as chip organizations are given. Prototype systems available to customers are presented. In a third part these memories are compared to magnetic electromechanical devices and to MOS-RAM and potential applications are discussed.

Cette étude a pour objet d'analyser en détail les technologies des mémoires à bulles et à transfert de charges (DTC), leurs caractéristiques actuelles et leurs possibilités d'évolution, et d'en déduire les domaines d'application.

Ces dernières années ont été marquées par une forte croissance du marché des mémoires à semi-conducteurs, due aux améliorations constantes des performances accompagnées d'une baisse régulière du prix du bit. C'est ainsi que le prix des mémoires à accès aléatoire en technologie MOS décroît de 35 à 40 % par an alors que celui des tores et des disques à têtes fixes décroît plus lentement. Les DTC réalisés

avec des technologies MOS ont largement profité de cette progression. Les technologies des bulles magnétiques, au contraire, ont dû surmonter de nombreux obstacles : recherche et mise au point de matériaux nouveaux, compréhension de phénomènes physiques complexes, conception de circuits de commandes particuliers. L'effort a cependant été maintenu à un niveau élevé car il est motivé par les performances offertes par les bulles : non volatilité, haute fiabilité, faible puissance de commande, modularité, faible coût.

On arrive maintenant à un moment décisif pour ces deux technologies nouvelles. Des produits sont proposés à des prix semblables et les utilisateurs vont devoir choisir.

Deux chapitres de cette étude sont consacrés à décrire les mémoires à bulles puis les mémoires DTC sous l'aspect composant et sous l'aspect mémoire.

\* Cette étude a été effectuée avec l'aide du SESORI. Contrat 74-149.

(1) Article reçu initialement en août 1977, et accepté dans sa forme définitive le 15/1/78.

(2) Membre SEE.

Un chapitre de conclusion tente de faire la synthèse en comparant les deux types de mémoires sous différents angles : technologie, disponibilité des produits, domaines d'applications. On fait alors apparaître l'intérêt de chaque technologie selon le paramètre fonctionnel choisi : temps d'accès, capacité, non-volatilité, modularité, etc.

L'article présenté ici a pour objet la première partie de l'étude, et concerne seulement les mémoires à bulles magnétiques.

1. FONCTIONNEMENT d'une mémoire à bulles

1.1. Principe (1, 2)

Le fonctionnement d'une mémoire à bulles magnétiques ayant été décrit en détail dans un précédent article (2), nous en rappellerons ici le principe très brièvement :

Les bulles sont des domaines magnétiques cylindriques obtenus dans un film mince de grenat magnétique en appliquant un champ continu  $H_p$  perpendiculairement au plan du film. Ce champ de maintien est réalisé dans la pratique par un aimant permanent nécessaire pour assurer la non volatilité de l'information. Les bulles sont mobiles : leur déplacement est obtenu par un champ tournant  $H_T$  dont le rôle est de créer des pôles sur des motifs en permalloy prenant la forme de T-barres, chevrons ou demi disques (fig. 1a). La figure 1b montre comment la bulle se déplace quand le champ  $H_T$  tourne. On réalise ainsi des registres à

décalages dans lesquels l'information binaire est représentée par la présence « 1 » ou l'absence « 0 » d'une bulle.

En plus des motifs en permalloy, il est nécessaire d'utiliser des conducteurs pour réaliser sur la puce mémoire les fonctions suivantes (fig. 3) :

a) *Écriture.* On utilise un générateur de bulles commandé par un courant qui envoie dans le registre d'écriture une bulle à chaque tour de champ.

b) *Stockage de l'information.* Les bulles circulent dans des registres bouclés. Quand on arrête le champ tournant les bulles restent en place (non volatilité de l'information).

c) *Lecture non destructive.* La bulle circulant dans un registre de lecture est dédoublée. La première bulle poursuit son chemin, la bulle dupliquée est envoyée dans le circuit de lecture. Dans ce circuit la bulle est élargie pour prendre la forme d'une bande (amplification magnétique) puis elle passe sous un détecteur à chevrons magnétorésistant. C'est la variation de résistance de ce détecteur qui produit le signal de lecture. On obtient ainsi un signal de l'ordre du millivolt pour un courant de lecture de un milliampère.

d) *Transfert.* Dans le cas habituel d'une organisation série parallèle (fig. 3), l'information est stockée dans des registres tournant en synchronisme. Il faut assurer le transfert d'une ligne de bulle (un bloc d'information) du registre d'accès vers les registres de stockage.

e) *Effacement.* Il est réalisé bit par bit par destruction sélective des bulles ou globalement pour l'ensemble d'un module. Ceci est obtenu simplement en augmentant la valeur du champ continu au-delà de la valeur maximum permise pour le stockage. Cette fonction peut être assurée par les portes de transfert.

La mise en œuvre de ces principes nécessite la mise au point d'un boîtier spécial contenant l'aimant permanent qui fournit le champ continu, et deux bobines nécessaires à l'obtention du champ tournant. Les puces mémoires sont disposées sur un ou plusieurs substrats placés à l'intérieur des bobines.

1.2. Possibilités de la technologie

Les mémoires sont réalisées avec une technologie analoge à celle utilisée pour les circuits LSI mais ne nécessitant que deux masques, l'un d'entre eux devant être positionné avec précision.

Le matériau contenant les bulles magnétiques est un grenat fabriqué par épitaxie en phase liquide. On dépose sur

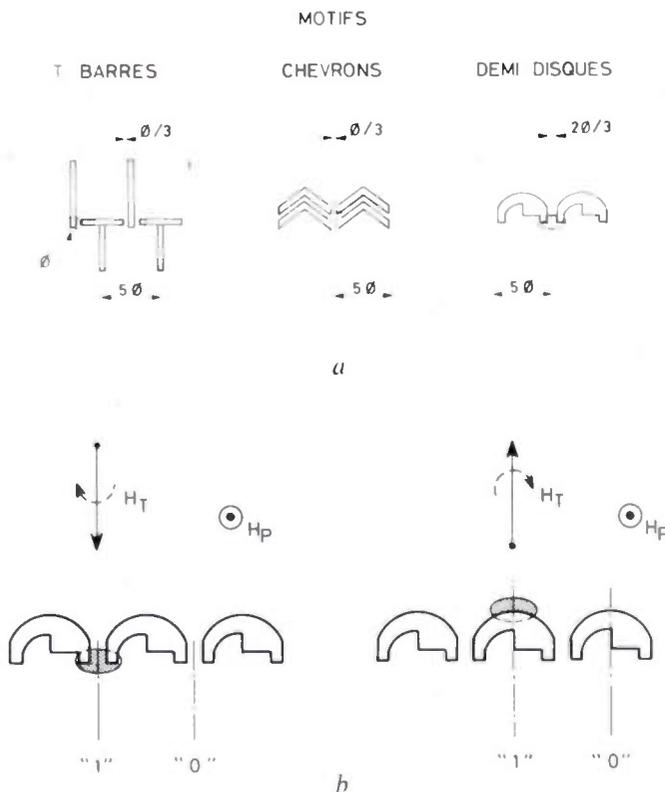


Fig. 1.

a) Forme des propagateurs en permalloy.  
b) Déplacement de la bulle sous l'action du champ tournant  $H_T$ .

