LOISIRS ELECTRONIQUES D'AUJOURD'HUI
N°74

Led

ISSN 0753-7409

COURS N° 14 : CONNAISSANCE DE L'ELECTRONIQUE : LE TRANSISTOR

AMPLI DE SONORISATION 40 Weff

BADGE LUMINEUX

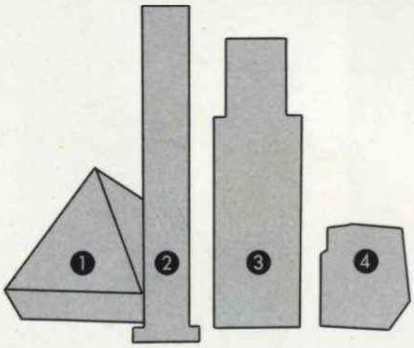
GRADATEUR DE LUMIERE 12 V

GENERATEUR DE FONCTIONS RR2M

M 1226 - 74 - 20,00 F
3791226020008 00740

MENSUEL FEVRIER 1990 / BELGIQUE 146 F.B / CANADA $ 3,95

UNE AUTRE DIMENSION DU KIT



❶ **BACCARA SYSTEME TRIPHONIQUE.** Caisson de graves à charge symétrique, fonctionne en doublet acoustique. Bande passante 38 à 180 Hz à – 3 dB. Puissance programme admissible 100 W. Rendement 90 dB 1 W 1 m. Forme pyramidale. Dim. : base 496 x hauteur 520 mm.

❷ **BACCARA SYSTEME TRIPHONIQUE.** Caisson médium aïgu, formaté spacialement. Bande passante 180 à 21.000 Hz. Puissance programme admissible 100 W. Rendement 90 dB 1 W 1 m. Dim. : H 1100 mm L 220 mm.

❸ **ANDROÏDE VERSION IV.** Enceinte COLONNE système bass reflex. Technologie KEVLAR. 3 voies. Bande passante 35 à 21.000 Hz – 3 dB. Puissance programme admissible 250 W. Rendement 91 dB 1 W 1 m. Dim. : H 950 L 300 P 280 mm.

❹ **ASTEROÏDE VERSION IV.** Enceinte "COMPACT" système bass-reflex. Technologie KEVLAR. 2 voies. Bande passante 55 à 20.000 Hz – 3 dB. Rendement 89 dB 1 W 1 m. Puissance programme admissible 50 W. Dim. : H 300 x L 250 P 280 mm.

TOUS NOS MODELES SONT DISPONIBLES A VOTRE CHOIX AVEC LEUR KIT D'EBENISTERIE.

CREATIONS ACOUSTIQUES DE FRANCE

C.A.F B.P 595 - 75028 PARIS CEDEX 01 Tél. : (16-1) **34.24.08.80**

Société éditrice :
Editions Périodes
Siège social :
1, bd Ney, 75018 Paris
Tél. : (1) 42.38.80.88
SARL au capital de 51 000 F
Directeur de la publication :
Bernard Duval

LED
Mensuel : 20 F
Commission paritaire : 64949
Locataire-gérant :
Editions Fréquences
Tous droits de reproduction réservés textes et photos pour tous pays
LED est une marque déposée
ISSN 0753-7409
Services **Rédaction-Abonnements :**
(1) 42.38.80.88 poste 7315
1 bd Ney, 75018 Paris
Rédaction
Ont collaboré à ce numéro :
Georges Matoré, René Rateau.
Bernard Dalstein.
Publicité
(1) 42.38.80.88 poste 7314
Abonnements
10 numéros par an
France : 180 F
Etranger : 260 F
Petites annonces gratuites
Les petites annonces sont publiées sous la responsabilité de l'annonceur et ne peuvent se référer qu'aux cas suivants :
- offres et demandes d'emplois
- offres, demandes et échanges de matériels uniquement d'occasion
- offres de service
Réalisation
Dessins et montage
M. Thierry Pasquier
Composition
Edi'Systèmes - Paris
Photogravure
Sociétés PRS/PSC - Paris
Impression
Berger-Levrault - Nancy

4
LED VOUS INFORME
L'actualité du monde de l'électronique, les produits nouveaux.

6
LA CONNAISSANCE DE L'ELECTRONIQUE (COURS N° 14 : LE TRANSISTOR)
Après avoir fait le point sur les alimentations stabilisées, nous abordons avec ce numéro l'étude des transistors. Le transistor a fait son apparition en 1947 dans les laboratoires de la Bell Company et a très rapidement détrôné le tube électronique.

12
BADGE LUMINEUX
Cette réalisation à la portée de tous agrémentera vos soirées. "Réagissant" au niveau sonore ambiant, une rangée de diodes LED s'illumine suivant deux modes : déplacement d'un point lumineux ou déroulement d'un ruban lumineux.

14
AMPLIFICATEUR POLYVALENT DE 40 Weff POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION
Destiné aussi bien au home-studio qu'à la sonorisation amateur, cet amplificateur Combo associe efficacité, compacité et polyvalence sans excès de complexité. Sa "modeste" puissance de 40 Weff est largement compensée par l'exceptionnel rendement des haut-parleurs proposés (100 dB environ). Bien plus qu'un amplificateur pour instrument, il offre, sous un volume compact de 80 litres, une grande fonctionnalité, en raison notamment de la présence d'un pupitre de mixage à trois entrées.

28
GRADATEUR DE LUMIERE
Ce gradateur pour courant continu, destiné aux ampoules à incandescence, apporte le confort de réglage des gradateurs 220 V des appartements. Nous avons prévu de ne commander que des ampoules d'une puissance maximale de 21 W, normalisées en matériel automobile et couramment employées dans les caravanes.

32
INDICATEUR LUMINEUX DE TENSION DE BATTERIE
Le montage proposé s'inscrit dans la série des appareils destinés à l'équipement des caravanes, camping-cars et bateaux. On pourra naturellement l'exploiter à d'autres fins, chaque fois que s'impose le contrôle d'une tension continue de valeur nominale 12 volts, susceptible de varier de 10,5 à 14 volts.

38
GENERATEUR DE FONCTIONS RR2M 0,02 Hz A 2 MHz (1re PARTIE)
L'appareil que nous proposons à nos lecteurs de construire couvre, en six gammes, de 0,02 Hz à 2 MHz. Les réglages de symétrie et d'offset donnent accès à de multiples variantes des trois formes d'ondes fondamentales.
Une entrée VCO, autorisant la vobulation jusqu'au rapport 1000 en fréquence, satisfera ceux qu'intéresse le relevé automatique des courbes de réponse.
L'étude théorique et pratique du générateur sera prolongée par quelques compléments sur ses utilisations les plus originales, les applications classiques étant supposées bien connues de nos lecteurs.

49
SERVICE CIRCUITS IMPRIMES
Ce service permet aux lecteurs de Led d'obtenir les circuits imprimés gravés, percés ou non, en en faisant la demande auprès de la Rédaction.
Tous les circuits imprimés proposés dans nos précédents numéros sont toujours disponibles.

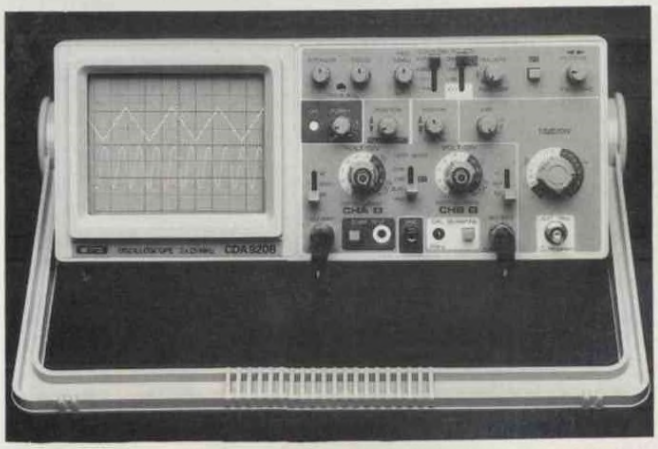
Led vous informe

CDA PRESENTE LE CDA 9208

Il est performant, robuste et fiable, d'une facilité d'emploi exceptionnelle et d'un prix extrêmement compétitif.
Les diverses formes de signaux rencontrés en électronique nécessitent l'emploi d'un oscilloscope.
La visualisation d'une grandeur ou d'un signal en fonction du temps apporte des informations qui facilitent grandement leur interprétation et leur compréhension. Toutes les mesures traditionnelles peuvent être analysées avec un oscilloscope, cependant beaucoup hésitent encore à s'équiper d'un tel appareil devant son apparente complexité et son prix souvent dissuasif.

CDA réfute ces arguments :
- Le CDA 9208 est proposé à 3 090 F HT.
- Son ergonomie a été particulièrement étudiée et la disposition parfaitement rationnelle des différentes commandes lui confère une grande simplicité d'emploi.

Ses performances et caractéristiques essentielles
- Fonction recherche de trace
- Test des composants passifs et actifs
- Ecran de 8 × 10 cm avec éclairage du réticule interne
- Haute sensibilité : de 1 mV/div. à 15 V/div. en direct
- Balayage maxi : 10 ns/div.
- Excellente visualisation de 2 signaux de fréquences différentes, jusqu'à 25 MHz
- Grand choix de modes de déclenchements et fonction inhibition (Hold Off) pour les signaux complexes
- Synchronisation pour déclenchement TV ligne et trame.



Sa poignée ergonomique, réglable, offre le meilleur confort pour le transport et le positionnement de l'appareil.
Avec le CDA 9208, l'enseignement, la maintenance et l'industrie disposent d'un des meilleurs appareils du marché dans la catégorie 2 × 25 MHz.
CDA 5, rue du square Carpeaux 75018 Paris. Tél. (1) 46.27.52.50.

THERMOSONDE POUR COMPOSANTS ELECTRONIQUES

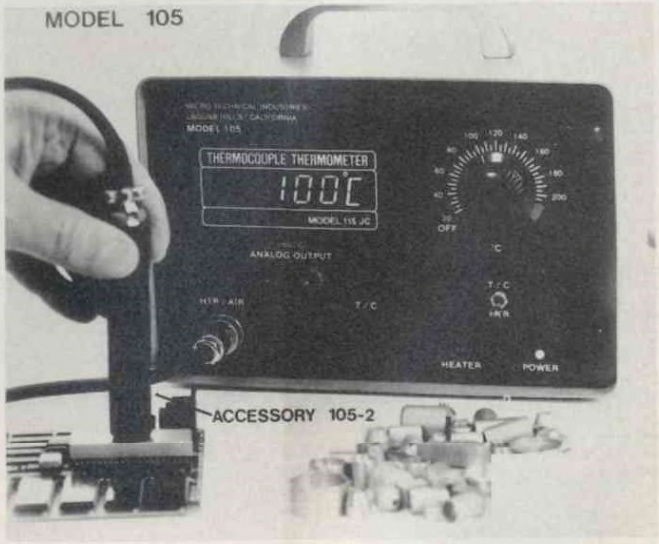
La société Micro Technical Industries, représentée exclusivement en France par E.T.A.T. Euro-Trans-Atlantique-Techniques 80, rue André Karman 93532 Aubervilliers Cedex. Tél. (1) 48.39.08.08. Télécopie (1) 48.39.10.30. Telex 231869, présente une nouvelle thermosonde à affichage digital modèle 105.
Comme les autres appareils de la gamme, il permet de tester individuellement en température tous les types de composants électroniques et ce, aussi bien en statique qu'en dynamique.

La température est appliquée sur le composant au moyen d'une sonde chauffante munie d'un embout adapté au composant choisi (plus de 150 embouts sont disponibles).

Il est donc possible de résoudre les problèmes de dérive (due à la chaleur ou au circuit électrique propre) sans endommager des composants coûteux et sans avoir recours à une chambre de température.

Une seconde sonde (thermocouple) permet de lire directement la température au niveau du composant ou du circuit électrique environnant.

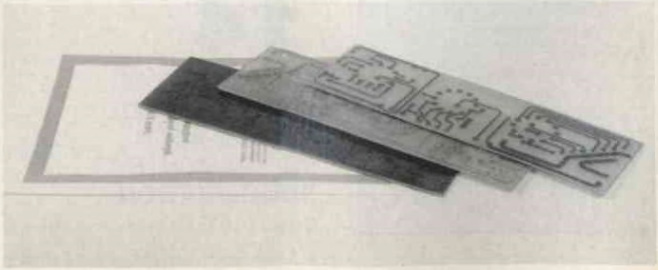
Puissance de chauffage : 35 W.
Gamme de température : 20° C à 200° C.
Précision de l'affichage digital : ± 1° c.



STEP CIRCUITS SC

Cette société, créée il y a trois ans, a pour but de mettre au service de l'amateur du circuit imprimé de qualité professionnelle.
• Particularités des plaques en général :
- absence de micro-coupures,
- qualité suivie,
- matière régulière,
- révélation bien noire,
- toutes les plaques sont signées et garanties par Step Circuits.

La nouveauté. Possibilité, avec présensibilisation des deux côtés du C.I., de réaliser une sérigraphie au choix en négatif ou en positif.
Step Circuits 36-38, avenue de Fontainebleau 94270 Le Kremlin-Bicêtre. Tél. 46.72.81.18.



CHELLES ELECTRONIQUES 77

16, av. du Maréchal Foch 77500 Chelles - Tél. 64.26.38.07 Télécopieur 60.08.00.33

Ouvert du mardi au samedi de 9 h 30 à 12 h 15 et de 14 h 30 à 19 h

Nous acceptons les bons de l'Administration, conditions spéciales aux écoles, centres de formation, clubs d'électronique, etc. **Pas de catalogue**

Distributeur des haut-parleurs AUDAX
(Toute la gamme Hi-Fi disponible)

VISATON
quelques références :
Boomers :
W 250
W S21 F
W 20 F
W 170
Tweeters :
DTW 86
DT 70 NG
DTS 10 AW
Médiums :
MR 130
DSM 15 AW

MONACOR
Boomers :
SP 250
SP 150
SP 90

MOTOROLA
Tweeters piézo :
KSN 1005
KSN 1016
KSN 1025
KSN 1078
KSN 1039

Filtres passifs **MONACOR** 2 et 3 voies 12 dB/octave : 30 W, 100 W, 200 W.

Beckman Industrial™

Oscilloscopes
9020 : 2 × 20 MHz
- Double trace
- Ligne à retard

Prix TTC : 3 850F

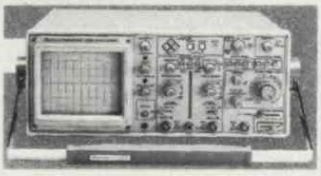
Générateurs de fonctions FG2
- Signaux sinus, carrés, triangle, pulses
- de 0,2 Hz à 2 MHz en 7 gammes
- 0,5 % de précision
- Entrée UCF

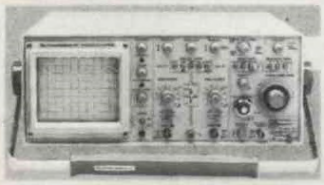
Prix TTC : 1 978 F

Beckman

9102 (2×20 MHz) ..... 5190 F
9104 (2×40 MHz) ..... 6740 F
- sensibilité maximum : 1 mV (×5)
- double base de temps avec balayage retardé ajustable continûment.
- déclenchement AC, AC-LF, TV, DC.

9202 (2×20 MHz) ..... 6190 F
9204 (2×40 MHz) ..... 7740 F
mêmes caractéristiques générales que le 9102, doté en plus de l'affichage numérique des paramètres du signal à l'écran avec sélection par curseurs. Grandeurs affichées : tension, temps, fréquence, rapport cyclique, phase.





9106 (3×60 MHz) ..... 9180 F
- sensibilité maximum : 1 mV (×5)
- double base de temps (50 ms à 0,5 s/div en base de temps A) avec balayage retardé continûment ajustable.
- Commande de séparation des voies X qui autorise l'affichage de huit traces à l'écran, l'entrée externe considérée comme canal d'entrée.

3 Multimètres à Fonctions Multiples

NOUVEAU

Caractéristiques communes
- 4000 Points de Mesure
- Bargraph Rapide
- Sélection Auto/Manuelle
- Testeur de Transistors
- Extinction Automatique

DM93
Toutes fonctions standard de base
Prix TTC : 879 F

DM95
+ Fonction mémoire
+ Capacimètre 8 gammes
Prix TTC ; 1095 F

DM97
+ Fonction mémoire
+ Mini/Maxi/Peak
+ Capacimètre 8 gammes
+ Fréquencemètre 4 gammes
Prix TTC : 1505 F

CONDITIONS DE VENTE : MINIMUM D'ENVOI 100 F.
PAR CORRESPONDANCE : RÈGLEMENT A LA COMMANDE PAR CHÈQUE OU MANDAT-LETTRE, AJOUTER LE FORFAIT DE PORT ET D'EMBALLAGE : 40 F.
CONTRE-REMBOURSEMENT : 55 F. AU DESSUS DE 3 KG (OSCILLOSCOPE, ALIMENTATION) EXPEDITION PAR LA SERNAM. PORT : 100 F.