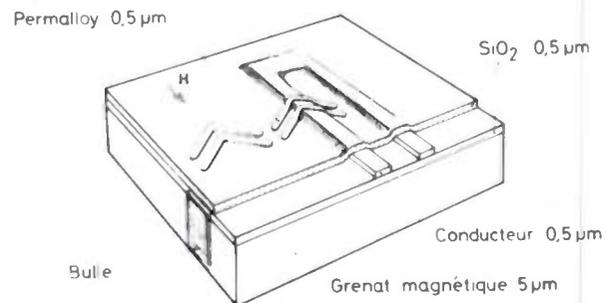


Fig. 2.

celui-ci cinq couches successives d'épaisseur voisine de  $0,4 \mu\text{m}$  (fig. 2).

1. Espaceur diélectrique en  $\text{SiO}_2$  : élimine les contraintes sur le grenat.
2. Conducteurs en Or ou en  $\text{AlCu}$  : assurent le contrôle de l'écriture, transfert entre registres, effacement, lecture (1<sup>er</sup> masque).
3. Espaceur diélectrique : isole le niveau permalloy du niveau conducteur.
4. Niveau magnétique (Permalloy) : définit la position des bits dans les registres, assure la propagation et la détection (2<sup>e</sup> masque).
5. Couche de passivation.

Les performances visées pour les produits en cours de développement (par exemple chez Texas Instruments, Western Electric, Rockwell, Hitachi, Plessey, Sagem) sont résumées sur le tableau I.

TABLEAU I  
Caractéristiques des mémoires à bulles  
en cours de développement.

Fréquence du champ tournant	100-400 kHz
Amplitude de champ tournant	35-45 Oe
Pas du dispositif	10 à 21 microns
Densité d'information	de l'ordre de $5 \times 10^5$ bits/cm <sup>2</sup>
Nombre de bits par puce	64 kbits à 256 kbits
Puissance consommée	0,5-5 microwatts/bit selon le débit
Coût (pour une mémoire de $10^7$ bits)	environ $\epsilon/10$ centime/bit

Il n'y a pas, pour cette première génération de composants travaillant à vitesse réduite (fréquence de transfert inférieure à 0,5 MHz) de difficulté particulière due aux bulles dures ou aux conversions dynamiques de parois.

Dans les prochaines années on augmentera la complexité des puces au-delà de 64 kbits : il convient de prévoir les difficultés correspondantes. Celles-ci peuvent provenir de trois causes principales :

- matériau à bulles;
- masquage;
- gravure.

Pour des bulles de diamètre supérieur au micron, les difficultés dues au masquage et à la gravure sont prépondérantes. En utilisant des motifs de propagation en forme de demi-disques contigus [4] la dimension critique est égale à  $2/3 \Phi$  et le pas du dispositif est de  $5 \Phi$ . Il en résulte qu'on peut atteindre une densité d'information de l'ordre de  $10^6$  bits par  $\text{cm}^2$  ( $\Phi = 2 \mu\text{m}$ ) en améliorant progressivement les techniques actuelles. On aboutit ainsi à une dimension critique de l'ordre de  $1,5 \mu\text{m}$  compatible avec la photolithographie classique. Ceci conduit à des capacités de 256 kbits par puce (surface :  $7 \times 7 \text{mm}^2$ ) qui devraient être atteintes vers 1980.

Pour aller au-delà de ces performances, il faut revoir l'ensemble des problèmes mentionnés : matériau à bulles, masquage, gravure. On peut espérer raisonnablement utiliser des bulles de diamètre  $1 \mu\text{m}$  et atteindre des capacités de l'ordre de  $10^6$  bits par puce. Il sera peut-être nécessaire de mettre en œuvre des propagateurs nouveaux tels que disques contigus implantés [5] ou réseau de bulles [6].

## 2. CONCEPTION DU COMPOSANT

### 2.1. Définitions

*Module* : Dans le cas des mémoires à bulles, le composant élémentaire est : d'une part le boîtier, dans lequel sont montés les puces mémoires, leurs interconnexions, les bobines de champ tournant et l'aimant permanent, d'autre part, l'électronique minimale associée au boîtier (que l'on ne peut pas partager entre boîtiers).

L'ensemble des deux forme le composant élémentaire : le module.

*Débit* : Il est évidemment lié à la fréquence de décalage. On accèdera à plusieurs puces en parallèle pour augmenter le débit. Le débit maximum d'un module de  $N_p$  puces sera :  $D = N_p \times F$ .

*Temps d'accès* : Pour la plupart des utilisations, les mémoires à bulles sont organisées en bloc auxquels on accède de manière aléatoire (Boram). Les seuls temps réellement significatifs seront donc :

- Le temps d'accès moyen au bloc (temps de sélection + temps de présentation devant les circuits d'exploitation).
- Le temps de cycle de la mémoire (temps entre deux accès).

### 2.2. Organisations

Fondamentalement, le point mémoire, la densité, etc., sont les mêmes quelle que soit l'organisation.

#### a. ORGANISATION SÉRIE

La puce comporte :

- Une station d'écriture,
- Un registre de stockage,
- Une station de lecture non destructive,
- Une station d'effacement sélectif bit par bit.

Cette organisation, très simple, entraîne des temps d'accès moyens aux blocs très longs :

$$t = \frac{1}{2} \times n \times \frac{1}{F}$$

si  $n$  est la capacité d'une puce.

Par exemple : pour  $F = 100 \text{ kHz}$ ,  $n = 64 \text{ kbits}$  on trouve  $t = 0,3$  seconde.

Il ne sera pas possible de l'utiliser en accès aléatoire au bloc. Elle correspond à une utilisation séquentielle de type enregistreur. Dans ce cas, seul le temps de sélection entre deux puces (quelques microsecondes) intervient et les informations sont stockées en continu, une puce représentant une piste. (On peut utiliser toutes les pistes du module en série ou en parallèle). Pour des produits du type « cassette » ou « bande magnétiques », il faut optimiser la puissance consommée et l'encombrement mémoire. C'est pourquoi, à ce type de produit est lié un boîtier de 8 à 24 puces et une électronique de champ tournant à fréquence moyenne (100 à 300 kHz).

## b. ORGANISATION SÉRIE PARALLÈLE (fig. 3).

Cette organisation est une variante de l'organisation majeur/mineurs où l'accès est obtenu avec un registre unique et le stockage réalisé dans  $m/4$  registres mémoires contenant chacun  $m$  bits [2].

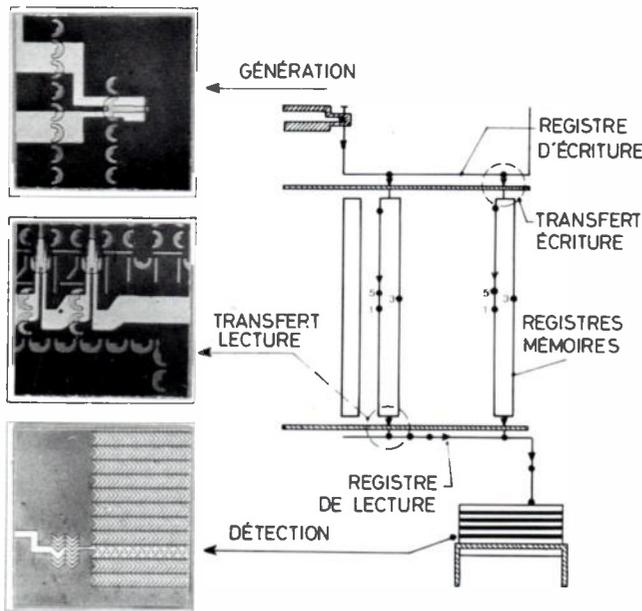


Fig. 3. — Détails de la puce 64 K Bits, étudiée au LETI.

Les différences essentielles sont les suivantes :

- La lecture est réellement non destructive. Elle se fait par duplication de l'information des registres mémoires vers le registre de lecture. Il n'est alors plus nécessaire de réécrire l'information qui vient d'être lue et le temps de cycle est diminué.

- Le registre de lecture n'est plus une boucle fermée tournant en synchronisme avec les registres mineurs. Il est maintenant ouvert et débite directement dans le détecteur.

- L'écriture dans les registres mémoires est assurée par des portes de transfert ou duplication situées à l'opposé ( $m/2$ ) des portes de lecture.

- Le plan mémoire est décomposé en deux parties, l'une affectée aux bits pairs, l'autre aux bits impairs. Le bloc d'information est écrit en série, simultanément sur les deux registres d'écriture. Le registre affecté au demi plan « impair » ayant un pas de moins, les bits impairs et pairs se présentent simultanément en face des portes de transfert vers les registres de stockage. L'adresse mémoire est maintenant représentée par une seule ligne, mais les bits pairs (0-2-4...) et impairs (1-3-5...) sont dans deux demi-plans distincts.

- La lecture est effectuée à l'aide de deux détecteurs. On duplique (transfert complet pour effacement) en une seule fois les bits pairs et impairs sur les registres menant aux détecteurs. Une position sur deux est inutilisée. Le contenu du registre pair est 0-2-4, et celui du registre impair 1-3-5. Il suffit que les trains pairs et impairs arrivent décalés de 1 bit sous les détecteurs pour que le détecteur impair serve de référence lorsqu'on lit un bit pair et inversement.

- Technologiquement, la complexité est peu augmentée. D'autant que toutes les portes sont maintenant unidirection-

nelles (duplication et transfert vers les registres mémoires à l'écriture, duplication et transfert à la lecture). On peut alors espérer augmenter les marges de fonctionnement en raison des facilités de fabrication.

- Les temps d'accès et de cycle sont diminués. Le plan se divise alors en  $m/8$  registres pairs et  $m/8$  registres impairs. Les détecteurs peuvent être implantés très près des registres mémoires, à  $m/16$  positions. Le temps d'accès au bloc est  $\frac{9\sqrt{n}}{8F}$  alors que le temps de cycle est  $\frac{13\sqrt{n}}{8F}$ .

Ainsi, dans le cas d'une mémoire de 64 kbits, tournant à 200 kHz, le temps d'accès moyen au bloc est égal à 1,5 ms et le temps de cycle à 2,1 ms.

- Enchaînement des blocs : l'exemple précédent a montré que l'on gagnait un facteur 2 sur le temps de cycle de la mémoire. Mais en plus, le fait de ne pas réécrire après la lecture permet maintenant d'enchaîner les blocs à la lecture comme à l'écriture.

Prenons l'exemple numérique de la 64 kbits. On disposera, en fait de  $2 \times 64$  registres de 513 bits. Supposons que le bloc utilisateur soit de 1 024 bits ( $8 \times 128$ ). On peut écrire consécutivement les 1 024 bits en aiguillant les pairs et les impairs vers leurs registres et en envoyant les impulsions d'écriture à chaque sous-bloc de 128 bits. Le bloc est alors adressable par l'adresse du premier sous-bloc inscrit. A la lecture il est maintenant possible de restituer en continu les 1 024 bits écrits. On peut ainsi considérer l'information comme un seul bloc de  $513 \times 128$  bits série, les écrire et les restituer en continu comme s'il s'agissait d'un grand registre série.

## c. UTILISATION DE PUCES PARTIELLEMENT BONNES

Les capacités par puce recherchées (64, 256 kbits, etc.) conduisent à utiliser des bulles de dimensions de plus en plus petites (5 à  $2 \mu\text{m}$ ). Les rendements obtenus sur des opérations de masquage à très haute définition indiquent que l'on aurait tout intérêt à savoir utiliser des puces comportant quelques registres défectueux. Une étude de Texas Instrument montre [7] que pour une qualité de technologie facilement accessible (10 à 20 défauts/cm<sup>2</sup>) il est possible d'atteindre un rendement de 80 % en prévoyant 10 % de registres supplémentaires (fig. 4). Cependant, l'utilisation de tels registres pose plusieurs problèmes.

- *Nature des défauts.* Les défauts des registres dont on veut s'affranchir sont-ils des défauts de construction ou dus à une dégradation en cours de fonctionnement ? Dans le deuxième cas, il faudra remettre à jour le contenu de l'organe qui indique ces défauts.

- *Stockage.* La difficulté du stockage peut être reportée au niveau du coupleur (mémoire morte ou REPRM) ou de la mémoire centrale (tables comme pour un disque) et dans ce cas, la puce mémoire ne connaît que des blocs de 137 bits, 9 places étant inutilisées. On peut aussi associer à chaque puce un registre qui mémorise l'emplacement des registres défectueux, ce registre étant lu à chaque opération d'entrée/sortie sur le boîtier. Diverses solutions ont été proposées, implantant ce registre sur la puce même ou rassemblant sur une puce supplémentaire très simple autant de registres que de puces dans le boîtier.

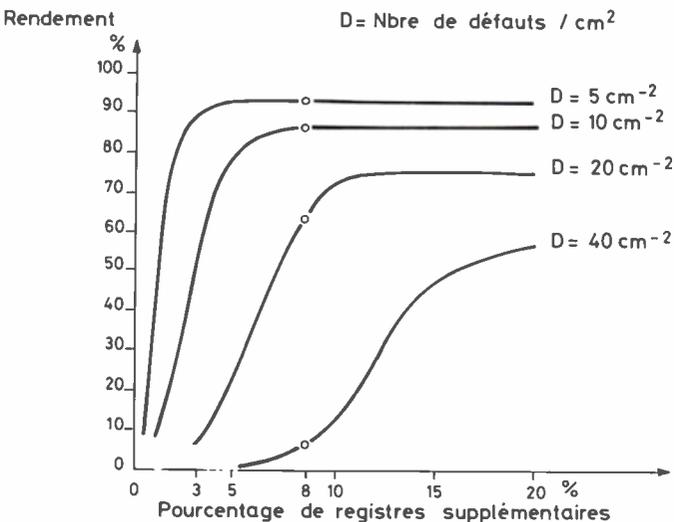


Fig. 4.