PAS DE CATALOGUE

Led

NOM _____

ADRESSE _____

CODE _____ VILLE _____

en savoir plus sur...

La connaissance de l'électronique

FAISONS LE POINT

Nous savons maintenant réaliser les alimentations qui répondent à nos besoins courants. Elles sont capables d'assurer l'intensité suffisante pour nos expérimentations et petits montages.

Mais si nous avons besoin de courants de plus d'un ampère, il nous faut disposer d'alimentations plus performantes, plus généreuses.

Tout régulateur, quel qu'il soit, doit dissiper – en pure perte – la puissance qu'il faut obligatoirement consommer (et payer !) pour réguler...

La tension d'entrée d'un régulateur est celle que lui présente la cellule de redressement-filtrage. Sa tension de sortie est celle qu'il lui est demandé de délivrer, tout en garantissant l'intensité du courant destiné au montage alimenté.

La loi de Joule s'applique, implacablement. La valeur de la puissance dissipée au niveau du régulateur est donnée par le produit : chute de tension dans le régulateur par intensité du courant débité. Plus l'écart sera grand entre la tension d'entrée et la tension de sortie et plus le courant fourni sera important, plus la puissance dissipée sera élevée. Telle est la rançon de ce principe-phénomène incontournable...

Il n'est pas surprenant de constater que les promesses annoncées dans la notice d'accompagnement d'une alimentation de laboratoire ne sont que très rarement tenues. L'intensité promise du courant délivré n'est réellement dispensée que lorsque la tension de sortie est réglée sur sa valeur maximale. Cette intensité s'effondre à la moindre surcharge ou si la tension de sortie se rapproche de sa valeur minimale.

Il nous faudra mettre en œuvre des montages plus élaborés que ceux que nous avons étudiés, mais fort simples, au demeurant, si nous désirons franchir le seuil de 1 ampère, surtout si nous exigeons que l'alimentation "tienne" l'intensité et la tension, du bas jusqu'en haut de l'échelle tension de sortie. Nous apprécierons la propriété de pouvoir "descendre" à zéro volt en sortie...

Les solutions les plus élégantes et les plus sûres consistent à utiliser des transistors "ballast", des amplificateurs opérationnels et des diodes Zener connues pour leur stabilité. Nous verrons tout cela, ayez la patience de parcourir le chemin qui nous y mène !

Mentionnons au passage un montage assez original, fort justement appelé **alimentation à étages**, dont nous reproduisons le schéma de principe à la figure 1.

Il s'agit bien évidemment d'une alimentation stabilisée à tension variable selon deux plages, deux étages de tension. Elle est construite autour du désormais connu 317, c'est un exemple.

Par commutation (inverseur), la cellule de redressement-filtrage est connectée aux bornes d'un des deux enroulements du secondaire du transformateur, ou aux bornes de ses deux enroulements disposés en série. Ainsi nous pouvons appliquer une tension alternative (efficace) de 9 ou 18 volts à la cellule redresseuse, c'est un exemple. Nous pourrions adopter la formule 10-20 volts, 12-24 volts, 15-30 volts, etc.

PREMIER ETAGE

Par commutation, le pont redresseur est branché aux bornes d'un enroulement (9 volts). Simultanément, en basculant l'inverseur (il est double), nous court-circuitons la résistance talon R_t, du pont diviseur de tension destiné à l'ajustement de la tension de sortie (broche 1 du 317).

Le pont diviseur servant au réglage de la tension du premier étage est, par conséquent, constitué de la résistance R1 de 180 ohms et du potentiomètre R2 de 1 000 ohms.

La tension de sortie, en premier étage, pourra être ajustée, à volonté, entre sa

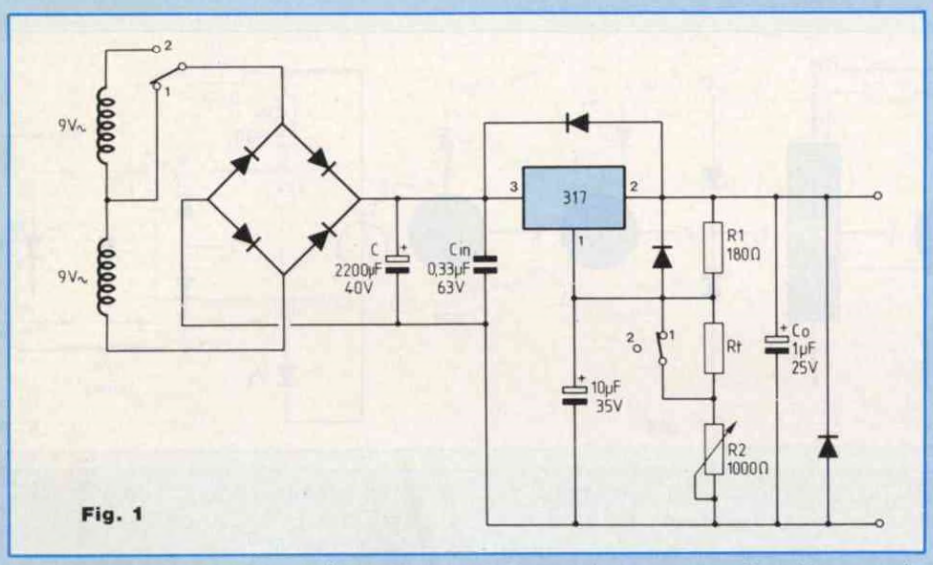


Fig. 1

valeur minimale de 1,25 volt (spécifique du 317) et

$$1{,}25(1+\frac{R2}{R1}) = 1{,}25(1+\frac{1\,000}{180}) = 8 \text{ volts}$$

SECOND ETAGE

Par commutation, le pont redresseur reçoit la pleine tension du secondaire (2 × 9 V) et la résistance talon R_t est libérée. Cette résistance devient opérante, conduisant au système (R_t + R2) dont la valeur résistive est variable de 1 000 ohms à 2 000 ohms, selon que la résistance "fabriquée" avec R2 varie de zéro à 1 000 ohms.

La tension u_{sortie} varie maintenant de 8 volts (valeur maximale du premier étage) à :

$$1{,}25(1+\frac{2\,000}{180}) = 15 \text{ volts}$$

AVANTAGES

En utilisant un dissipateur de résistance thermique 1° C/W pour refroidir le régulateur et un transformateur de puissance 46 ou 50 VA (selon catalogue) nous pourrons, tout au long du premier étage, de 1,25 à 8 volts de tension de sortie, disposer d'un courant de 1,5 ampère, c'est confortable !

Par contre, le second étage, 8 à 15 volts, ne nous accordera que 0,9 ampère sous 8 volts, mais 1,5 ampère sous 15 volts, c'est proprement acceptable !

INCONVENIENTS

Les deux étages (1,25 – 8 volts) et (8 – 15 volts) ne se recouvrent pas et nous pouvons craindre le "trou". Vous pensez bien que le hasard est vicieux et qu'il ne ratera pas l'occasion de se manifester. Au cours de la première manipulation effectuée avec le concours de cette alimentation toute neuve, nous vous garantissons que c'est la tension de 8 volts qui sera la plus intéressante... Nul doute que le phénomène observé aura besoin d'une variation continue de tension de... 7 à 9 volts !

Il est possible de remédier au défaut en donnant à R_t une valeur résistive inférieure à celle du potentiomètre R2, par exemple 970 ohms (820 et 150 ohms en série).

Ainsi nous pouvons combler le trou des 8 volts mais le bénéfice n'est pas significatif devant la commodité de la variation continue d'une tension de sortie.

De deux choses l'une : ou bien la tension de sortie est fixe ou bien elle est variable, sans trou...

Nous disposons d'une alimentation de ce type, construite autour d'un 317, que nous venons tout juste d'étudier et construire. Elle va nous servir à présent dans l'étude du transistor...

LE TRANSISTOR

En 1947, dans les laboratoires de la Bell Company, est né le TRANSISTOR. Très rapidement, il a détrôné son prédécesseur, le tube électronique, la "lampe" d'autrefois, en s'imposant partout, dans tous les domaines. Nous allons l'étudier.

STRUCTURE

Par diffusion, enrichissons en impuretés une lame d'un matériau semiconducteur (Led n° 63). Par ce procédé de dopage, créons une zone centrale, mince, de type P, en sandwich entre deux zones extrêmes de type N, l'une des deux étant plus fortement enrichie que la seconde.

Cette opération nous conduit à l'obtention d'un **transistor NPN**.

La zone centrale, de type P, d'une remarquable minceur, est la **base**.

La zone extrême la plus fortement dopée, de type N, est l'**émetteur**.

La zone extrême la moins dopée, de type N, est le **collecteur**.

Chez le **transistor PNP** la base est du type N. Elle est disposée entre l'émetteur, du type P, nettement plus dopé que le collecteur, également du type P.

La figure 1 montre à la fois la structure et les symboles conventionnels de représentation des deux types de transistors.

IDENTIFICATION

Sur le boîtier étanche du transistor, le fabricant indique le code d'identification, par exemple 2N 1711, 2N 2905, 2N 3055, ou BC 308, BC 347, etc. Les répertoires précisent bon nombre de caractéristiques des transistors repris dans la classification.

Les électrodes d'accès aux zones

La connaissance de l'électronique

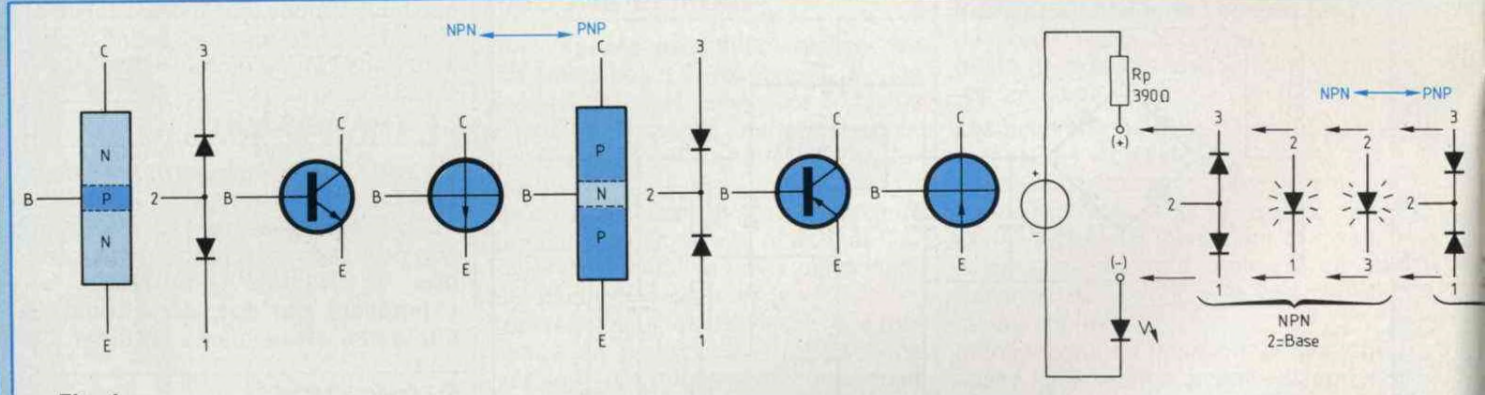


Fig. 1

émetteur, base et collecteur ne sont que très rarement repérées, par les lettres E, B et C.

Très fréquemment l'électronicien se trouve en présence d'un transistor qui a perdu tout signe apparent d'identification. Qu'à cela ne tienne, il est bien facile de déterminer la famille d'appartenance, le type d'un transistor, PNP ou NPN et la correspondance de ses électrodes.

Nous allons vous exposer notre méthode d'investigation, laquelle est absolument sûre et simple. Ultérieurement nous vous présenterons un appareil testeur de semiconducteurs, aux fonctions très étendues, qui permet d'identifier un transistor et d'obtenir des quantités de renseignements utiles sur lui, en quelques secondes. Tout un chacun pourra construire cet appareil, un peu d'attention et de soin suffiront...

FAMILLE

Un simple examen du schéma structurel du transistor, reproduit à la figure 1, nous dit qu'un transistor NPN est constitué de deux jonctions p-n disposées en série, mais se tournant le dos. Elles sont conductrices, passantes, de la base vers l'extérieur du transistor, en traversant l'émetteur et (ou) le collecteur.

Logiquement le courant ne peut passer du collecteur vers l'émetteur, ni dans l'autre sens. Mais il peut passer dans le sens base-émetteur et dans le sens base-collecteur, chez le transistor NPN, répétons-le.

Il suffit de disposer d'une source de tension continue, une banale pile de 4,5 volts ou une alimentation stabilisée de tension fixe, 5 volts (avec 7805) ou, encore mieux (!) une alimentation variable dont la tension est réglée sur 5 volts... Une résistance de protection R_P de 390 ohms (orangé, blanc, marron, auriez-vous oublié ?) assurera la limitation du courant passant dans la jonction B-E ou dans la jonction B-C, puis dans la diode électroluminescente en série dans le circuit (figure 2).

NPN

– La diode électroluminescente demeure éteinte lorsque l'émetteur E et le collecteur C sont connectés aux bornes du circuit.

– La diode électroluminescente s'illumine lorsque la base B est branchée côté (+) et que E ou C est branché côté (–).

Nous sommes alors en présence d'un transistor NPN dont la base nous est connue (en 2). Subsiste l'inconnue E et C.

PNP

– La diode électroluminescente demeure éteinte lorsque l'émetteur E et le collecteur C sont connectés aux bornes du circuit.

– La diode électroluminescente s'illumine lorsque la base B est branchée côté (–) et que E ou C est branché côté (+).

Nous sommes alors en présence d'un transistor PNP dont la base nous est connue (en 2). Subsiste l'inconnue E et C.

REMARQUE

Il se rencontre parfois des transistors sous boîtier métallique qui possèdent 4 électrodes. L'une d'elles est soudée au boîtier, lequel est un blindage à relier à la masse (ou à la terre) par l'intermédiaire de l'électrode de connexion. La diode électroluminescente nous renseigne sur la continuité électrique électrode-blindage.

IDENTIFICATION DE L'EMETTEUR ET DU COLLECTEUR

Voici une des méthodes que nous appliquons pour identifier l'émetteur et le collecteur d'un transistor dont nous avons déterminé l'appartenance, par le test précédent, lequel nous a fait connaître l'électrode d'accès de la base. Cette méthode est instructive.

Nous avons dit que la zone extrême E (émetteur) est plus fortement dopée

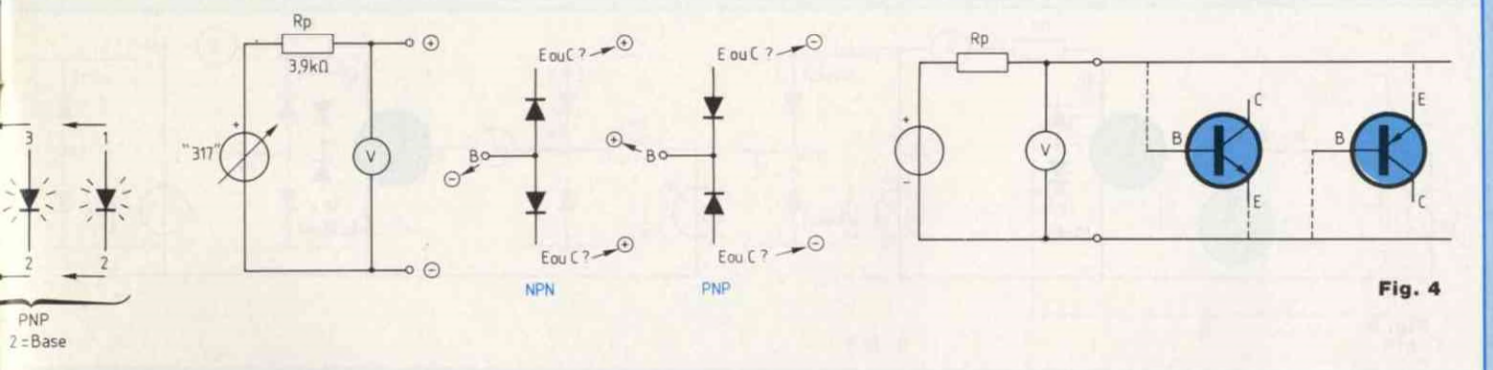


Fig. 2

Fig. 3

Fig. 4

que son homologue C (collecteur).
Conséquence de cette particularité : la **tension de claquage** (Led n° 70) de la jonction base-émetteur B-E est inférieure à celle de la jonction base-collecteur B-C. Nous allons identifier ces deux jonctions et nous connaîtrons la correspondance des deux électrodes inconnues.
Pour ce faire, il nous faut disposer d'une alimentation stabilisée à tension variable et d'un voltmètre. Nous allons soumettre les jonctions, à tour de rôle, à une tension inverse que nous ferons croître progressivement jusqu'au moment où la tension (inverse) aux bornes des jonctions cesse d'augmenter même si nous continuons à pousser la tension de sortie de l'alimentation.
Le montage schématisé à la figure 3 est celui de la manipulation. La boîte à connexions, la "planche à trous" confirme sa réputation de commodité !
La résistance de protection Rp de 3,9 kiloohms (orangé, blanc rouge) limite l'intensité du courant inverse passant dans les jonctions à une valeur non dangereuse, pas de destruction à craindre !
Comme il s'agit d'un transistor NPN, c'est l'exemple choisi, la conduction dans les jonctions passantes a lieu de la base vers l'extérieur. Nous allons donc connecter la base, nous la connaissons par le test précédent, du côté (−) de l'alimentation, l'électrode d'une des deux jonctions inconnues étant branchée côté (+). Nous allons maintenant faire monter progressivement la tension de sortie de l'alimentation, depuis son minimum, tout en surveillant le cadran du voltmètre.
Lorsque la tension (inverse) aux bornes de la jonction inconnue n'augmente plus, même si nous poussons la tension d'alimentation, nous n'avons qu'à lire la tension de claquage de la jonction soumise au test.
Soumettons tour à tour les deux jonctions inconnues. Celle dont la tension de claquage est la plus faible est la jonction B-E. Du coup, nous connaissons la correspondance des trois électrodes de notre transistor NPN.
L'écart entre les tensions de claquage est variable selon les transistors, il peut atteindre une quinzaine de volts. Le doute n'est pas permis.
Dans le cas du transistor PNP, du fait de l'inversion des polarités, par rapport à celles dans le NPN, la base, identifiée par le premier test, sera connectée du côté du (+) de l'alimentation et l'électrode de la jonction inconnue du côté du (−), c'est tout.
Nous vous suggérons de vous adonner à la manipulation effectuée avec un transistor 2N 1711, un transistor 2N 2905, un BC 307, un BC 317...
Au fait, comprenez-vous pourquoi nous avons étudié et construit des alimentations stabilisées avant d'aborder l'étude du transistor ?
Nous vous remercions de nous avoir fait confiance...

SEUIL DE CONDUCTION

Nous savons qu'une jonction, en alimentation directe, ne devient passante que si elle est soumise à une tension directe supérieure à son seuil de conduction (barrière de potentiel).
Avec le montage utilisé pour mesurer la tension de claquage nous pouvons (figure 4) mesurer le seuil de conduction d'une jonction B-E alimentée directement. Nous relèverons une tension de l'ordre de 0,7 volt chez un transistor au silicium du genre 2N 1711. Par contre, chez un transistor au germanium (si nous trouvons par exemple un AF 115) nous ne trouverons que 0,3 volt environ.
Cette caractéristique est connue pour sa stabilité, elle varie très peu avec la température (2,3 millivolts par degré C pour le silicium) et se montre indifférente à l'intensité du courant (modéré) qui la traverse.
Le seuil de conduction, tension base-émetteur, est désigné par U_{BE}.

EFFET TRANSISTOR

A la figure 5, nous avons reproduit le montage qui met en évidence l'effet

La connaissance de l'électronique

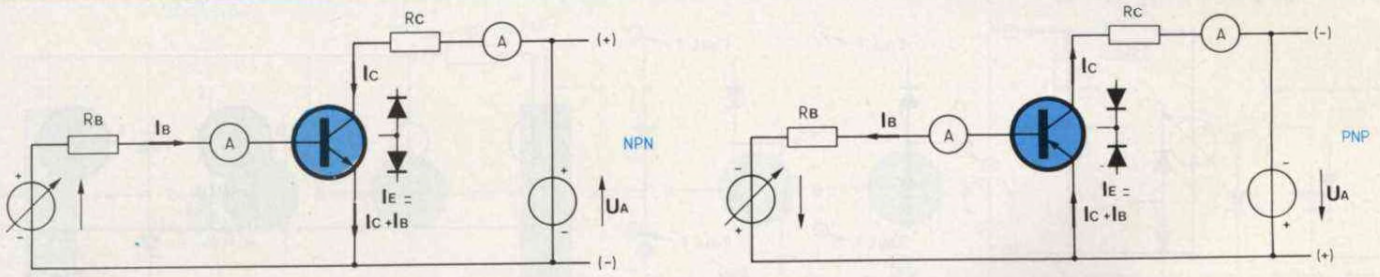


Fig. 5

transistor, le plus important de tous.
Lorsque la jonction B-E (ou E-B) d'un transistor est convenablement polarisée et rendue conductrice par une tension directe supérieure à son seuil de conduction, elle est parcourue par le **courant de base I_B**.
Si nous appliquons entre l'émetteur et le collecteur une tension opposée au sens de conduction de la jonction B-C, **un courant de collecteur traverse la jonction collecteur-base dans le sens inverse et la jonction émetteur-base dans le sens direct. Le courant I_C traversant le collecteur est beaucoup plus important que le courant de base I_B et lui est proportionnel dans le rapport β (béta) appelé gain en courant.**

$$I_C \simeq \beta I_B$$

Le gain en courant des transistors va de 20 à 1 000.
Lorsque la base n'est pas connectée, lorsqu'elle est "en l'air" mais que le collecteur C et l'émetteur E le sont, il passe dans le transistor le **courant de fuite I_{CEO}** (figure 6).
Ce courant de fuite est si faible que nous le négligerons, dans la pratique, le plus souvent. Le code CEO signifie que le collecteur C et l'émetteur E sont connectés mais que le circuit de la base est Ouvert.
Nous pouvons écrire les équations fondamentales de l'effet transistor :

$$I_C = \beta I_B + I_{CEO}$$

I_C : courant de collecteur
β : gain en courant
I_B : courant de base
I_{CEO} : courant de fuite, négligeable.

Comme l'émetteur est traversé par la réunion du courant de base, du courant de collecteur et du courant de fuite, le courant d'émetteur est de :

$$I_E = I_B + I_C + I_{CEO}$$

Comme I_{CEO} est négligeable et $I_C = \beta I_B$:

$$I_E = I_B + \beta I_B = (\beta + 1) I_B$$

Comme β est grand, devant 1 :

$$I_E \simeq \beta I_B \simeq I_C$$

en approximation utile.

Le simple examen des schémas de la figure 6 nous dit que ces équations sont identiquement valables pour les transistors NPN et PNP.
Les schémas comportant des transistors NPN sont facilement convertibles en version PNP, seule diffère la polarisation de la (ou des) source alimentant les montages et des éléments polarisés.
Les transistors NPN au silicium sont les plus répandus, beaucoup plus que les PNP au silicium.
L'histoire a commencé avec les PNP au germanium...

MANIPULATION

Nous vous invitons à faire la manipulation que voici, laquelle met en évidence la variation du courant de collecteur, ou de l'émetteur, très sensiblement équivalent au premier, en fonction de la variation du courant de base.
Le montage est schématisé à la figure 7. Nous y voyons un transistor NPN 2N 1711, dont le collecteur est chargé par une diode électroluminescente standard rouge ⌀ 5 mm disposée en série, avec une résistance de 100 ohms. L'émetteur du transistor est connecté au (−) d'une source d'alimentation de 4 à 6 volts (pile 4,5 V ou alimentation avec 7805). Le collecteur recevra son courant du (+) de cette alimentation, par la charge que nous venons d'indiquer.
Le (−) de l'alimentation est directement relié au (−) d'une alimentation variable (317) dont le (+) va fournir le courant de base au transistor, par une résistance de 2,2 mégohms.
Remarquons que les polarités des jonctions du transistor sont correctement respectées, devant les (+) et (−) des alimentations.
La tension U_{BE} du transistor est très sensiblement constante, de l'ordre de 0,7 volt. Le courant de base entrant par la base pour atteindre l'émetteur (normal pour le NPN) a son intensité définie par la résistance de base R_B de 2,2 mégohms, siège de la chute de tension entre le (+) de l'alimentation variable et la base.

$$I_B = \frac{U_{sortie\ variable} - 0{,}7\ V}{2{,}2\ M\Omega}$$

Le courant est bien faible, du fait de la résistance très grande R_B.

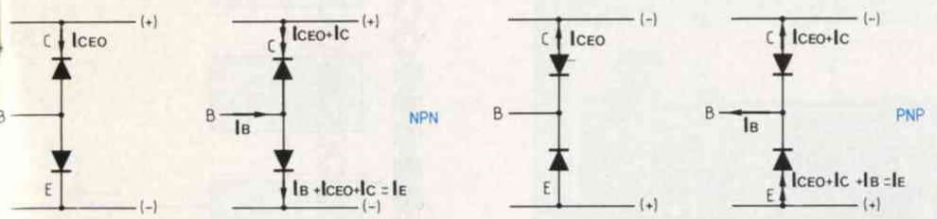


Fig. 6

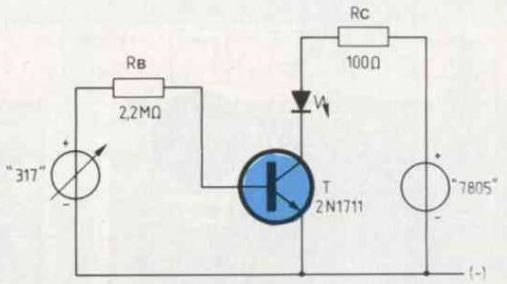


Fig. 7

Faisons varier la tension de sortie de l'alimentation entre ses valeurs extrêmes, nous constatons la large variation conjointe de la luminosité de la diode. L'accroissement du courant de base I_B engendre un très important accroissement du courant de collecteur I_C. Par la mesure, nous pourrions déterminer la valeur du gain en courant β en rapportant les variations des intensités en jeu (figure 5) :

$$\beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$$

FABRICATION DES TRANSISTORS

Dans un four chauffé à une température proche de celle de fusion du silicium, une lame de ce matériau, le **substrat**, subit l'action de l'atmosphère de l'enceinte, chargée en vapeur du produit dopant. Le substrat est destiné à devenir le **collecteur**. Un premier dopage crée la **base**. Un second dopage, effectué sur la base par produit de type opposé, crée la jonction émetteur-base, selon la technique dite de **base diffusée**.

Ce procédé, désormais très au point, est remarquable par la maîtrise des opérations successives conduisant à l'obtention de produits finis de qualité haute et constante. C'est le même procédé par diffusion qui préside à la fabrication des circuits intégrés (les régulateurs de tension sont du nombre) dans lesquels sont réalisés des nombres fantastiques de transistors, sans compter les diodes, résistances et autres partenaires... de quelques-uns, moins de 10, jusqu'à 50 000 et davantage...

CLASSIFICATION

Il est rationnel de classer les transistors en fonction de leur puissance, plus précisément de la puissance qu'ils sont capables de dissiper.

Nous venons de nous livrer précédemment à l'étude des régulateurs de tension intégrés et à leur mise en œuvre dans la réalisation d'alimentations stabilisées.

Disons en passant que cette étude nous a fait connaître les boîtiers les plus couramment rencontrés dans la pratique, boîtiers qui sont communs aux régulateurs de tension et aux transistors, à ne pas confondre.

Les tests d'identification des familles NPN et PNP lèveraient rapidement le moindre doute éventuel...

Mais nous avons appris l'importance de la puissance dissipée au niveau des régulateurs de tension, la nécessité du refroidissement. Nous savons calculer la résistance thermique de l'indispensable radiateur, le dissipateur.

Il est bien évident que les transistors n'échappent pas aux mêmes lois physiques, nous pouvons les classer selon leur puissance.

– Transistors pour petits signaux, genre BC 107...

Boîtiers en plastique ou métalliques : TO 72, X 55, etc.

Leur résistance thermique boîtier-ambiance atteint plusieurs centaines de degrés C par watt.

– Transistors de moyenne puissance, genre 2N 1711...

Boîtiers métalliques : TO 39, etc.

Leur résistance thermique boîtier-ambiance monte à quelques dizaines de degrés C par watt.

– Transistors de forte puissance, genre 2N 3055...

Boîtiers métalliques : TO 3, TO 220, etc.

Leur résistance thermique boîtier-ambiance n'atteint pas les 10° C par watt.

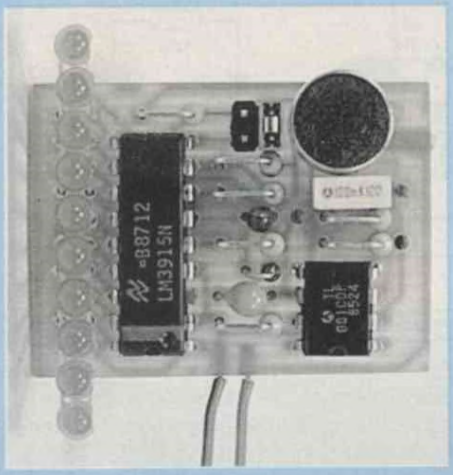
Quant à la fiabilité et la dispersion des caractéristiques, indices associés de qualité et de prix (!), le haut niveau est occupé par les **séries militaires** MIL (comme tous les autres composants). Ensuite viendront les **séries professionnelles** suivies par les **séries grand public**, le tout-venant avec lequel il faut composer. Les manipulations et montages que nous présentons ont été soigneusement élaborés pour que les composants "grand public" ne soient pas responsables de déboires débilitants...

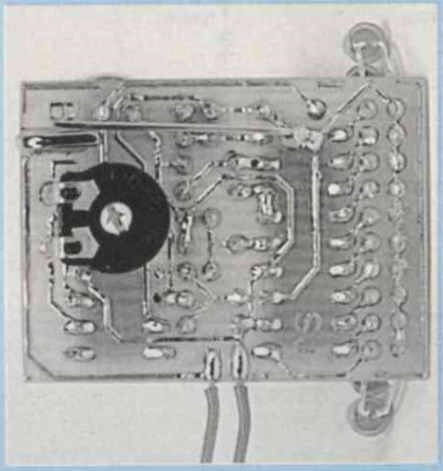
Ainsi nous venons d'entrer dans le domaine du transistor.

Nous vous proposons de nous retrouver pour étudier les caractéristiques des transistors, à bientôt !

Georges Matoré

BADGE LUMINEUX





Cette réalisation à la portée de tous agrémentera vos soirées. "Réagissant" au niveau sonore ambiant, une rangée de diodes LED s'illumine.

Le badge est constitué d'un circuit imprimé de dimensions 27,94 × 38,1 mm (soit 11 × 15 pas de 2,54 mm). Sur celui-ci se trouve dix diodes électroluminescentes de 3 mm de diamètre qui scintillent suivant le niveau sonore ambiant. Deux modes de scintillement sont proposés, représentés à la figure 1 : le mode "barre" commandant l'allumage des diodes électroluminescentes correspondant au niveau inférieur et égal du son ambiant et le mode "point" commandant l'allumage de la diode électroluminescente correspondant au niveau du son ambiant.

Le badge lumineux est muni également d'une épingle de nourrice (servant d'interrupteur général) permettant son accrochage sur n'importe quel vêtement. Le B.L. nécessite une alimentation continue assurée par une pile 9 V.

SCHEMA FONCTIONNEL

Sur le schéma fonctionnel, donné à la figure 2, se trouvent les différentes parties du B.L.

Un micro convertit le bruit capté en un signal sinusoïdal modulé en amplitude. Ce signal est transmis à un amplificateur à gain réglable, permettant de régler la sensibilité du montage. Le signal amplifié est ensuite démodulé (ne gardant que l'enveloppe) et est relié à une commande qui, selon son niveau, autorise le scintillement des diodes électroluminescentes constitant l'afficheur. C'est sur cette commande qu'est appliqué le mode, "barre" ou "point", choisi par l'utilisateur.

SCHEMA STRUCTUREL

Sur le schéma structurel, donné à la figure 3, se trouvent tous les composants utilisés par le B.L. Le bruit ambiant est capté puis converti en un signal sinusoïdal modulé en amplitude par l'ensemble R1, C1 et ME1. Celui-ci est ensuite amplifié par l'ensemble R2, R3, RV1 et IC1. La résistance variable RV1 permet de régler la sensibilité du montage. Le condensateur C2 et la résistance R4 retirent du signal issu du circuit intégré IC1 la composante continue ainsi que la faible variation d'amplitude. La diode D1, le condensateur C3 et la résistance R5 forment un démodulateur d'enveloppe, ne gardant que l'enveloppe du signal sinusoïdal, représentée à la figure 4.