— *Traitement des blocs.* L'emploi des registres de secours doit être transparent pour l'utilisateur et nécessiter le minimum de composants. En entrée, il s'agit de transformer un train de  $\frac{\sqrt{n}}{2}$  bits série en un train de  $\frac{\sqrt{n}}{2} + 9$  bits série. En sortie il faut recomprimer le train.

d. MISE EN BOITIER

L'optimisation de la mise en boîtier (« packaging ») est fonction des performances recherchées. Pour les besoins civils à moyen terme il serait intéressant de développer des petits boîtiers du type DIL contenant 1 à 4 puces. Un boîtier de 256 Kbits (4 puces de 64 Kbits) conviendrait bien pour réaliser des mémoires de capacité moyenne, de l'ordre de 10 Mbits, tout en permettant l'utilisation de fréquences de champ tournant supérieures à 200 kHz (parce que les bobinages occupent un faible volume). Dans le cas des applications spatiales où il est nécessaire de réduire beaucoup le volume et la puissance par bit, il faut grouper 8 à 24 puces dans le même module. Les composants disponibles limitent alors la fréquence à 200 kHz.

3. CONCEPTION DE LA MÉMOIRE

Nous abordons ici les problèmes liés à la réalisation d'une mémoire complète, composée de plusieurs modules. Les applications retenues entraînent un mode de fonctionnement et des contraintes assez différentes (accès, débit, puissance...). Cependant, même si la réalisation de l'électronique associée conduit à utiliser des composants propres à chaque type d'application, il y a un certain nombre de fonctions à assurer qui sont communes.

3.1. Circuits périphériques nécessaires

L'exploitation d'une mémoire à bulles nécessite dans tous les cas un circuit d'horloge et des générations du champ tournant ainsi que la génération de signaux parfaitement synchronisés avec ce champ tournant, permettant la commande des diverses fonctions (écriture, lecture, effacement...).

a. GÉNÉRATION DU CHAMP TOURNANT

Pour des fréquences inférieures à 200 kHz, et un module de grande taille (24 puces), la consommation minimale a été obtenue en réalisant un champ tournant à l'aide d'un circuit oscillant [8]. L'électronique de commande autorise l'arrêt du champ et le démarrage sans perte d'information.

La puissance consommée par le champ tournant dépend du nombre de requêtes par seconde et de la taille des blocs utilisés. En effet, la puissance la plus importante est consommée au démarrage et à l'arrêt des circuits oscillants. En fonction des débits série demandés, on aura intérêt à utiliser un tampon de taille 32 à 64 bits (série) pour optimiser la consommation moyenne. La figure 5 montre l'intérêt d'un tel tampon.

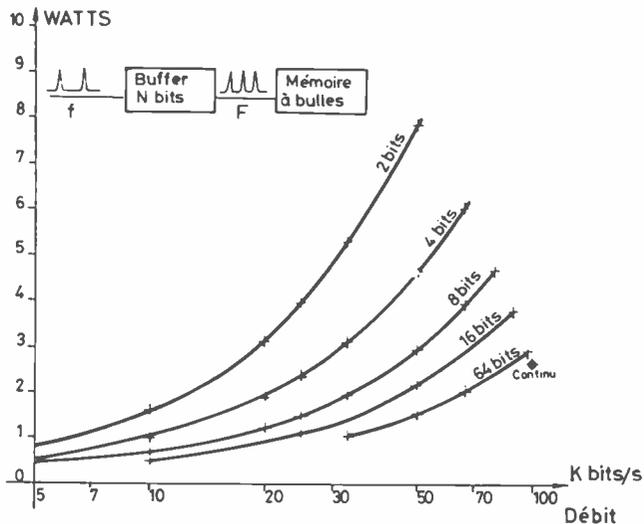


Fig. 5.

Pour des fréquences de 200 kHz à 1 MHz, on peut optimiser le module en réalisant des bobinages à faible perte (fils de litz). La puissance consommée par le champ tournant devient cependant importante et les problèmes de dissipation thermique non négligeable. Les applications nécessitant des fréquences de rotation élevées conduisent plutôt à piloter des modules comprenant un faible nombre de puces (1 ou 4). Le volume utile étant diminué, il est possible d'atteindre des fréquences de l'ordre de 1 MHz. Le pilotage se fait alors à l'aide de signaux triangulaires. Les problèmes d'arrêt/marche en sont simplifiés.

b. SYNCHRONISATION DES FONCTIONS ÉLÉMENTAIRES

La solution retenue consiste à utiliser une horloge de base à une fréquence 64 fois supérieure à celle du champ tournant. Les impulsions nécessaires aux fonctions sont alors définies en position et en durée en 1/64<sup>e</sup> de période soit 5° environ. Les impulsions déclenchent des générateurs de courant qui alimentent les conducteurs correspondants.

3.2. Contrôleur de la mémoire

(cas du substitut du disque à têtes fixes).

Sous réserve que l'on tienne compte des propriétés d'une mémoire à bulles organisée pour remplacer un disque à têtes fixes c'est-à-dire qu'on organise le logiciel pour utiliser au mieux les performances d'une telle mémoire, le contrôleur

associé sera beaucoup plus simple que celui d'un disque 2305 par exemple. Cette simplicité est liée aux facilités d'adressage et au fait que l'on peut arrêter la mémoire.

Rappelons que le contrôleur d'un disque est un organe complexe et coûteux. Pour un 2305 par exemple, cela représente 600 à 1 000 circuits intégrés (de l'ordre de 200 KF) pour une utilisation dans un gros système.

Associé à un minicalculateur, le contrôleur représente encore 200 à 300 circuits intégrés et double le prix du disque. Même si l'on peut piloter plusieurs disques avec le même contrôleur on voit l'intérêt de le simplifier au maximum.

La complexité d'un contrôleur dépend des impératifs de synchronisation et des facilités d'adressage. Dans le cas d'une mémoire à bulles, quelques compteurs suffisent à mémoriser les adresses disponibles. Les problèmes de synchronisation entre le calculateur et la mémoire sont facilement résolus en arrêtant le décalage dans les registres. On estime que le prix d'un tel contrôleur représente le quart ou la moitié de celui d'un disque à tête fixe type 2305 (ceci dépend de l'utilisation). La conséquence sur le prix du bit du système est donc importante.

Pour localiser un enregistrement sur un disque, il faut sélectionner la piste puis rechercher son adresse à l'intérieur du bon secteur. Pour obtenir l'enregistrement, il faut donc faire une succession de commandes de recherche d'adresse et commander le transfert. Cette procédure complique le logiciel et nécessite des interactions importantes entre le contrôleur et le CPU ou entre le contrôleur et le canal E/S.

Comparativement, l'adressage d'une mémoire à bulles est très simplifié puisqu'on n'a besoin que de l'adresse et des ordres écriture/lecture.