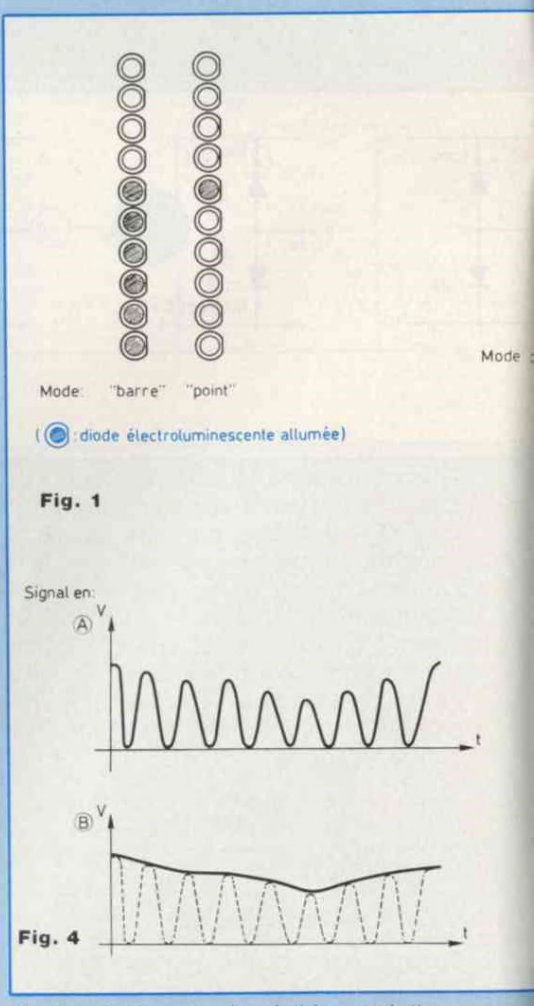


Fig. 1

Fig. 4

Le signal démodulé est connecté au circuit intégré IC2 commandant l'allumage des 10 diodes électroluminescentes D2 à D11 (LED). La luminosité des LED est assurée par la résistance R6 tandis que la résistance R7 règle le seuil de déclenchement du circuit intégré IC2.

REALISATION

Le typon du circuit imprimé simple face est donné à la figure 5. Le circuit a été

AGREMENTEZ VOS SOIREES

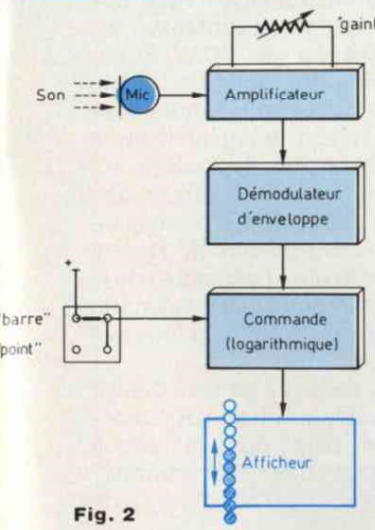


Fig. 2

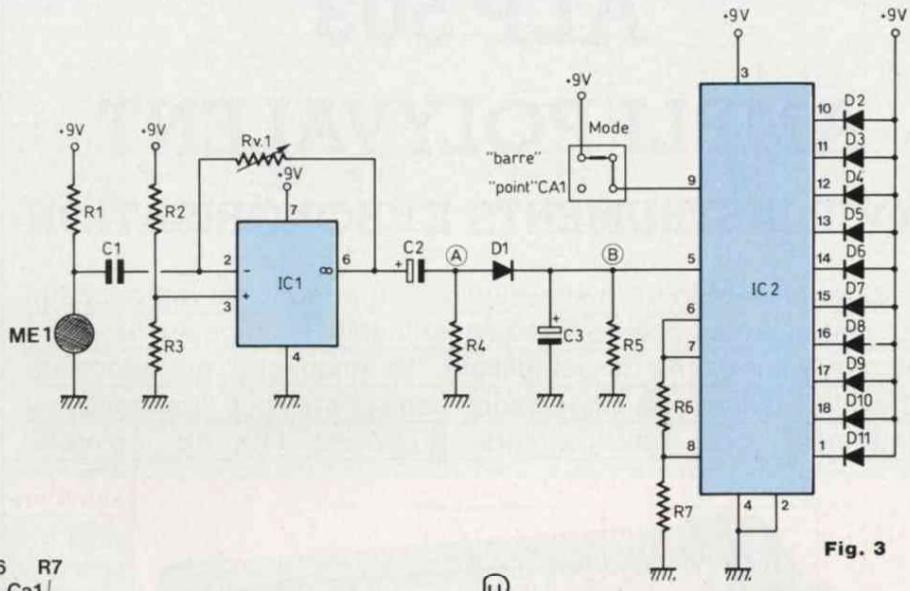


Fig. 3

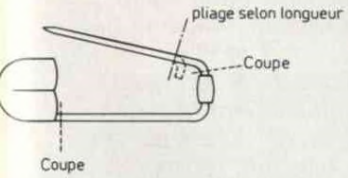


Fig. 7

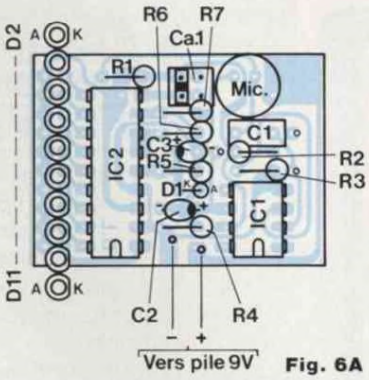


Fig. 6A

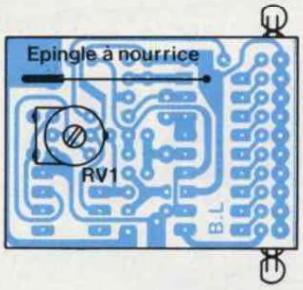


Fig. 6B

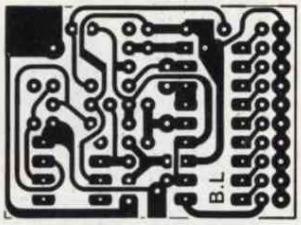


Fig. 5

réalisé par le procédé photographique. Le perçage des trous s'effectue, pour les circuits intégrés au ⌀ 0,8 mm ; pour les résistances, condensateurs, diodes, LED, micro-électret, cavaliers, épingle de nourrice, au ⌀ 1 mm et pour la résistance variable au ⌀ 1,5 mm.

Le schéma d'implantation des composants sur le circuit imprimé du badge est donné à la figure 6. On commence par souder le cavalier puis les résistances, diodes et condensateurs. On soude ensuite les LED qui seront préalablement pliées. On soude enfin la résistance variable RV1 côté cuivre, l'épingle de nourrice que l'on aura auparavant travaillée suivant la figure 7 et les deux fils effectuant la liaison B.L.-pile 9 V.

Avant l'essai, on vérifie une dernière fois l'implantation des composants. A la mise sous tension et à la fermeture de l'épingle de nourrice (interrupteur général), les LED du badge lumineux doivent s'allumer à la moindre source de bruit. Pour régler la sensibilité, tourner la résistance variable RV1 à l'aide d'un tournevis.

Nota : Les LED sont commandées de façon logarithmique ; si l'on veut une commande linéaire, remplacer le circuit intégré IC2 par le circuit intégré de référence LM 3916 N. La consommation en mode "barre" est de 0,09 A ; en mode "point" de 0,02 A.

(Pour diminuer la consommation, augmenter la valeur de la résistance R6.)

Stéphane Jouin

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

• Résistances 1/4 W 5 %

R1, R2, R3, R4 - 10 kΩ
R5 - 100 kΩ
R6 - 2,2 kΩ
R7 - 680 Ω
RV1 - résistance variable horizontale 500 kΩ

• Condensateurs

C1 - 100 nF/100 V plastique
C2 - 10 µF/16 V tantale goutte
C3 - 2,2 µF/16 V tantale goutte

• Semiconducteurs

D1 - 1N 4148
D2 à D11 - LED rouges ⌀ 3 mm
IC1 - TL 081
IC2 - LM 3915 (logarithmique)

• Divers

ME1 - micro-électret
CA1 - cavalier
Coupleur pile 9 V

ALP 503

AMPLI POLYVALENT

POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

Destiné aussi bien au home-studio qu'à la sonorisation amateur, cet amplificateur combo associe efficacité, compacité et polyvalence sans excès de complexité. Sa "modeste" puissance de 40 watts efficaces est largement compensée par l'exceptionnel rendement des haut-parleurs proposés (100 dB environ).

Bien plus qu'un amplificateur pour instrument, l'ALP 503 (Amplificateur Linéaire de Puissance de 40 W/3 entrées) offre, sous un volume compact de 80 litres, une grande fonctionnalité, en raison notamment de la présence d'un pupitre de mixage à 3 entrées. Sa conception a été guidée par un souci permanent d'accessibilité, tant au niveau du prix de revient que de la complexité : l'ensemble de la réalisation est intégrée sur une carte simple face unique dont la surface est inférieure à 1 dm² !

L'électronique réussit à se faire oublier vis-à-vis du câblage et de l'ébénisterie... d'autant plus que le circuit imprimé est disponible "prêt à câbler" pour les allergiques au perchlorure de fer.

PRESENTATION FONCTIONNELLE DE L'ALP 503

Le schéma fonctionnel de la figure 1 présente l'organisation interne de cette réalisation :

- un préamplificateur à transistors équipe indépendamment chaque entrée microphone, afin d'assurer au signal une immunité aux bruits optimale (ronflements en particulier) ;
- un étage mélangeur permet le mixage des trois sources, dont le niveau est réglable séparément ;
- enfin, un correcteur Baxandall simple, très efficace et dont le principe est universellement connu, précède l'amplificateur de puissance.

Notons la présence indispensable d'un réglage de volume général, qui autorise un réglage commode de la pression acoustique, sans dégrader l'équilibre des sources mixées.

LE PREAMPLIFICATEUR D'ENTREE A TRANSISTOR

Il est réalisé autour d'un BC550C (tableau 1), dont le facteur de bruit est excellent (3 nV/$\sqrt{Hz}$, difficile de trouver mieux !). Le schéma structurel d'un étage est indiqué en figure 2a. La

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff

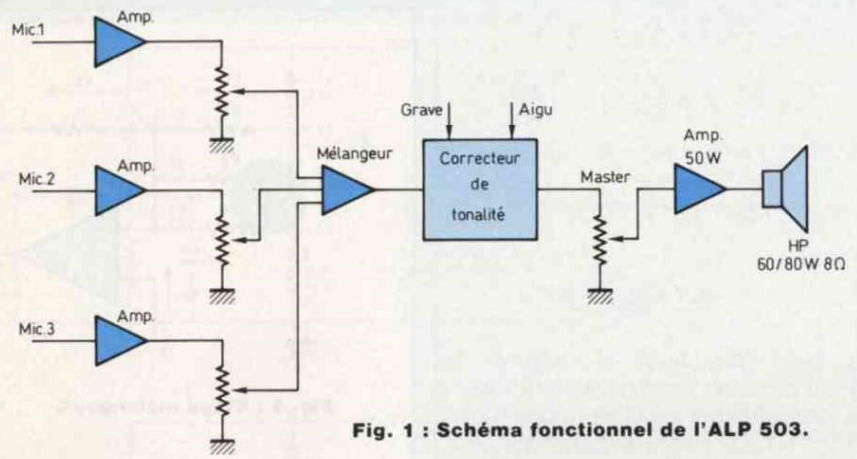


Fig. 1 : Schéma fonctionnel de l'ALP 503.

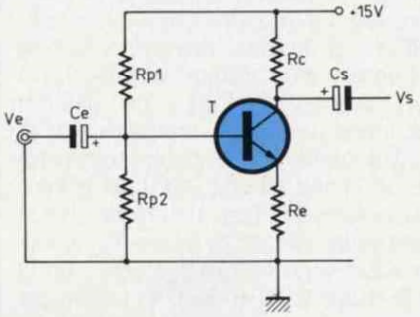


Fig. 2a : Schéma structurel d'un étage du préamplificateur d'entrée.

Réf NPN	Gain	Fmax	VCEm	Pmax
BC550C	450 ... 900	300	45	500
BC549C	450 ... 900	250	30	500
BC109C	450 ... 900	150	20	300

Signification du suffixe :
A : gain 125 ... 900
B : gain 240 ... 500
C : gain 450 ... 900

Tableau 1

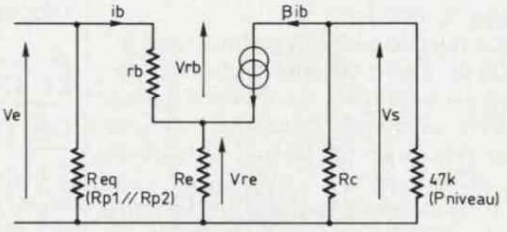


Fig. 2b : Schéma équivalent en alternatif.

structure a été simplifiée au maximum, de façon à limiter les détériorations du rapport signal/bruit et de l'attaque. La fréquence de transition du BC550 est de 300 MHz, ce qui garantit un temps de montée très faible.

Le schéma équivalent en alternatif du montage (proposé en figure 2b) permet de justifier pleinement la structure choisie : l'impédance d'entrée du montage est déterminée par Rp1, Rp2 et Re en parallèle. (Re constitue l'impédance équivalente entre la base du transistor et la masse.) En effet, l'alimentation est toujours considérée comme un court-circuit pour l'alternatif, en raison de la présence de condensateurs de découplage de forte valeur. Re est définie comme suit :

$$R_e = \frac{V_e}{i_b}$$

avec :

$$V_e = V_{rb} + V_{re} =$$

$$r_b.i_b + R_e.(\beta + 1)i_b$$

$$V_e = [r_b + R_e.(\beta + 1)].i_b$$

d'où :

$$R_e = r_b + R_e(\beta + 1)$$

L'impédance d'entrée sera proportionnelle au gain du transistor, qui est supérieur à 500 pour un BC550C. Avec les références proposées dans le tableau 1, l'impédance d'entrée du préamplificateur (Rp1 et Rp2 comprises) est de l'ordre de 40 kΩ, rb étant comprise entre 1 et 3 kΩ approximativement (donc négligeable). Le premier rôle de Re est donc de relever sensiblement l'impédance d'entrée du montage. Re intervient également dans l'amplification en tension, qui est déterminée ainsi :

$$A_v = \frac{V_s}{V_e}$$

avec :

$$V_s = -R_c.\beta i_b$$

$$V_e = r_b.i_b + (\beta + 1)R_e.i_b =$$

$$[r_b + (\beta + 1)R_e].i_b$$

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{-\beta.R_c}{r_b + (\beta + 1)R_e} =$$

$$= \frac{500 \times 10}{3 + 501 \times 0{,}33} = -\frac{5000}{168} = -30$$

$A_v = -30$: l'amplificateur déphase donc de 180°. Le gain obtenu n'est valable que lorsque l'impédance d'entrée de l'étage suivant est infinie. L'impédance de sortie est de l'ordre de Rc, soit 10 kΩ. Le mélangeur possède une impédance d'entrée de 40 kΩ environ, qui vient en parallèle sur Rc. La valeur réelle de la résistance de charge du préamplificateur est donc la suivante :

$$R_{c\ équ.} = R_c // 40\ k\Omega = 8\ k\Omega$$

On en déduit le gain réel Av :

$$A_v = -\frac{8 \times 500}{168} = -\frac{4000}{168} = -25$$

Av accuse une baisse sensible due à l'association des deux étages.

La simplicité de la structure employée apporte cependant un désagrément

que nous ne pouvons pas passer sous silence : la caractéristique d'un transistor étant loin d'être linéaire, son utilisation en boucle ouverte entraîne l'apparition d'un défaut de linéarité à haut niveau d'entrée : en limitant l'excursion de sortie à moins de 2 V et en alimentant le transistor sous une tension assez élevée (18 V), le défaut reste imperceptible à l'oreille. Nous avons testé cet étage avec des sources aussi variées que possible : de la B.A.R. Korg DDD-5 au DX11 Yamaha en passant par l'expandeur Roland MT32. En fait, il suffit de placer les sources MIDI à 50 % de leur niveau maximal de sortie pour obtenir pleinement satisfaction, avec encore une marge de réserve.

En ce qui concerne la guitare, la saturation peut être obtenue assez rapidement avec certains modèles de microphones à double bobinage, ce qui n'est pas pour déplaire à la majorité des utilisateurs.

Enfin, notre préamplificateur accepte très bien tout microphone dynamique à basse impédance, le niveau de sortie de ces sources restant très bas. Leur faible impédance (couramment 600 Ω) apporte une diminution sensible du bruit de fond à l'entrée.