#### 4. EXEMPLES DE RÉALISATIONS

L'année 1977 a été marquée par l'échantillonnage des produits suivants :

##### *POS/8 (Point of Sale) Rockwell International [9]*

Ce module est équipé de 8 puces organisées (type 1) en un seul grand registre série de 100 kbits. On accède aux 8 puces en parallèle (mot de 8 bits), les performances sont les suivantes :

- capacité : 0,8 Mbits;
- débit : 800 kbits/s (fréquence de décalage : 100 kHz);
- temps d'accès moyen : 0,5 s;
- MTBF : 9 700 heures;
- taux d'erreur : Soft  $10^{-12}$ , Hard  $10^{-13}$

##### *BEG 200 Hitachi [10]*

Ce module est équipé de 32 puces de 64 kbits. Les puces sont organisées en registres majeur/mineurs (type 2). Les performances sont les suivantes :

- capacité : 2 Mbits;

- débit : 1,7 Megabits/s;
- temps d'accès moyen : 5 ms.

##### *TBM 0103 Texas Instrument [11]*

Il s'agit d'un boîtier DIL à 14 broches contenant une puce de 92 Kbits organisée en majeur/mineurs. Il est prévu d'associer à ce boîtier un contrôleur TMS 5502 compatible avec un micro-processeur INTEL 8080 ou T.I. 9900.

Texas Instruments a annoncé au début 1977 deux terminaux incorporant la mémoire à bulles TBM 0103 : il s'agit du terminal fixe Silent 763 et du terminal portable Silent 765 dont la disponibilité est prévue fin 1977.

#### CONCLUSION

On observe depuis 1976 une standardisation des mémoires à bulles dans les domaines suivants :

- technologie des puces (composition des grenats de base, nombre de masques, densité d'information);
- organisation de la mémoire (série ou série parallèle avec redondance);
- mise en boîtier (petit boîtier contenant quelques puces).

Cette évolution doit faciliter leur utilisation à moyen terme dans tous les cas où on a besoin de mémoires de capacité moyenne ( $< 10$  Mbits), modulaires, non volatiles, à faible débit, et consommant peu d'énergie. Ceci s'applique notamment au cas des mémoires pour micro et mini ordinateurs. Pour ces applications les mémoires à bulles peuvent être comparées favorablement aux technologies bien établies (disques souples et disques à têtes fixes) en raison de leurs performances et de leur prix probable ( $< 0,2$  centime le bit).

La deuxième partie de cette étude sera consacrée aux mémoires à transfert de charges (DTC). On comparera dans la troisième partie les bulles et les DTC aux technologies magnétiques (disques souples, disques à têtes fixes, disques à têtes mobiles) ainsi qu'aux mémoires à accès aléatoire MOS.

#### Références

- [1] BOBICK A. H. et al. — Magnetics bubbles. An emerging new memory Technology. *Proc. of the IEEE*, 1975, **63**, 1176.
- [2] COEURÉ P. et al. — Technologie et utilisation des mémoires à bulles magnétiques. *L'onde électrique*, 1974, **54**, 165.
- [3] TORRERO A. — Bubbles rise from the lab. *IEEE Spectrum*, September 1976, p. 29.
- [4] BONYHARD P. J. and SMITH J. L. — 68 Kbits capacity 16  $\mu$ m, period magnetic bubble memory chip design with 2  $\mu$ m minimum features. *IEEE Trans on Magnetics*, 1976, vol. **MAG 12**, 64.
- [5] JOUVE H. et al. — Bubble propagation by disks formed by ion implantation. *IEEE Trans on Magnetics*, 1976, vol. **MAG 12**, 660.
- [6] VOIGELLI O. et al. — *AIP Conf. Proc.*, 1975, **24**, 617.
- [7] NADEN R. A. and WEST F. G. — Fault-tolerant memory organization: impact on chip yield and system cost. *Rapport Texas Instruments*, 1976.
- [8] COEURÉ P. et al. — Électronique de champ tournant à faible consommation pour mémoires à bulles magnétiques embarquables. *Rapport final de contrat CNES*. Note LET/EPA 75-236 CD. 1975.
- [9] BAILEY R. F. and YPMA J. E. — *Solid State Technology*, September 1976, p. 74.
- [10] Hitachi develops 64 Kbit Bubble. *Electronics news*, 1976, p. 94.
- [11] Samples of 92-K bubble memories coming from TI. *Electronics*, 1976, September **30**, p. 29.

# Le GRAFCET, outil de représentation du cahier des charges d'un automatisme logique

COMMUNICATION BRÈVE

*L'onde électrique*  
1978, vol. 58, n° 3  
pp. 235-237



par **L. TOURRES,**

Chef de subdivision à Électricité de France.

*Électricité de France, Direction de la Production et du Transport, Service des Mouvements d'Énergie, 28, rue de Monceau, 75008 Paris (tél. 764.58.76).*

## RÉSUMÉ

Ce texte est une introduction à la lecture du rapport [1], fruit des réflexions et des discussions entreprises dans le cadre de la commission « Normalisation de la représentation du cahier des charges d'un automatisme logique » placée sous l'égide de l'AF-CET. La lecture des pages ci-après ne pourrait suffire à se faire une idée complète de ce qu'est le GRAFCET et de ses possibilités, la lecture du rapport [1], s'avérant indispensable avant toute utilisation pratique.

## SUMMARY

**GRAFCET. A description facility of a logical automation equipment.**

This paper is an introduction to the reading of the report issued by the AFCET working-group « Standardization of a description facility for the requirements of an automation equipment ». A simple graphical model, called GRAFCET, was defined. This model is not ambiguous, easy to understand and to use. Reading the following pages is not enough to have a good idea of what the GRAFCET is and of its real possibilities. Before any practical use, one has to take knowledge of the complete report [1].

## 1. INTRODUCTION

Le cahier des charges d'un automatisme, contrat passé entre le concepteur d'un matériel et son client, doit comporter, outre des clauses commerciales et juridiques, une description claire, précise, sans ambiguïtés ni omissions du rôle et des performances de l'équipement à réaliser. Force est de constater que, malheureusement, dans la plupart des cas cette description est confuse, ambiguë et incomplète d'où un risque permanent de mauvaises interprétations qui, si elles ne sont pas détectées à temps, peuvent conduire à des catastrophes, ne serait-ce qu'au plan financier.

Cet état de fait n'est pas récent et toutes les parties intéressées à la construction d'un automatisme ont été obligées jusqu'à présent de le subir non sans le déplorer. Les raisons en sont bien connues : d'une part l'inadéquation du langage courant à décrire de façon précise les phénomènes intervenant dans des installations pilotées par des systèmes logiques et d'autre part l'absence d'une méthodologie convenable de rédaction d'un cahier des charges.

Le groupe de travail AFCET « Systèmes logiques » propose dans son rapport [1] de résoudre ces problèmes par une approche hiérarchisée d'un cahier des charges et l'utilisation d'un outil graphique de description adapté à une telle démarche : le graphe de commande étapes-transitions ou GRAFCET.

## 2. APPROCHE HIÉRARCHISÉE D'UN CAHIER DES CHARGES

Si le rédacteur du cahier des charges est en général un spécialiste du processus à automatiser (il en est bien souvent l'exploitant), il en va tout autrement du concepteur du matériel d'automatisme. On peut donc considérer que le cahier des charges est destiné à initier le concepteur néophyte aux desiderata de l'utilisateur futur de l'équipement projeté. Si l'on désire que le « message passe », cette initiation se doit d'être progressive et c'est pourquoi le rédacteur d'un cahier des charges a tout intérêt à structurer son explication en la répartissant sur deux niveaux successifs et complémentaires.

Un premier niveau sera chargé de décrire le comportement de l'automatisme vis-à-vis du processus : c'est le rôle des spécifications fonctionnelles. Cette description ne doit présumer en aucune façon des technologies employées tant dans le processus que dans l'automatisme lui-même. On facilite ainsi le travail du lecteur du cahier des charges en lui évitant de se perdre dès le départ dans des détails qui alourdissent le fil des explications.

Ce premier niveau de description ne peut certes suffire à un concepteur pour élaborer un automatisme capable de s'intégrer effectivement dans un processus automatisé. Il faut donc introduire un deuxième niveau de description destiné à compléter le premier afin d'explicitier les contraintes propres

aux technologies mises en œuvre dans le processus, notamment en ce qui concerne le type de capteurs et actionneurs utilisés. Si deux automatismes remplissant les mêmes fonctions, donc identiques selon le premier niveau, doivent agir l'un par l'intermédiaire de vérins hydrauliques et l'autre par des moteurs électriques, ils se distingueront par le niveau 2.

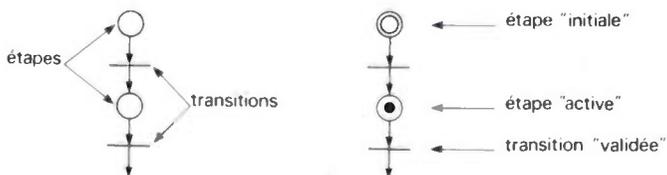
Une telle approche hiérarchisée d'un cahier des charges en facilite non seulement la compréhension mais également l'élaboration en permettant au rédacteur de ne pas se noyer d'entrée de jeu sous la masse des informations à faire passer. C'est certainement en allant de prime abord à l'essentiel et en le précisant ensuite progressivement que l'on risque le moins de commettre des oublis graves.

### 3. LE GRAPHE DE COMMANDE ÉTAPE-TRANSITION (GRAF-CET)

Le langage courant, trop imprécis, étant mal adapté à la description du fonctionnement d'un automate, il fallait disposer d'un outil de représentation d'un cahier des charges qui soit précis, simple à comprendre, sans considérations technologiques sous-jacentes et adapté à la procédure d'affinements successifs préconisée ci-dessus. Le GRAFCET répond à ces divers critères.

A la différence des outils de description classiques qui dérivent plus ou moins explicitement des schémas de câblage ou de programmation, le GRAFCET décrit le fonctionnement d'un automate sous la forme d'un enchaînement d'événements et d'actions. Ce que l'on représente est donc bien le fonctionnement que l'on désire voir suivre et non un matériel plus ou moins idéalisé qui réalise ce fonctionnement.

Pour ce faire, le GRAFCET ne fait appel qu'à deux éléments : l'étape et la transition.



L'étape (1) correspond à une situation dans laquelle le comportement d'une partie de l'automatisme ou de son ensemble est invariant par rapport à ses entrées ou à ses sorties. On associe aux étapes des actions à effectuer qui ont généralement pour résultat l'activation d'une sortie de l'automatisme. Ces actions ne sont cependant effectuées que lorsque l'étape est *active*.

La *transition* indique une possibilité d'évolution entre étapes. On lui associe une condition logique, généralement fonction des entrées de l'automatisme appelée *réceptivité*. Lorsque la transition est *validée*, c'est-à-dire lorsque toutes ses étapes immédiatement précédentes sont actives et que la réceptivité associée est satisfaite, la transition est *franchie* et l'automatisme change d'état : les étapes précédant immédiatement la transition sont désactivées et les étapes qui lui succèdent immédiatement sont activées, ce qui entraîne généralement des modifications dans l'état des sorties de l'automatisme et la validation de nouvelles transitions qui

seront franchies à leur tour lorsque les réceptivités associées seront satisfaites.

Les règles de fonctionnement du GRAFCET qui figurent dans [1] sont à peine plus compliquées pour lever certaines ambiguïtés pouvant se produire sur des cas particuliers. Cette philosophie simple et ces règles de fonctionnement rigoureuses en font un moyen de communication idéal entre les diverses parties prenantes d'un automate. On trouvera, en annexe, un exemple simple d'utilisation du GRAFCET, d'autres exemples plus élaborés se trouvent dans [1].

### 4. CONCLUSION

Outre cette simplicité des principes qui n'exclut pas la rigueur et en fait un support de dialogue pratique entre spécialistes de techniques différentes, le GRAFCET présente des caractéristiques intéressantes au plan de l'analyse en vue de détecter d'éventuelles incohérences dans les spécifications [2]. Il est également possible, à partir du GRAFCET de mettre au point des méthodes de synthèse directe des automatismes, le même GRAFCET étant alors document de spécification, de réalisation et de maintenance [3, 4]. L'élaboration du GRAFCET fait suite à une longue série de recherches dont on aura un aperçu dans [5, 6]. C'est pourquoi il a été conçu pour rendre un maximum de services à tous ceux qui, de près ou de loin, s'intéressent aux systèmes logiques. Il peut satisfaire aussi bien l'industriel confronté de façon occasionnelle à des problèmes de logique que le constructeur ou le chercheur spécialisé dans les systèmes logiques. Son élaboration sous l'égide de l'AFCEC s'est déroulée dans un climat de coopération Université-Industrie exemplaire. Comment ne pas souhaiter qu'à l'occasion de son utilisation se nouent d'autres rapprochements tout aussi fructueux.

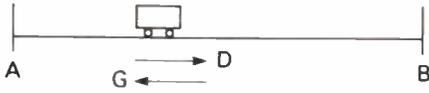
### Bibliographie

- [1] Rapport final de la commission AFCEC « Normalisation de la représentation du cahier des charges d'un automate logique ». Ce rapport est disponible auprès de l'AFCEC, 156, boulevard Péreire, 75017 Paris ou de l'ADEPA, 7, boulevard Romain-Rolland, 92128 Montrouge. Il a été publié intégralement dans *Automatique et Informatique industrielles* de novembre et de décembre 1977 et partiellement dans la *Revue de l'entreprise* de novembre 1977.
- [2] VALETTE R. — Vérification des spécifications d'un automate, Journées d'étude SEE-AFCEC, Méthodes modernes d'étude et de réalisation des automatismes, Gif-sur-Yvette, 2-3 février 1978.  
BOUSSIN J.-L. — Caviar, système de conception assisté par ordinateur et de validation des automatismes logiques, Journées d'études SEE-AFCEC, Gif-sur-Yvette, 2-3 février 1978.
- [3] GILLON J. — Une nouvelle approche de la synthèse des systèmes logiques, Journées d'études SEE-AFCEC, Gif-sur-Yvette, 2-3 février 1978.  
DAVID R. — Synthèse de systèmes séquentiels avec des CUSA, Journées d'études SEE-AFCEC, Gif-sur-Yvette, 2-3 février 1978.
- [4] TOURRES L. — Une nouvelle méthode de synthèse des systèmes logiques et son application à la réalisation d'automatismes programmés RGE, Mars 1976.
- [5] GIRARD P. et NASLIN P. — Construction des machines séquentielles industrielles, Dunod, Paris, 1973.
- [6] BLANCHARD M. et DAULIN E. — Synthèse des systèmes logiques, CEPADUES, Éditions, Toulouse, 1976.