LE MELANGEUR INTEGRE

C'est une structure classique, comme l'indique le schéma de la figure 3. V_S est déterminé simplement comme suit :

$$V_S = -\left[\frac{E1}{R1} + \frac{E2}{R2} + \frac{E3}{R3}\right].R'$$

En effet, le principe de base de l'AOP consiste à considérer que les potentiels des entrées inverseuses et non-inverseuses sont identiques, soit : $V_e^+ = V^-$ (fictivement). Ceci entraîne que V_e^- se retrouve au potentiel de la masse, avec les conséquences suivantes : E1 se retrouve aux bornes de R1, E2 aux bornes de R2, E3 aux bornes de R3 et V_S aux bornes de R'. Or le courant I dans R' correspond à la somme des courants d'entrée :

$$I = I1 + I2 + I3$$

avec $I = -\frac{V_S}{R'}$, soit $V_S = -(R'.I)$.

$$I1 = \frac{E1}{R1},\ I2 = \frac{E2}{R2} \text{ et } I3 = \frac{E3}{R3}$$

si : $R1 = R2 = R3 = R$: $-V_S =$

$$\frac{E1}{R} + \frac{E2}{R} + \frac{E3}{R} = \frac{E1 + E2 + E3}{R}$$

d'où :

$$V_S = -\frac{(E1 + E2 + E3)R'}{R}$$

On peut envisager d'équilibrer le niveau de sources d'origines différentes, en jouant sur les valeurs des résistances R1 à R3, l'amplification de chaque source "n" étant définie par le rapport $\frac{R'}{R_n}$.

LE CORRECTEUR DE TONALITE

Il comporte 4 fréquences charnières : elles délimitent la plage de spectre pour laquelle chacun des deux réglages (grave et aigu) est actif (figure 4). F_L, qui représente la fréquence pour laquelle l'efficacité dans le grave est maximum, est défini comme suit :

$$F_L = \frac{1}{2\pi P4.C9} =$$

$$\frac{1}{6{,}28 \times 100.10^3 \times 47 \times 10^{-7}} \# 33 \text{ Hz}$$

La limite d'influence du correcteur de grave est déterminée par F_{LH}.

$$F_L = \frac{1}{2\pi R17.C9} =$$

$$\frac{1}{6{,}28 \times 10^4 \times 47 \times 10^{-7}} \# 340 \text{ Hz}$$

De la même façon, la correction des aigus est située entre la limite basse F_{HB} et F_H qui représente la fréquence pour laquelle l'efficacité est maximale :

$$F_{HB} = \frac{1}{2\pi(R17 + R18 + 2.R21)C10} =$$

$$\frac{1}{6{,}28 \times 37{,}9 \times 10^3 \times 4{,}7 \times 10^{-7}} \# 900 \text{ Hz}$$

$$F_H = \frac{1}{2\pi R18.C10} =$$

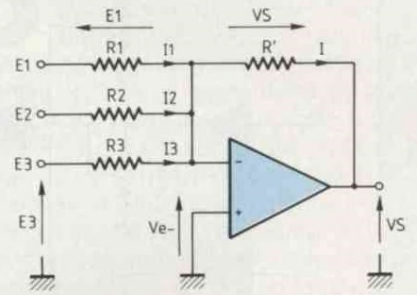


Fig. 3 : Etage mélangeur.

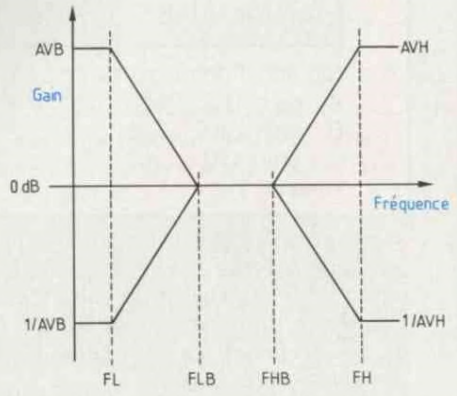


Fig. 4 : Efficacité du correcteur.

$$\frac{1}{6{,}28 \times 3{,}9 \times 10^3 \times 4{,}7 \times 10^{-7}} \# 9 \text{ kHz}$$

L'efficacité maximale obtenue aux extrémités du spectre est de ± 20 dB dans les basses et ± 12 dB dans les aigus, le gain de l'étage étant unitaire entre 340 et 900 Hz. Notons que pour garantir ces spécifications, P5 doit être choisi très supérieur aux valeurs de résistances du correcteur : un potentiomètre de 470 kΩ fera parfaitement l'affaire. Le schéma structurel complet du préamplificateur est indiqué en figure 5 : les composants actifs

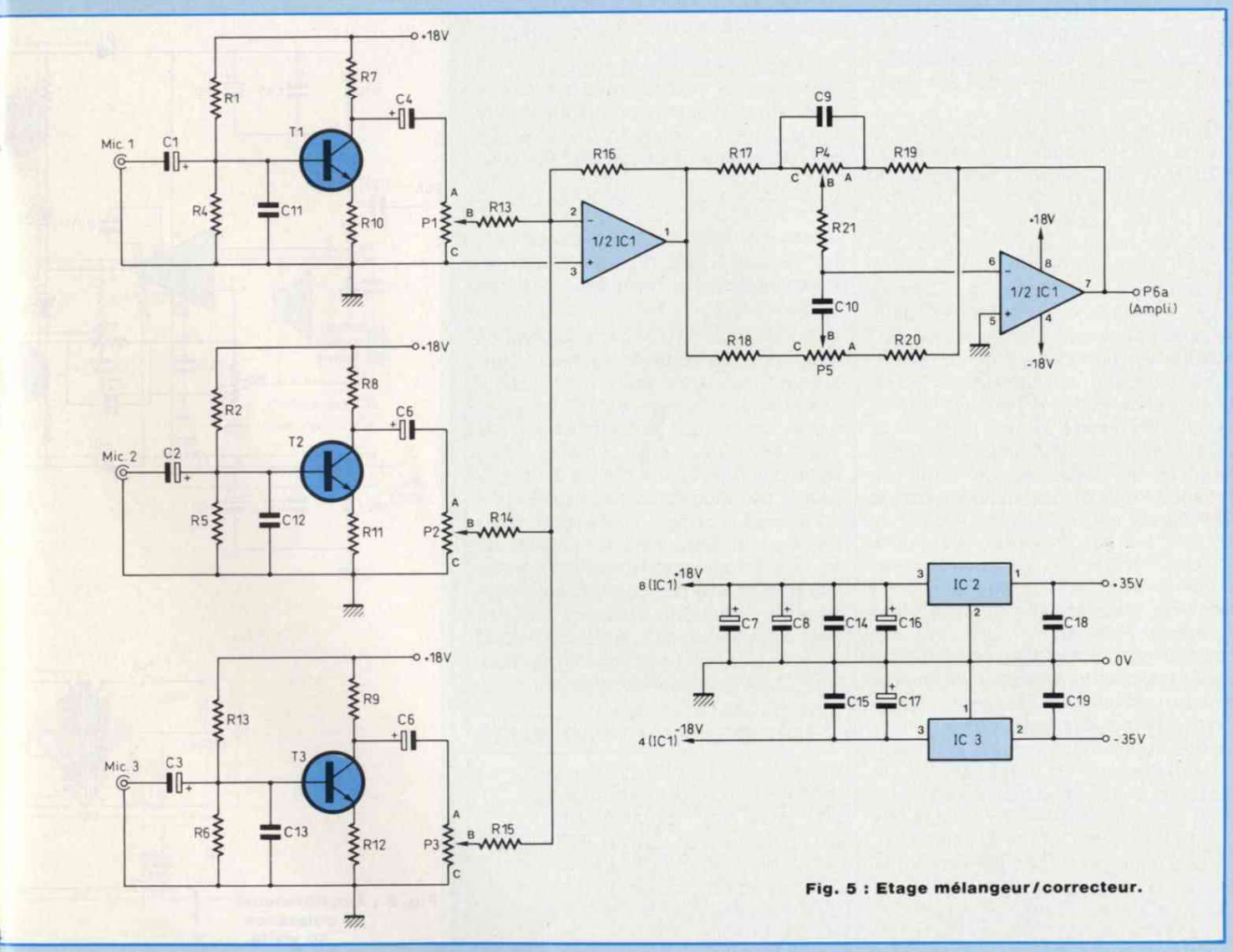


Fig. 5 : Etage mélangeur/correcteur.

sont alimentés sous une tension régulée de ± 18 V, chaque étage étant parfaitement découplé par un condensateur.

L'AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

Le schéma structurel de la figure 6 diffère sensiblement de tout ce qui est courant de rencontrer dans ce domaine : un amplificateur opérationnel unique est chargé de commander l'étage push-pull de puissance, constitué par deux darlingtons complémentaires. L'environnement extérieur n'est là que pour "affiner" les caractéristiques déjà honorables de cet amplificateur dépouillé. En fait, c'est une structure classique dans le domaine des faibles puissances (amplificateur de lignes, sorties casques, adaptation d'impédance...) mais difficilement accessible aux puissances élevées en raison des limitations technologiques des amplificateurs opérationnels courants. Les composants adaptés sont rares, coûteux et, bien souvent, réservés à l'usage des professionnels (lois du marché obligent !).

Nous en avons toutefois déniché un qui a déjà été mis à l'épreuve dans notre amplificateur 2 × 35 W en classe A (onéreux certes, mais ô combien prestigieux !) : le LM344 supporte une alimentation symétrique de ± 34 V et possède un slew-rate de 30 V/µs !! Nous l'avons cependant rabaissé de façon à garantir à l'amplificateur un maximum de stabilité, avec le condensateur de compensation externe C21. Le cliché n° 1 illustre ce qui risque

d'arriver si la valeur de C21 est trop basse : une oscillation parasite apparaît au voisinage de la puissance nominale de fonctionnement de l'amplificateur.

Le gain en tension de l'étage de puissance est déterminé par le rapport R25/R24. On notera la présence du réseau [Rx-Cx] dans la contre-réaction de l'amplificateur : c'est un filtre d'accentuation du haut du spectre (dont l'efficacité dépend de la valeur de Cx), qui n'est à câbler que dans le cas d'utilisation d'un boomer seul. Ainsi, on peut économiser le prix d'un tweeter en prolongeant sensiblement la réponse du haut-parleur de grave. En outre, on évite les risques de destruction du tweeter qui est l'élément le plus fragile de la structure. La fréquence de transition du filtre de préaccentuation est donnée par la relation suivante :

$$F_T = \frac{1}{2\pi R x C x}$$

avec Rx = 12 kΩ et Cx compris entre 470 pF et 1,8 nF.

Les éléments Rx et Cx seront définis expérimentalement selon votre appréciation personnelle. Toutefois, signalons que ce dispositif entraîne une légère augmentation de la distorsion de croisement. En effet, D3 et D4 n'assurent que la compensation partielle des V_{BE} de T4 et T5, le LM344H étant chargé de corriger la différence. La présence de Cx, en accentuant le temps de réaction du circuit, limite sa capacité à corriger les seuils des darlingtons. Le cliché n° 2 présente la distorsion de croisement dans le pire des cas, pour Cx = 2,2 nF et $V_S = \frac{2V_{CC}}{10\ kHz}$.

A 1 kHz, les effets néfastes de Cx sont encore bien visibles à faible niveau (cliché n° 3), c'est pourquoi on limitera Cx à 1,8 nF au maximum. En l'absence de ce condensateur (cliché n° 4 : $V_S = \frac{2V_{CC}}{1\ kHz}$), la distorsion de croisement reste imperceptible à l'oreille.

Le réseau R22-C22, très classique, évite tout risque d'oscillation HF en sortie.

L'alimentation ± 35 V est simplifiée au maximum, les régulateurs haute tension de puissance étant assez chers et injustifiés pour la puissance relativement basse qui est demandée ici (<50 W). On s'est contenté d'un redresseur associé à deux condensateurs de stockage de 10 000 µF/40 V. Par contre, il est préférable d'isoler l'alimentation du LM344 de façon à atténuer sensiblement l'ondulation résiduelle des condensateurs de filtrage. Cette condition est assurée par les réseaux [D1, R28, C23, C25] pour la source positive et [D2, R23, C24, C26] pour la source négative.

CHOIX DES HAUT-PARLEURS

Nous avons axé la réalisation sur un kit de chez Bluesound référencé Pro-12/202, d'un bon rapport qualité/prix. Il est composé d'un boomer BST/100 W (≃ 100 dB/1 W/1 m !) de 31 cm et d'un tweeter piezoélectrique Motorola, qui sera câblé directement en parallèle sur le boomer. Cp n'est donc pas indispensable puisque l'impédance

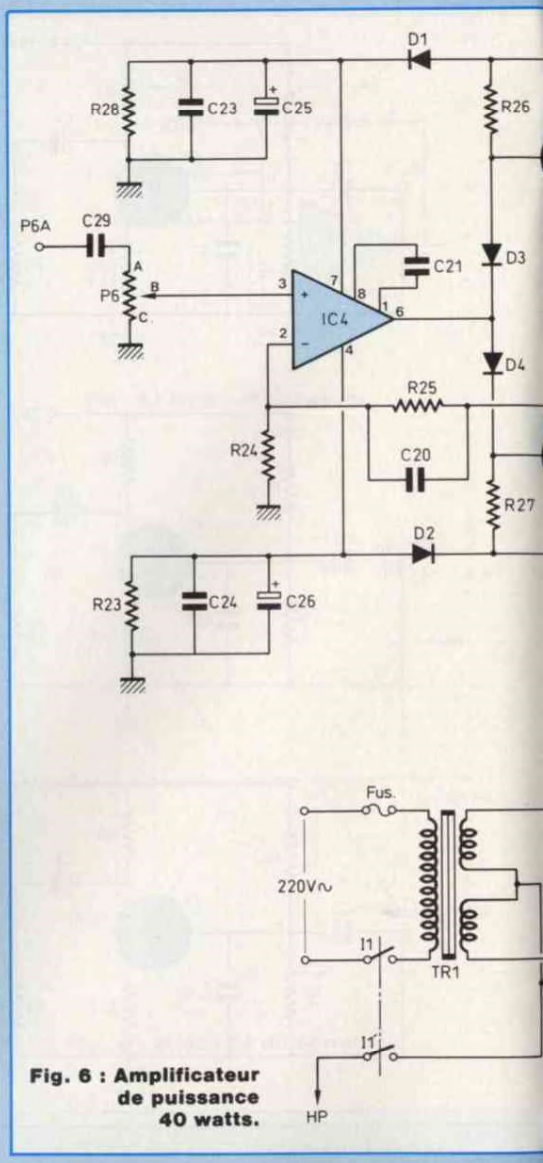
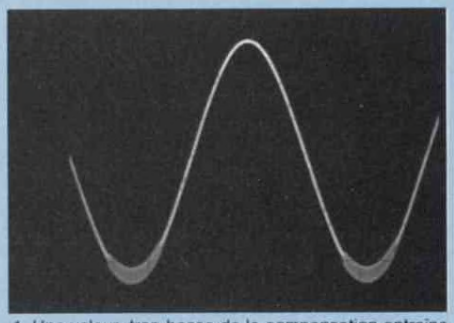
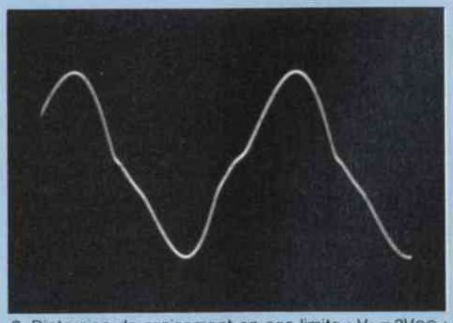


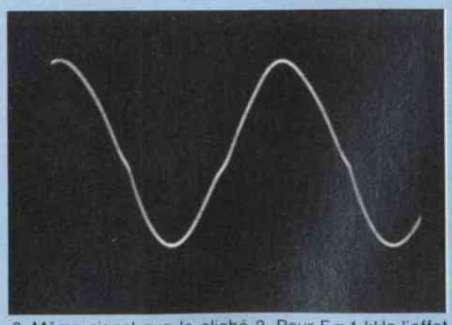
Fig. 6 : Amplificateur de puissance 40 watts.