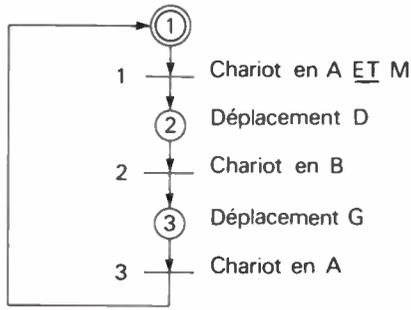
### ANNEXE

Un chariot guidé peut se déplacer vers la gauche (G) ou vers la droite (D) entre deux positions repérées A et B. Lorsque le chariot est au repos en A et qu'on lui en donne l'ordre (M), on veut qu'il effectue un cycle de déplacement A, B, A.

(1) Pour la définition rigoureuse des termes soulignés, se reporter à [1].



Le GRAFCET correspondant est le suivant :



*Explication :*

– A l'initialisation de l'automatisme, l'étape 1 est active. Comme aucune action n'est associée à cette étape, le chariot reste à l'endroit où il se trouve qui n'est pas forcément le point A (cf. les cas d'avarie, d'actions manuelles, etc.). C'est pourquoi il convient, dans la réceptivité associée à la transition 1, de s'assurer de la position du chariot.

– La marche (M) ayant été commandée alors que le chariot était en A, la transition 1 est franchie, l'étape 1 désactivée, l'étape 2 activée, la transition 2 validée. On commande donc le mouvement du chariot vers la droite tant que la transition 2 n'est pas franchie c'est-à-dire tant que le chariot n'est pas arrivé en B.

– Lorsque le chariot est arrivé en B, on désactive l'étape 2 et on active l'étape 3. On commande donc le mouvement du chariot vers la gauche tant qu'il n'est pas arrivé en A.

– Lorsque le chariot arrive en A, l'étape 1 est de nouveau activée. On ne commande donc plus le déplacement du chariot tant qu'on n'a pas reçu l'ordre (M) d'effectuer à nouveau un cycle.

# Inductorless all-pass phase shifter using a single input operational amplifier <sup>(1)</sup>.

par Ahmed M. SOLIMAN

© Masson, Paris 1978.



*Electronics and Communications Engineering Department, Faculty of Engineering, Cairo University, Giza, Egypt.*

## RÉSUMÉ

**Déphaseur passe-tout sans inductance faisant appel à un amplificateur opérationnel à une entrée.**

Cet article présente un déphaseur passe-tout sans inductance de conception originale, dont l'élément actif est un amplificateur opérationnel à une entrée. Ce circuit peut traiter les pôles complexes et présente l'avantage d'avoir un facteur de gain constant. La valeur du retard de groupe peut être réglée à l'aide d'une simple résistance. L'auteur donne les résultats des mesures expérimentales.

## SUMMARY

A new realization of an inductorless all-pass phase shifter is given. The active element used is a single input operational amplifier. The circuit is capable of realizing complex poles and has the advantage of having a constant gain factor. The group delay can be adjusted by varying a single resistor. The results of the experimental measurements are included.

## INTRODUCTION

Many active RC networks for realizing all-pass characteristics are available [1-12]. Most of them [1-7] are limited to poles and zeros on the negative real axis (i.e.  $Q_p \leq 1/2$ ) which limits the peak value of the group delay. The realization of all-pass networks having complex poles and zeros and using a single operational amplifier have received a great deal of attention recently [8-12]. These realizations [8-12] require a differential input operational amplifier.

The purpose of this paper is to introduce a new active RC delay network which uses one single input operational amplifier, and is capable of realizing complex poles and zeros. The peak value of the group delay can be adjusted by varying a single resistor.

## NETWORK REALIZATION

By direct analysis and assuming ideal operational amplifier, the circuit node equations are :

$$\begin{bmatrix} aG & G & 0 & 0 & G/K \\ 2sC & G & -2(G+2C) & 0 & G \\ 0 & sC & 0 & -2(G+sC) & sC \\ 0 & 2(G+sC) & -G & -sC & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \end{bmatrix} = [0] \quad (1)$$

Solving the above equations for the open circuit voltage

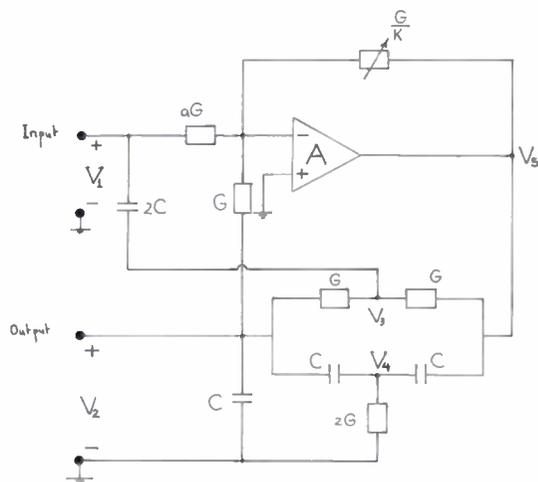


Fig. 1. - The new delay network.

transfer function thus :

$$T(s) \equiv \frac{V_2}{V_1} = \frac{-aK}{K+3} \cdot \frac{s^2 C^2 R^2 - \frac{2}{aK} sCR + 1}{s^2 C^2 R^2 + \frac{8}{K+3} sCR + 1} \quad (2)$$

If

$$a = (K+3)/4K. \quad (3)$$

Then equation (2) realizes an all-pass phase shifter having :

$$\omega_0 = 1/CR \quad (4)$$

$$Q_p = (K+3)/8, \quad \text{and} \quad (5)$$

(1) Article reçu le 22 décembre 1976 et accepté dans sa forme définitive le 23 septembre 1977.

A gain factor

$$H = T(0) = T(\infty) = 1/4 \quad (6)$$

which is a constant independent of  $Q_p$ .

The design equations are :

$$CR = 1/\omega_0$$

$$K = 8Q_p - 3 \simeq 8Q_p \quad \text{for } Q_p \gg 1 \quad (7)$$

$$a = (K + 3)/4K \simeq \frac{1}{4} \quad \text{for } Q_p \gg 1$$

The phase shift and the group delay are obtained from equation (2) by setting  $s = j\omega$ , and using equations (3), (4) and (5) thus :

$$T(j\omega) = \frac{1}{4} \frac{1 - jQ_p X}{1 + jQ_p X} \quad (8)$$

where  $X = \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}$ .