1. Une valeur, trop basse de la compensation entraîne l'apparition d'une oscillation parasite à niveau élevé.

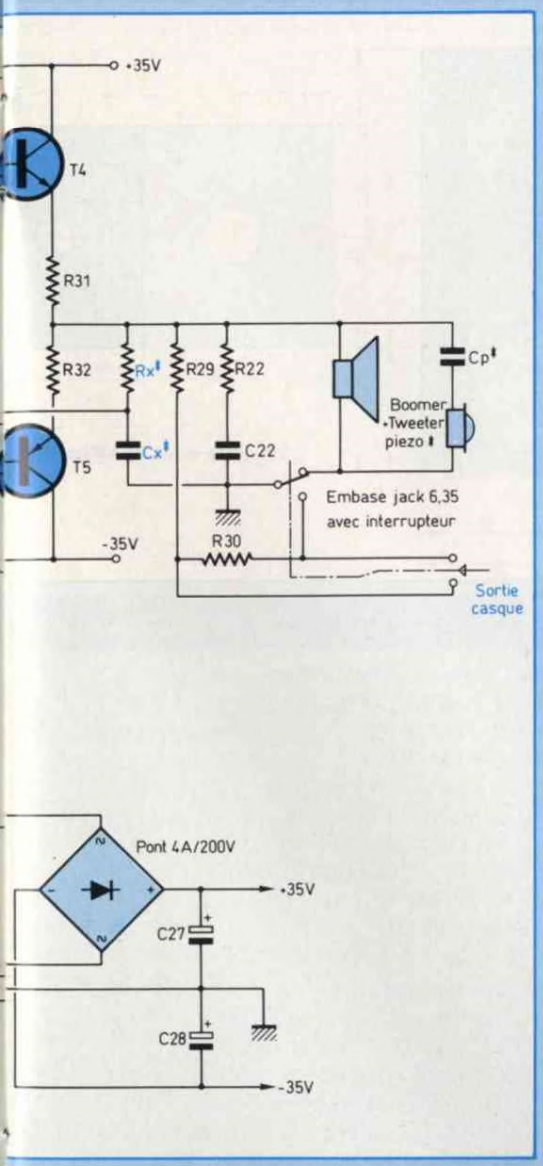


2. Distorsion de croisement en cas limite : $V_S = 2V_{CC}$; F = 10 kHz ; Cx = 2,2 nF.



3. Même signal que le cliché 2. Pour F = 1 kHz l'effet de Cx est moins sensible, mais encore non négligeable.

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff



d'un transducteur piezo augmente dans les basses fréquences.
Ce choix n'interdit pas d'envisager l'excellent couple G12-60 et HF50 de chez Celestion, qui occasionne cependant une dépense supplémentaire non négligeable. Notons que le HF50 doit être câblé avec Cp, à moins d'utiliser le modèle HFX50 déjà filtré.

La présence d'une sortie casque, non indispensable, apportera un confort appréciable en appartement. Il faudra cependant se procurer une embase jack 6,35 mm dotée d'un contact à interrupteur permettant de couper les haut-parleurs lors de l'introduction de la fiche du casque.

REALISATION DE LA PARTIE ELECTRONIQUE

Pour simplifier la fabrication au maximum, nous avons regroupé l'électronique sur une carte unique de dimension raisonnable (surface inférieure à 1 dm²). En sont exclus le transformateur, les transistors de puissance montés sur radiateur, le pont redresseur et les condensateurs de filtrage. Ces éléments seront fixés directement au fond du boîtier par tout moyen à votre convenance (vis, collier, collage à chaud...).

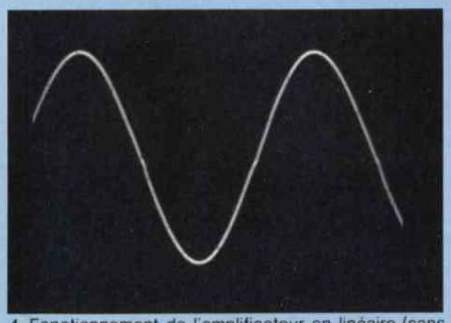
L'implantation et le tracé des pistes sont indiqués en figures 7a et 7b. Au moins pour les essais, on équipera le LM344 (IC4) d'un support 8 broches. C'est la raison pour laquelle nous avons prévu une implantation comportant deux rangées de 4 broches alors que le LM344 est livré en boîtier cylindrique avec une répartition circulaire des broches.
Les régulateurs IC2 et IC3 ne seront pas à équiper d'un radiateur, étant donné la faible consommation du préamplificateur. Notons que la tension de service de 18 V des régulateurs n'a pas été choisie au hasard : en effet, IC1 ne supporterait pas une différence de potentiel supérieure (surtout si vous vous contentez d'un TL081), alors que des régulateurs de valeur plus faible ne résisteraient pas aux ±35 V auxquels ils seraient soumis.

Avant de câbler les éléments extérieurs au circuit, il est préférable de réaliser au moins la partie frontale de l'ébénisterie sur laquelle viennent se fixer les haut-parleurs et la face avant qui comporte jacks et potentiomètres.

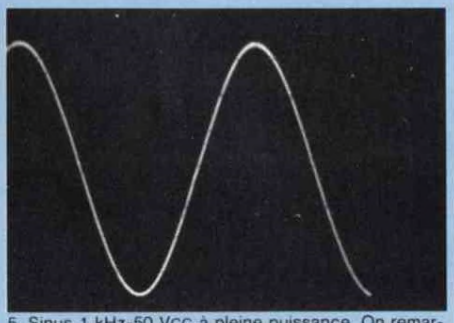
Le plan de perçage de la face avant est indiqué en figure 8a, la sérigraphie en figure 8b ; elle sera réalisée de préférence en matériau synthétique (plexiglass, époxy...) de façon à éviter les boucles de masse. En figure 8c, vous trouverez le plan de perçage de la face arrière supportant l'interrupteur M/A, le porte-fusible et le passe-fil du câble secteur.

REALISATION DE L'EBENISTERIE

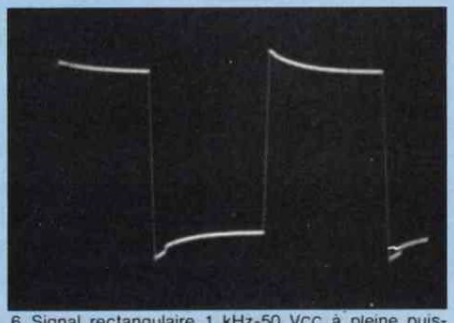
Les différents éléments de l'enceinte sont à réaliser en novopan à très forte densité de 19 mm d'épaisseur. Le tableau 2 résume tous les éléments du coffret, référencés chacun par un numéro. De nombreux revendeurs de



4. Fonctionnement de l'amplificateur en linéaire (sans Cx), la distorsion de croisement résiduelle reste apparente à très bas niveau (Vs = 2VCC, 1 kHz).



5. Sinus 1 kHz-50 VCC à pleine puissance. On remarque l'apparition de la H.F. sur l'alternance négative.



6. Signal rectangulaire 1 kHz-50 VCC à pleine puissance : la puissance efficace délivrée par l'amplificateur est de l'ordre de 80 W !

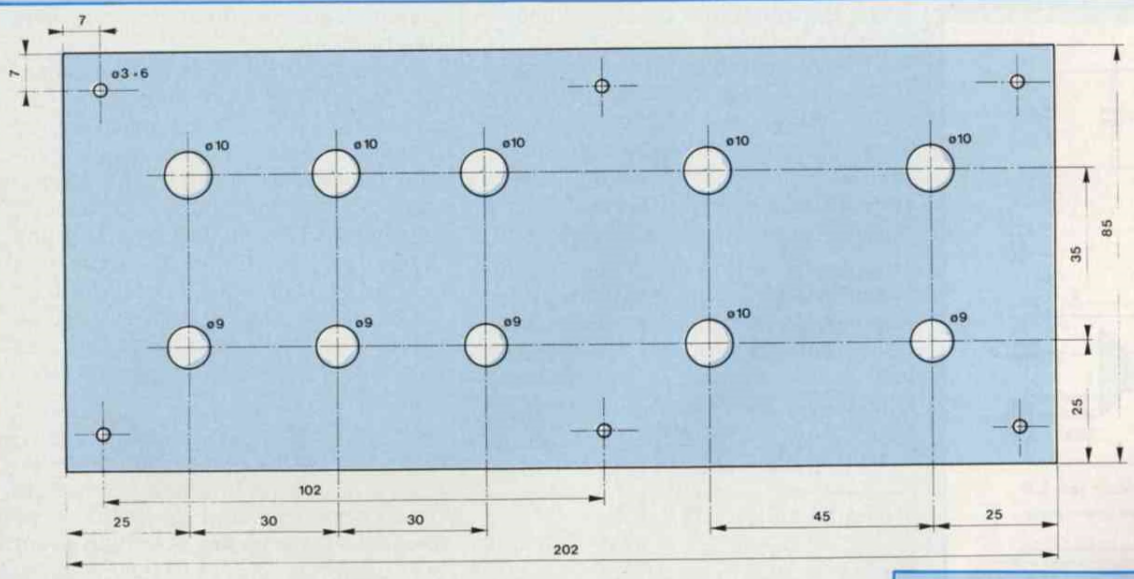


Fig. 8A : Plan de perçage de la face avant.

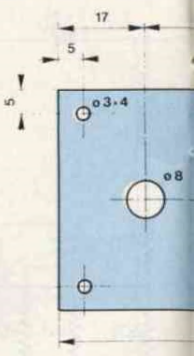


Fig. 8C :

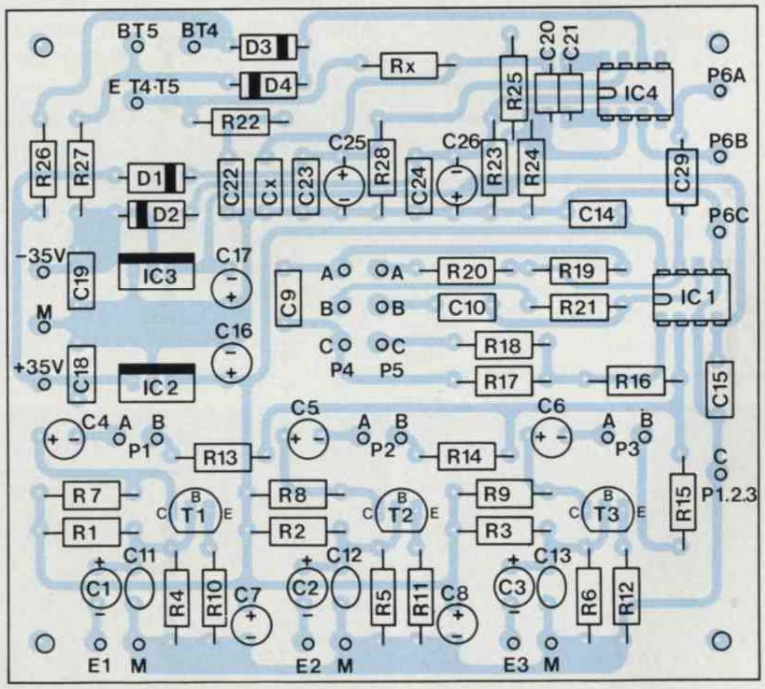


Fig. 7A : Implantation de l'ALP 503.

NOMENCLATURE

• Composants actifs

IC1 - NE5532 (TL082)
IC2 - LM7818
IC3 - LM7918
IC4 - LM344H
2 supports 8 broches
D1 à D4 - 1N4007
T1 à T3 - BC550C/BC549C
T4 - BDX67C
T5 - BDX66C
Pd - pont 4 A/200 V

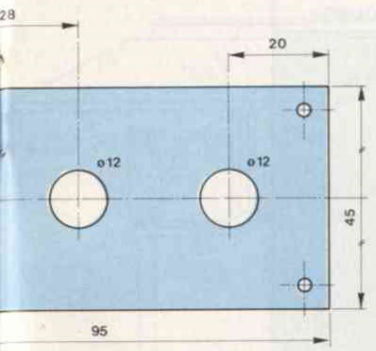
• Condensateurs

C1 à C6 - 2,2 µF/radial/63 V
C7, C8 - 10 µF/radial/63 V
C9 - 47 nF/plastique
C10 - 4,7 nF/plastique
C11 à C13 - 100 pF/céramique
C14, C15 - 100 nF/plastique
C16, C17 - 10 µF/radial/63 V
C18, C19 - 100 nF/plastique
C20 - 100 pF/céramique
C21 - 47 pF à 56 pF/céramique*
C22 à C24 - 100 nF/plastique
C25, C26 - 100 µF/40 V/radial
C27, C28 - 10 000 µF/40 V (à cosses)
Cx - 470 pF à 1,8 nF*
Cp - 2,2 µF à 4,7 µF/non polarisé/100 V
C29 - 1 µF/non polarisé/100 V

• Résistances

R1 à R3 - 820 kΩ
R4 à R6 - 51 kΩ
R7 à R9 - 10 kΩ

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff



Perçage de la face arrière.

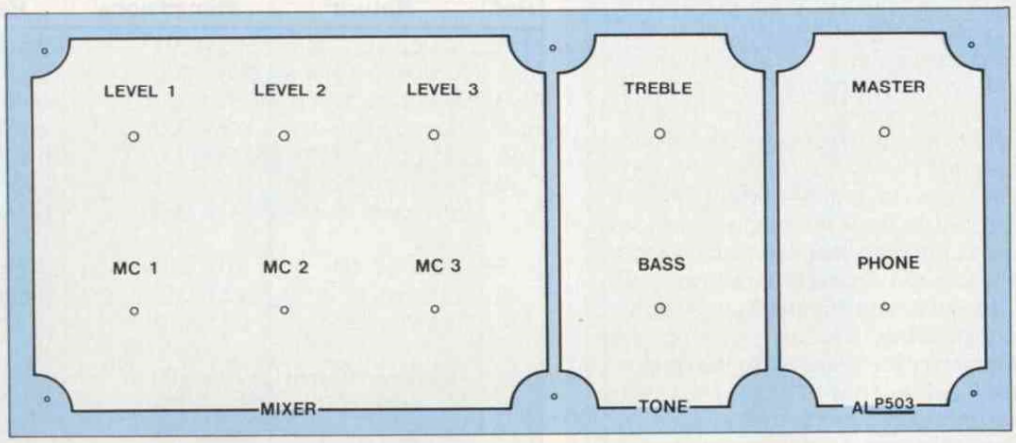


Fig. 8B : Sérigraphie de la face avant.

DES COMPOSANTS

R10 à R12 - 330 Ω
R13 à R15 - 100 kΩ
R16 - 470 kΩ
R17 - 10 kΩ
R18, R19 - 10 kΩ
R20 - 10 kΩ
R21 - 12 KΩ
Rx - 12 kΩ
R22 - 10 Ω/1 W
R23, R24 - 10 kΩ
R25 - 68 kΩ
R26 à R28 - 10 kΩ
R29 - 1 kΩ
R30 - 100 Ω
R31, R32 - 0,47 Ω/5 W

• Potentiomètres

P1 à P3 - 47 kΩ/B
P6 - 10 kΩ/B
P4 - 100 kΩ/A
P5 - 470 kΩ/A

• Divers

Radiateur TO3 × 2 grand modèle (<2° C/W)
4 plaquettes mica isolantes pour TO3 + canons isolants
Fusible 1 A rapide
Porte-fusible pour châssis
Interrupteur 1 A/250 V/ 2 circuits-2 positions (robuste)
TR1 - transformateur 220 V/ 2 × 24 V - 3 A (150 VA)
H.P. (boomer, tweeter) - voir texte
6 boutons pour potentiomètres
3 embases jacks 6,35 mm mono
1 embase jack 6,35 mm stéréo avec commutation interne

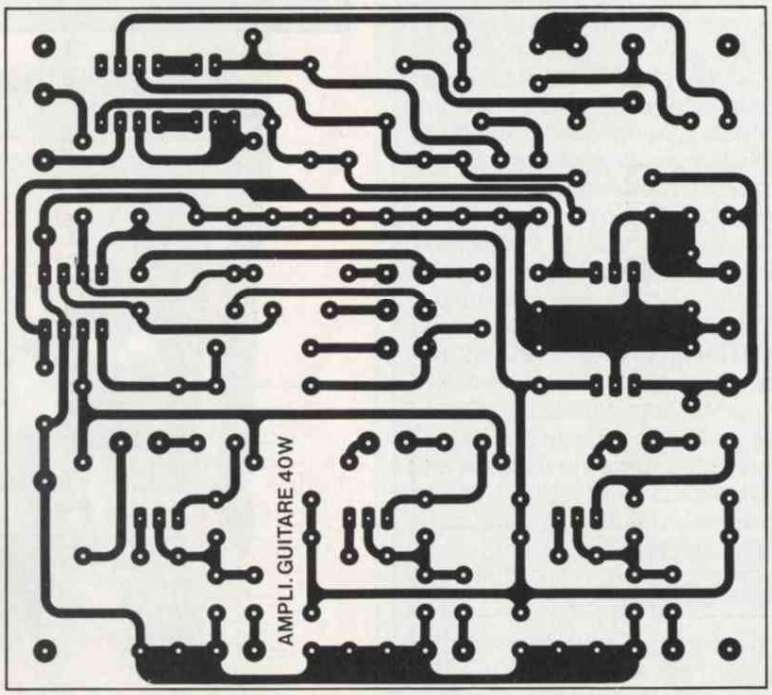


Fig. 7B : Tracé des pistes de l'ALP 503.

matériaux effectuent la découpe des panneaux sur place, ce qui leur assure une parfaite régularité des bords. Le plan d'assemblage de la figure 9 devrait vous permettre de mener à bien cette partie délicate. L'ordre d'assemblage à respecter est indiqué ci-dessous :