The phase shift

$$\varphi = -2 \tan^{-1}(Q_p \cdot X). \quad (9)$$

It is seen that  $\varphi$  can be adjusted from  $\pi$  to  $-\pi$  by changing C or R.

The peak value of the magnitude of the group delay occurs at  $\omega_0$  and is given by :

$$|\tau_{\max}| = \left| \frac{d\varphi}{d\omega} \right|_{\omega=\omega_0} = \frac{4Q_p}{\omega_0} = \frac{K + 3}{2\omega_0} \quad (10)$$

which can be adjusted by varying K.

From equation (5) it is seen that the  $Q_p$  sensitivity with respect to K is less than unity.

**EFFECT OF LOADING**

Here the effect of loading the network is considered. When port 2 is terminated by a load of resistance  $R_L$ , then equation (2) becomes :

$$T(s) = \frac{-aK}{K + 3} \frac{s^2 C^2 R^2 - \frac{2}{aK} sCR + 1}{s^2 C^2 R^2 + \frac{sCR}{K + 3} \left( 8 + \frac{2R}{R_L} \right) + \left( 1 + \frac{2R}{(K + 3)R_L} \right)} \quad (11)$$

For the case of interest namely  $Q_p > 1$  (i.e.  $K \gg 1$ ), the transfer function reduces to :

$$T(s) = -a \frac{s^2 C^2 R^2 - \frac{2}{aK} sCR + 1}{s^2 C^2 R^2 + \frac{8sCR}{K} \left( 1 + \frac{R}{4R_L} \right) + \left( 1 + \frac{2R}{KR_L} \right)} \quad (12)$$

For an all-pass

$$a = \frac{K + 3}{K \left( 4 + \frac{R}{R_L} \right)} \simeq \frac{1}{4 + \frac{R}{R_L}} \quad \text{for } Q_p \gg 1. \quad (13)$$

The actual values of  $\omega_0$  and  $Q_p$  under loading are given by :

$$\omega_{0L} \simeq \omega_0 \left( 1 + \frac{R}{8Q_p R_L} \right),$$

$$Q_{pL} \simeq Q_p \left[ 1 - \frac{R}{4R_L} \left( 1 - \frac{1}{2Q_p} \right) \right]$$

for  $Q_p \gg 1, \quad R_L \gg R \quad (14)$

The fractional shifts in  $\omega_0$  and  $Q_p$  are :

$$\frac{\Delta\omega_0}{\omega_0} \simeq \frac{R}{8Q_p R_L},$$

$$\frac{\Delta Q_p}{Q_p} \simeq -\frac{R}{4R_L} \left( 1 - \frac{1}{2Q_p} \right) \simeq -\frac{R}{4R_L}$$

for  $Q_p \gg 1, \quad R_L \gg R \quad (15)$

Thus it is seen that by choosing  $R \ll R_L$  the effect of loading is minimized.

**EXPERIMENTAL RESULTS**

The circuit was constructed in the laboratory using an operational amplifier type LM 741 (National Semiconductor Corp.) with  $V_{cc} = \pm 15V$ , to realize an all-pass response having  $f_0 = 1.59$  kHz and  $Q_p = 3$ .

The circuit components used are :

$$R = 10 \text{ k}\Omega, \quad C = 10 \text{ nF}, \quad a = 2/7 \quad \text{and} \quad K = 21.$$

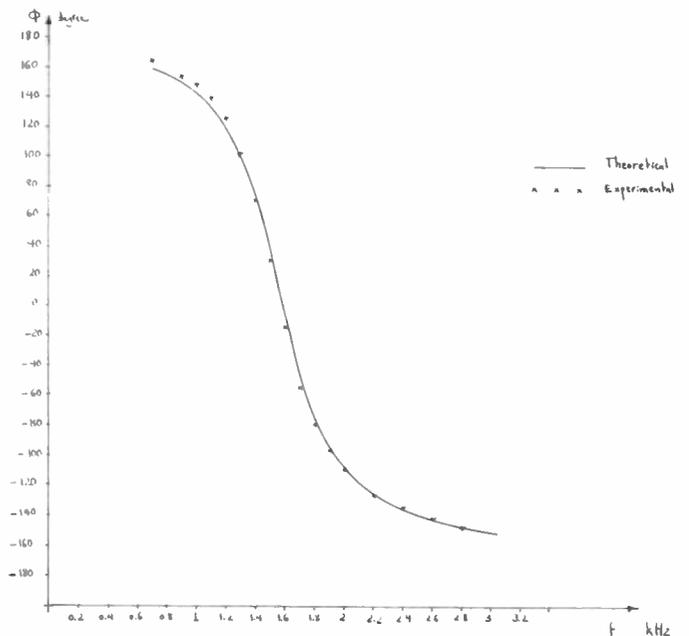


Fig. 2. - Experimental results obtained and the theoretical plot of the phase versus frequency.

**CONCLUSIONS**

A new inductorless all-pass phase shifter has been described. It uses one single input operational amplifier. It has the advantage of having a constant gain factor independent of  $Q_p$ . The network is capable of realizing complex poles and zeros. The experimental results obtained are in good agreement with the theoretical predicted ones.

## REFERENCES

- [1] GANGULY U. S. — An inductorless all-pass phase shifter, *Proc. IEEE*, October 1966, 54, 1462-1463.
- [2] GENIN R. — Realization of an all-pass transfer function using operational amplifiers, *Proc. IEEE*, October 1968, 56, 1746-1747.
- [3] ARONHEIM P. and BUDAK A. — An operational amplifier all-pass network, *Proc. IEEE*, September 1969, 57, 1677-1678.
- [4] DUTTA ROY S. C. — Active all-pass filter using a differential input operational amplifier, *Proc. IEEE*, September 1969, 57, 1687-1688.
- [5] SOLIMAN A. M. — Inductorless realization of an all-pass transfer function using the current conveyor, *IEEE Trans. on Circuit Theory*, January 1973, CT-20, 80-81.
- [6] SAHA S. K. — Inductorless all-pass phase shifters, *IEEE Trans. on Inst. and Measurements*, June 1974, IM-23, 182-183.
- [7] RATHORE T. S. — New all-pass phase shifter configurations, *IEEE Trans. on Inst. and Measurements*, March 1975, IM-24, 83-84.
- [8] HOLT A. G. J. and GRAY J. P. — Active all-pass sections, *Proc. IEEE*, December 1967, 114, 1871-1872.
- [9] TERAMOTO M. — RC active all-pass using Wien bridge and differential amplifier, *Proc. IEEE*, October 1969, 57, 1792-1793.
- [10] DELIYANNIS T. — RC active all-pass sections, *Electronics Letters*, February 1969, 5, 59-60.
- [11] MOSCHYTZ G. S. — A general all-pass network based on the Sallen-Key circuit, *IEEE Trans. on Circuit Theory*, July 1972, CT-19, 392-394.
- [12] SOLIMAN A. M. — A new single operational amplifier medium selectivity nonminimum phase network, *AEU*, December 1974, 28, 511-513.