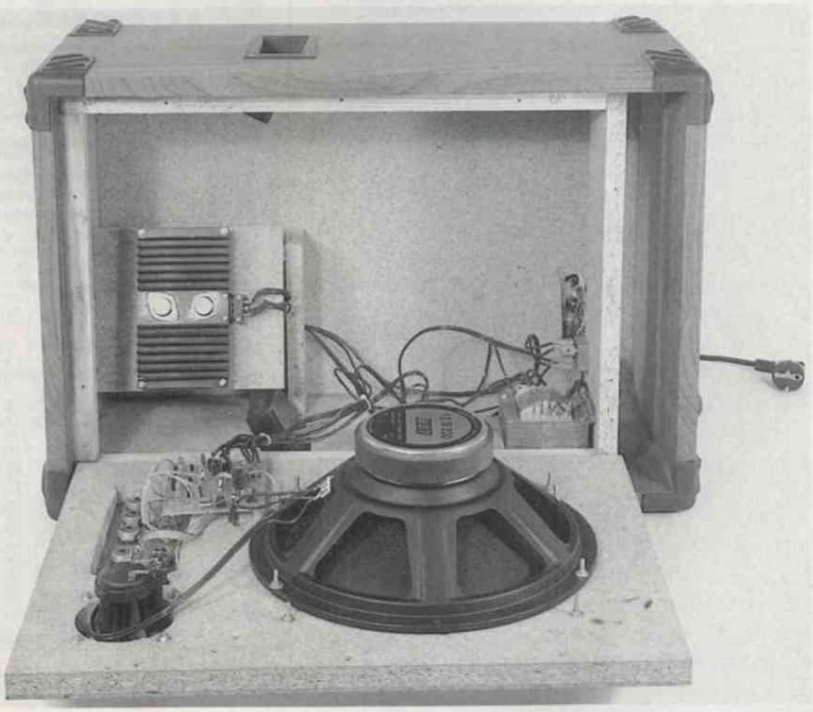
1. Découper la partie frontale 7, les côtés 2 et 5 (pour les poignées) et le panneau arrière 1 selon les indications fournies sur la figure 9. Les cotes de perçage des haut-parleurs correspondent au kit Pro-12/202.
2. Assembler par vis et colle les quatre côtés 2 à 5.
3. Assembler le fond arrière 1 et le panneau d'évent 6 de la même façon.
4. Ajuster ensemble par vis (sans collage) les trois panneaux constituant le couloir d'aération du radiateur (11-12-13). Monter le radiateur doté des deux darlingtons, isolés galvaniquement par des plaquettes de mica. La liaison thermique sera assurée par l'application de graisse silicone entre la semelle des darlingtons, la plaquette de mica et le radiateur de résistance thermique inférieure ou égale à 2° C/W (figure 13).
5. Préparer et assembler définitivement les tasseaux de fixation de la partie frontale (qui ne sera maintenue que par vis, sans collage, afin de permettre d'éventuelles interventions de maintenance).
5. On peut alors effectuer l'habillage de l'ébénisterie qui est laissé à votre appréciation : peinture vinylique noire mate, revêtement skaï ou plaquage bois. On dotera, dans tous les cas, le coffret de coins plastiques ou métalliques de protection. Veillez à placer une grille ⌀ 30 cm devant le haut-parleur, qui est l'élément le plus vulnérable aux chocs.

CABLAGE GENERAL DE L'AMPLIFICATEUR

Le plan de câblage de la face avant est indiqué en figure 10.
Si la face avant est réalisée en matériau conducteur (aluminium, tôle...), il est préférable d'utiliser des embases

Réf.	Nature	Dimensions	Remarques
1	Novopan 19 mm	580 × 391	fond arrière
2	Novopan 19 mm	580 × 300	côté gauche
3	Novopan 19 mm	580 × 300	côté droit
4	Novopan 19 mm	429 × 300	dessus
5	Novopan 19 mm	429 × 300	dessous
6	Novopan 19 mm	110 × 391	panneau d'évent
7	Novopan 19 mm	530 × 390	panneau avant
8	Tasseau pin	25 × 510	fixation
9	Tasseau pin	25 × 342	panneau
10	Tasseau pin	25 × 510	avant
11	Novopan 19 mm	170 × 200	caisson
12	Novopan 19 mm	200 × 65	de
13	Novopan 19 mm	189 × 65	ventilation
14	Kit Pro-12/202	⌀ 30 cm-100 W (2 voies)	distribué par Blue-Sound. Tél. 16-1/45.88.08.08
15	Grille protection	⌀ 31 cm	pour le boomer
16	Pattes fixation	40 × 20 (× 4)	fixation grille
17	Coins de protec.	80 × 50 (× 8)	plastiques
18	Poignées	135 × 70 (× 2)	plastiques
19	Vis à bois	35 × 4 (× 50)	tête fraisée
20	Colle à bois	500 g environ	prise normale

Tableau 2



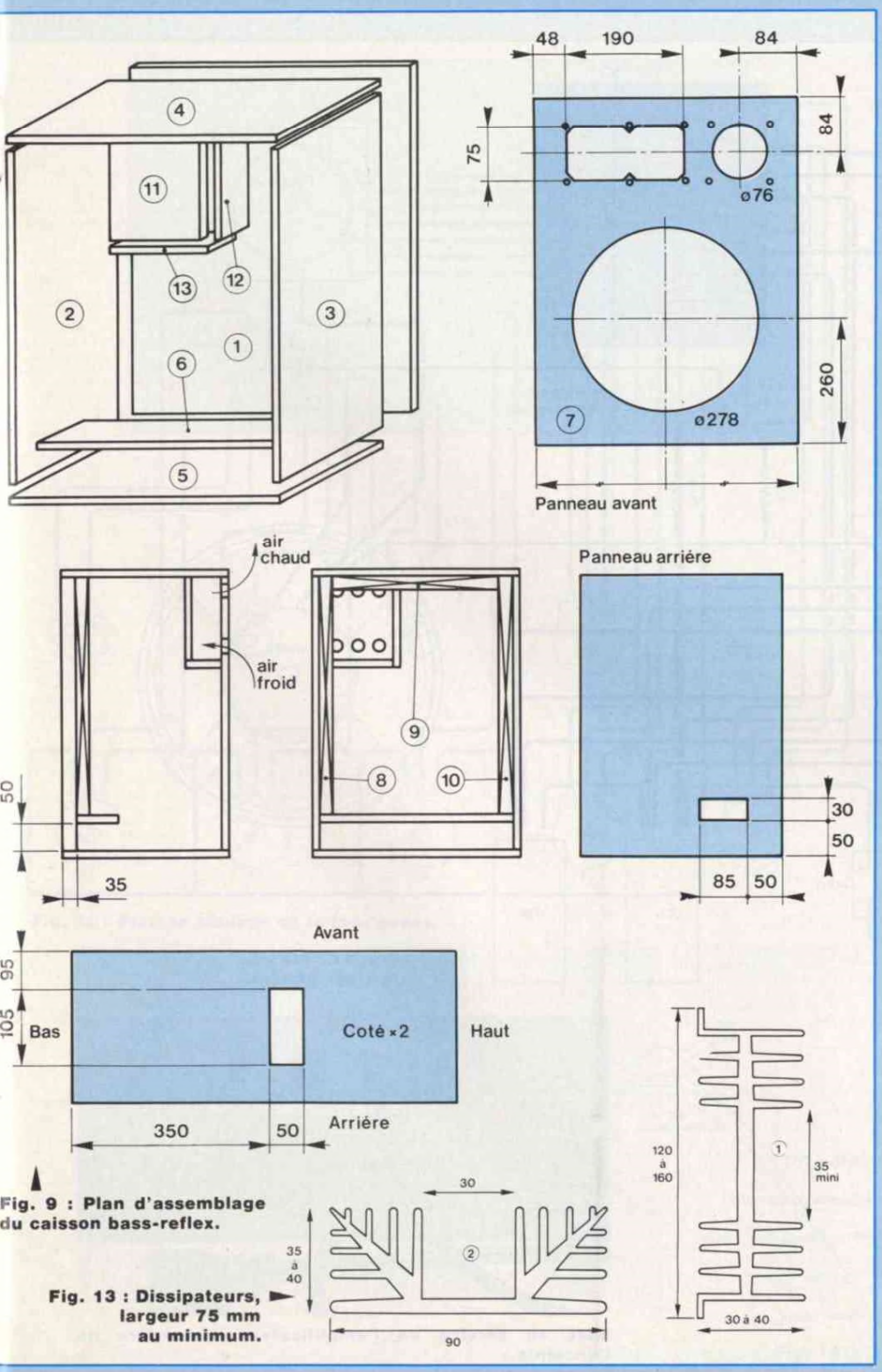


Fig. 9 : Plan d'assemblage du caisson bass-reflex.

Fig. 13 : Dissipateurs, largeur 75 mm au minimum.

jacks isolées pour les entrées micro et la sortie casque.

Le châssis des potentiomètres sera relié à la masse générale de l'alimentation, en soudant directement un fil souple sur chacun d'eux.

Le plan de câblage général, indiqué en figure 11, nécessite quelques commentaires particuliers :

- au niveau du câblage de la prise casque, l'embase jack doit être stéréo afin de s'adapter à tous les types de casques. L'amplificateur étant monophonique, on reliera ensemble les deux voies gauches et droites par un strap. L'insertion de la fiche du casque doit couper le haut-parleur interne. Il faut donc que l'embase soit munie d'un interrupteur à contact fermé au repos.

Si l'interrupteur de l'embase est indépendant du circuit de sortie, on câblera la prise casque comme indiqué sur le schéma structurel de la figure 6. Si, au contraire, il est inséré dans l'une des sorties actives de l'embase, on suivra les indications du plan de câblage de la figure 12.

- Ne pas oublier d'insérer les résistances R31 et R32 sur les émetteurs de T4 et T5, au niveau du radiateur.
- L'interrupteur marche/arrêt est un modèle à double circuit indépendant : le premier coupe la tension secteur, tandis que le second isole instantanément les haut-parleurs à la mise hors tension, avant que les condensateurs de l'alimentation n'aient eu le temps de se décharger dans ceux-ci. C'est le moyen le plus simple et efficace pour supprimer tout désagréable "cloc" à la mise hors tension. Notons que notre amplificateur, de par sa conception, ne fait aucun bruit à la mise sous tension. Cependant, il est important d'isoler chacune des broches de l'interrupteur avec une gaine thermo-rétractable. Il est même souhaitable de stabiliser l'ensemble des connexions avec une résine quelconque (joint silicone, pistolet à colle...). En effet, toute liaison accidentelle entre le réseau secteur et la masse du montage serait destructive pour le matériel et périlleux pour les utilisateurs.

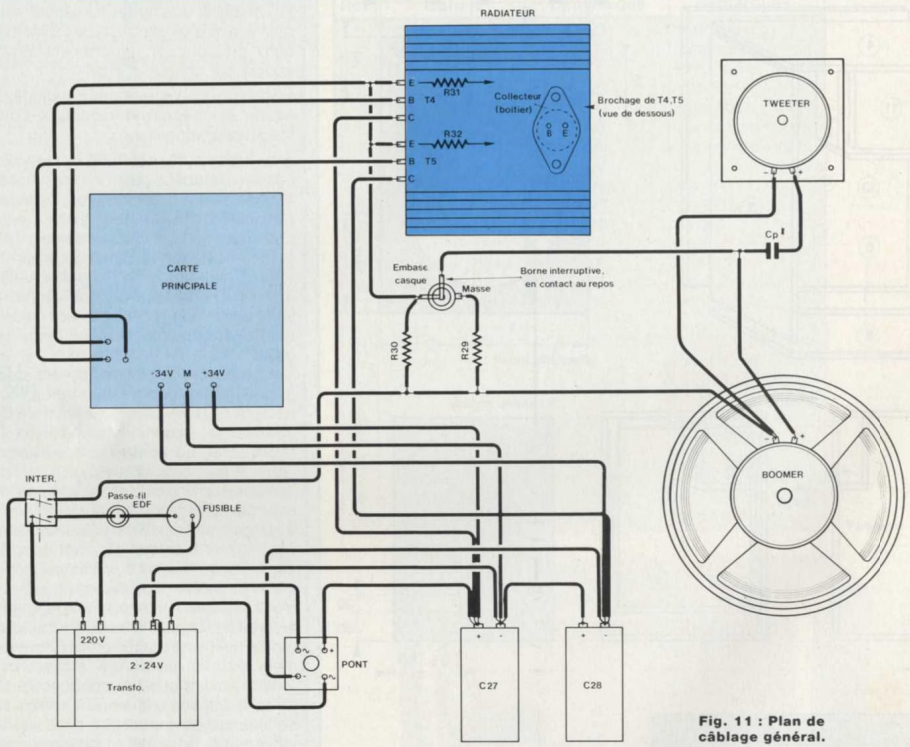


Fig. 11 : Plan de câblage général.

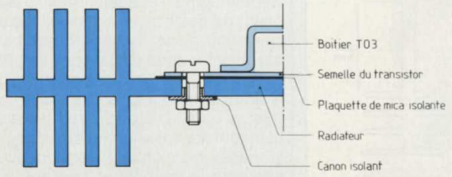
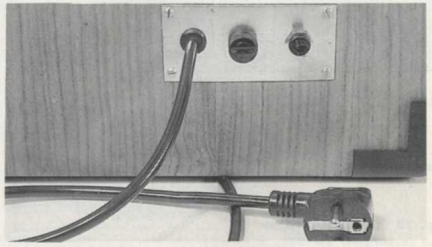


Fig. 12 : Fixation des transistors.



Mise en service de l'amplificateur à l'arrière de l'enceinte.

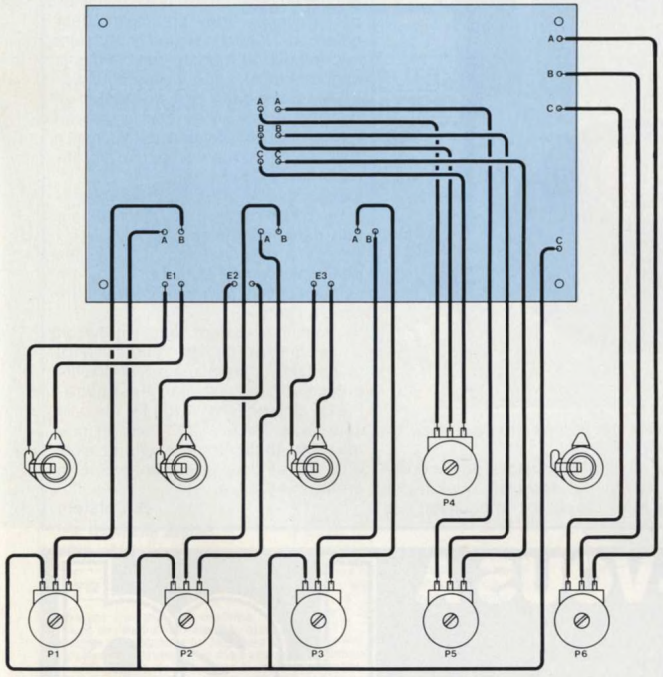


Fig. 10 : Plan de câblage de la face avant.

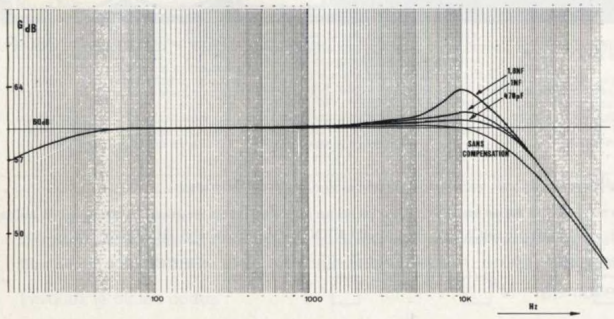


Fig. 14

MISE EN ROUTE ET ESSAIS

Après avoir câblé l'alimentation, vérifier la présence des tensions continues de ± 35 V environ. Le circuit imprimé câblé également, on vérifiera la présence des tensions ± 34 V et ± 18 V sur les broches correspondantes des circuits intégrés, qui ne seront implantés qu'après coup.

Placer les potentiomètres de niveau au minimum, les réglages de tonalité en position intermédiaire (c'est dans cette position que la réponse en fréquence est linéaire et que les corrections sont sans effet) : on ne doit entendre qu'un (très) léger souffle sur les haut-parleurs.

Augmenter progressivement le niveau général, puis les niveaux d'entrée : le souffle doit augmenter sensiblement et un léger ronflement peut se faire entendre si les jacks sont déconnectés ou les connexions trop longues. On peut alors tester l'ampli et vérifier l'efficacité du correcteur en connectant une source sur chacune des entrées E1 à E3, alternativement.

Si tout se passe bien, il ne vous reste plus qu'à profiter de votre nouvel équipement !

Dans le cas contraire, vérifier les alimentations, le câblage, les soudures et le tracé des pistes (coupures ou court-circuits). Il ne faut surtout pas oublier de relier les deux émetteurs E1 et E2 de T4 et T5 ensemble et d'isoler les transistors l'un par rapport à l'autre sur le radiateur à l'aide de canons isolants et d'une feuille de mica (figure 12).

BILAN D'EXPERIMENTATION

On a mesuré une puissance minimale de 40 W à 1 kHz avant écrêtage. La réponse en fréquence de l'amplificateur est indiquée en figure 14, pour différentes valeurs de Cx et à 50 % de la puissance nominale. Les relevés ont été effectués avec les potentiomètres de correction en position médiane.

La bande passante de la partie élec-

RADIATEUR
E
B T4
C
R31
Collecteur (boitier)
Brochage de T4,T5 (vue de dessous)
B E
E
B T5
C
R32
TWEETER
Cp
CARTE PRINCIPALE
Embase casque
Borne interruptive, en contact au repos
Masse
R30
R29
-34V M +34V
BOOMER
INTER.
Passe-fil EDF
FUSIBLE
220V
2 × 24V
Transfo.
PONT
C27
C28

Fig. 11 : Plan de câblage général.

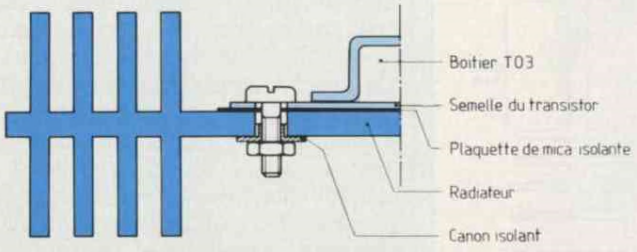
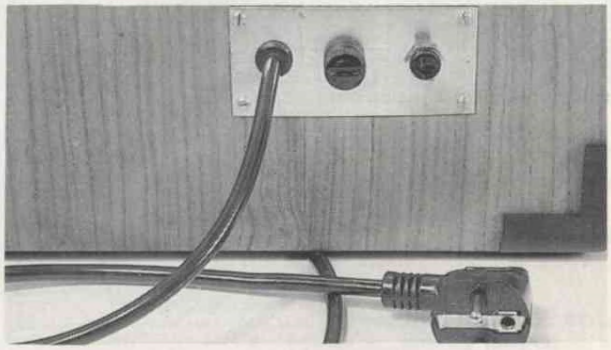


Fig. 12 : Fixation des transistors.



Mise en service de l'amplificateur à l'arrière de l'enceinte.

AMPLIFICATEUR COMBO DE 40 W eff

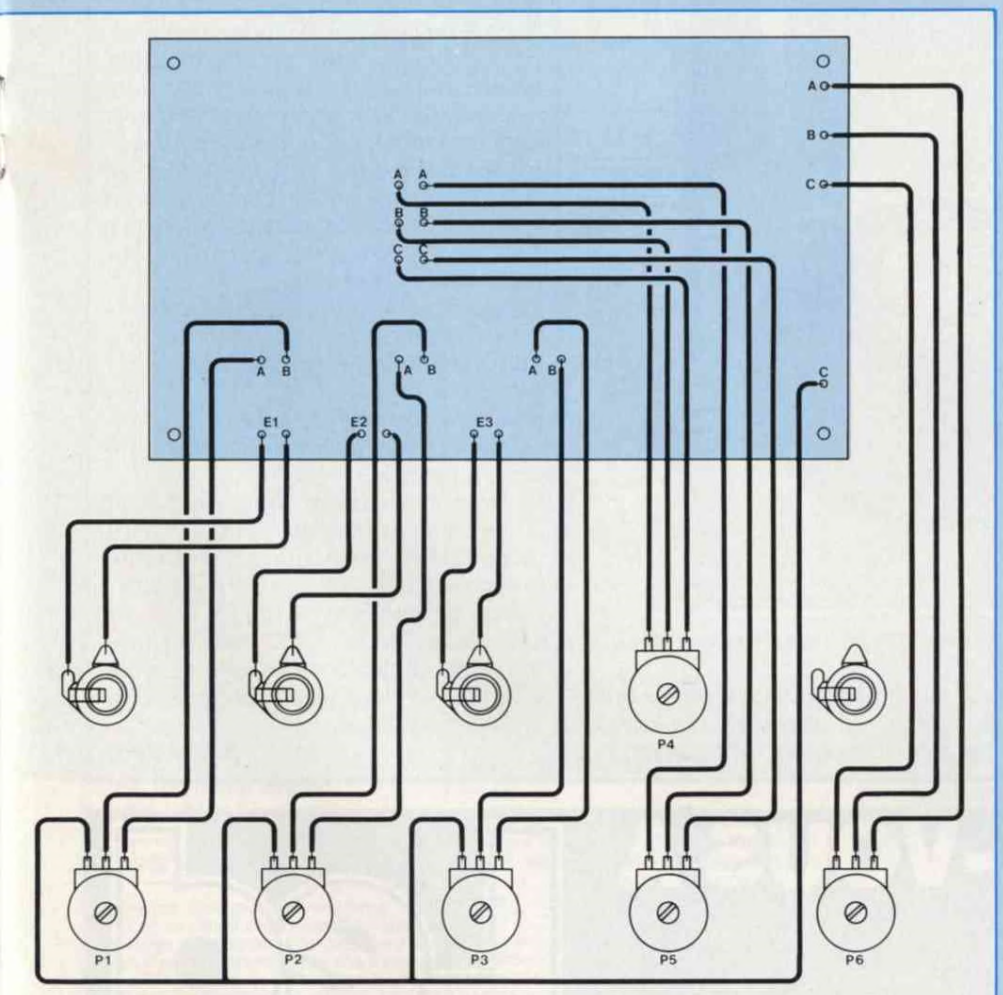


Fig. 10 : Plan de câblage de la face avant.

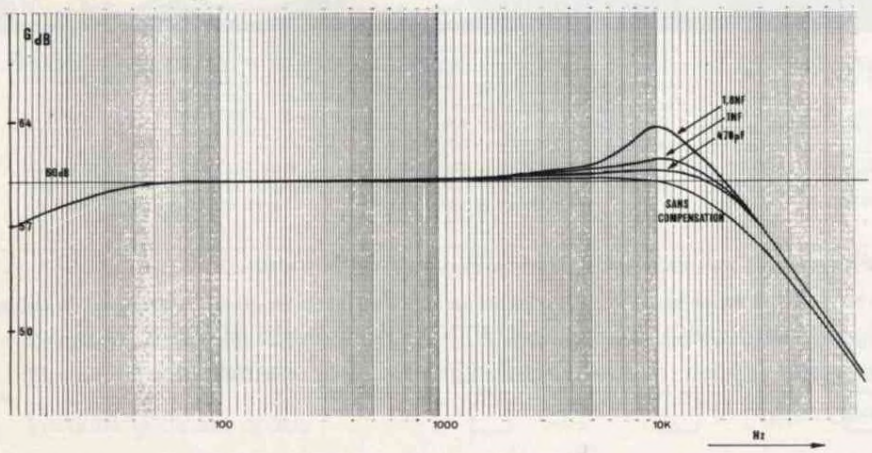


Fig. 14

MISE EN ROUTE ET ESSAIS

Après avoir câblé l'alimentation, vérifier la présence des tensions continues de ± 35 V environ. Le circuit imprimé câblé également, on vérifiera la présence des tensions ± 34 V et ± 18 V sur les broches correspondantes des circuits intégrés, qui ne seront implantés qu'après coup.

Placer les potentiomètres de niveau au minimum, les réglages de tonalité en position intermédiaire (c'est dans cette position que la réponse en fréquence est linéaire et que les corrections sont sans effet) : on ne doit entendre qu'un (très) léger souffle sur les haut-parleurs.

Augmenter progressivement le niveau général, puis les niveaux d'entrée : le souffle doit augmenter sensiblement et un léger ronflement peut se faire entendre si les jacks sont déconnectés ou les connexions trop longues. On peut alors tester l'ampli et vérifier l'efficacité du correcteur en connectant une source sur chacune des entrées E1 à E3, alternativement.

Si tout se passe bien, il ne vous reste plus qu'à profiter de votre nouvel équipement !

Dans le cas contraire, vérifier les alimentations, le câblage, les soudures et le tracé des pistes (coupures ou court-circuits). Il ne faut surtout pas oublier de relier les deux émetteurs E1 et E2 de T4 et T5 ensemble et d'isoler les transistors l'un par rapport à l'autre sur le radiateur à l'aide de canons isolants et d'une feuille de mica (figure 12).

BILAN D'EXPERIMENTATION

On a mesuré une puissance minimale de 40 W à 1 kHz avant écrêtage. La réponse en fréquence de l'amplificateur est indiquée en figure 14, pour différentes valeurs de Cx et à 50 % de la puissance nominale. Les relevés ont été effectués avec les potentiomètres de correction en position médiane.

La bande passante de la partie élec-

ALP 503 POUR INSTRUMENTS ET SONORISATION

tronique à −3 dB est meilleure que 20 Hz-20 kHz sans compensation. Les fluctuations observées entre 50 Hz et 5 kHz sont inférieures à −0/+0,2 dB, probablement grâce à la sobriété de l'électronique mise en œuvre.

Quant aux performances de l'acoustique qui lui est associée, nous avons apprécié l'excellent rendement de l'enceinte dans les basses.

Encore un détail : nous avons vanté les performances du préamplificateur quant au rapport signal/bruit, alors que le bruit de fond ne semble pas si négligeable lorsque tous les potentiomètres de niveau sont au maximum ! Il faut toutefois signaler que le gain en tension de l'amplificateur est supérieur à 60 dB, ce qui représente une amplification de 1 000 !

Cette valeur a été choisie volontairement pour conserver à l'amplificateur son caractère polyvalent. Il est ainsi adapté à des sources aussi basses qu'un microphone dynamique, tout en évitant l'emploi d'un transformateur de ligne à l'entrée.

Si vous n'envisagez que l'utilisation d'une guitare ou de sources MIDI (nous faisons allusion aux instruments purement électroniques), il est possible de diminuer R16 à 100 kΩ : le gain sera alors limité à 200, soit un peu moins de 48 dB. Vous obtiendrez alors enfin le silence, ultime prélude à la création artistique...

B. Dalstein

ABONNEZ-VOUS A Led

Je désire m'abonner à **LED** (10 n^os par an). France : 180 F - Etranger* : 260 F.

NOM .....

PRENOM .....

N° ..... RUE .....

CODE POSTAL ..... VILLE .....

* Pour les expéditions « par avion » à l'étranger, ajoutez 80 F au montant de votre abonnement.

Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire ☐ C.C.P. ☐ mandat ☐

Le premier numéro que je désire recevoir est : N° .....

EDITIONS PERIODES 1, boulevard Ney 75018 PARIS - Tél. : 42.38.80.88 poste 7315

LA BIBLIOTHEQUE TECHNIQUE DES EDITIONS FREQUENCES

vous propose d'en savoir beaucoup plus sur :

– L'ELECTRONIQUE –

LES BASES DE L'ELECTRONIQUE

Par **Raymond Breton.**
1988 - 84 p.

P32 147 F TTC port compris

Ouvrage d'initiation par excellence, «Les bases de l'électronique» abordent, dans un langage compréhensible par tous, sans formulations mathématiques, les divers aspects de l'électronique. De la résistance à l'amplificateur opérationnel en passant par les divers composants actifs, tous les éléments clés de l'électronique sont étudiés ainsi que leur mise en application. L'auteur, outre ses compétences en électronique, s'est occupé de formation dans l'industrie. Son sens de la communication, basé sur un langage pédagogique et compréhensible de tous donne à ce livre un attrait tout particulier, le «sens physique» des phénomènes abordés est évident. Le but que s'était fixé l'auteur : pouvoir mettre en œuvre l'électronique en comprenant ce que l'on fait et sans outils mathématiques a donc parfaitement été atteint.

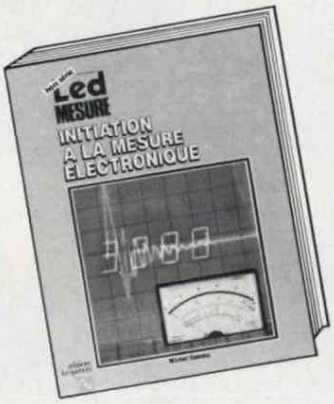
L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

Par **Pierre Mayé.**
1988, 88 p.

P41 157 F TTC port compris

Composant-clé de l'électronique d'aujourd'hui, l'amplificateur opérationnel est à la base d'une multitude d'applications tant en linéaire qu'en commutation. L'auteur, agrégé de physique et professeur en BTS, a réalisé cet ouvrage tout simplement parce qu'il n'existait pas pour les besoins de son enseignement. Les principales applications de l'amplificateur opérationnel y sont décrites et classées par catégories. Pour chaque montage, le fonctionnement est analysé, les formules permettant le calcul des composants établies et les performances obtenues commentées. Des exemples de réalisation comportant toutes les données nécessaires sont fournis pour les principales fonctions. Ce livre à la fois précis et concis est très complet, il s'adresse aux enseignants certes mais également aux utilisateurs de l'électronique. C'est aussi un outil de travail pour professionnels et amateurs.

INITIATION A LA MESURE ELECTRONIQUE



Par **Michel Casabo.**
1986 - 120 p.

P23 152 F TTC port compris

Il n'existait pas, jusqu'à présent, un ouvrage couvrant de manière générale mais précise, l'ensemble des problèmes relatifs à l'instrumentation et à la méthodologie du laboratoire électronique. C'est chose faite aujourd'hui avec ce volume récemment paru.

LES MONTAGES ELECTRONIQUES

Par **Jean-Pierre Lemoine.**
1986 - 276 p.

P30 287 F TTC port compris.

Domaine en perpétuelle évolution, l'électronique ne cesse d'apporter des solutions nouvelles à de multiples secteurs. Il importe, pour tout passionné d'électronique, à quelque niveau que ce soit, de l'amateur au professionnel, d'acquérir un savoir découlant de la mémorisation et aussi de la pratique du plus grand nombre de circuits de base. C'est ce que permet réellement ce livre. Organisé en trois grandes rubriques : Connaître, Pratiquer et Inventer, cet ouvrage guide le lecteur sur près de 300 pages avec près de 1 000 dessins et représentations, pour l'amener à ce qu'il soit à même de concevoir ses montages par lui-même. C'est aussi un outil de travail aidant à la sélection d'un composant, permettant de trouver un montage réalisant une fonction donnée... et bien d'autres détails d'ordre pratique.

La liste complète de nos ouvrages peut vous être expédiée gratuitement sur simple demande.

Diffusion auprès des libraires assurée exclusivement par les Editions Eyrolles.

Bon de commande à retourner aux Editions Fréquences 1, boulevard Ney 75018 Paris.

Indiquez le ou les codes : ☐ ☐ ☐ ☐

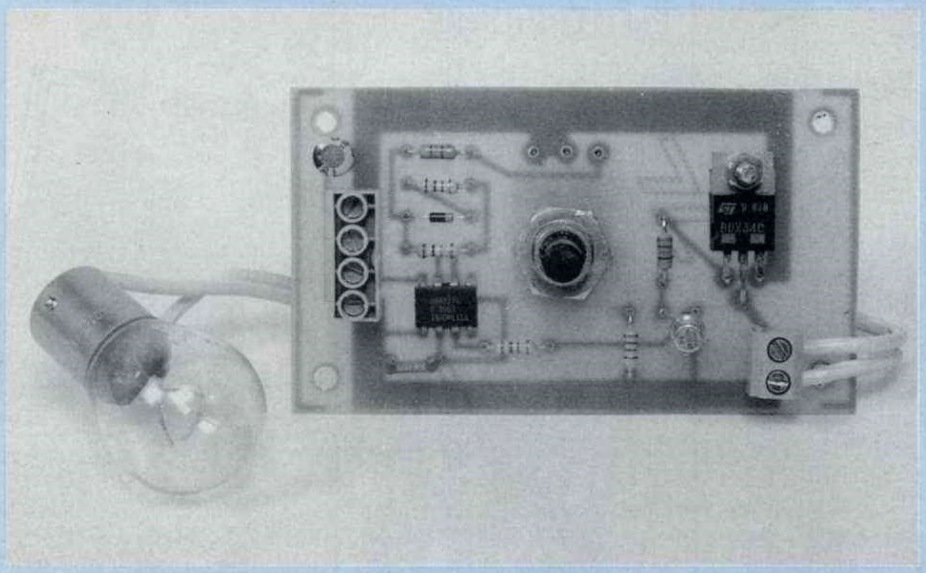
NOM ..... PRENOM .....

ADRESSE .....

CODE POSTAL ..... VILLE .....

Ci-joint mon règlement par : ☐ C.C.P. ☐ Chèque bancaire ☐ Mandat

GRADATEUR DE LUMIERE POUR 12 V CONTINUS



L allongement des jours annonce le retour des vacances auxquelles certains, déjà, rêvent sans doute. Avec une série de réalisations, nous leur proposons de faire mieux encore et de les préparer.

Les appareils décrits, alimentés sous 12 V, équiperont caravanes, camping-cars et bateaux. Nous commençons par le plus simple, un gradateur pour courant continu. Destiné aux ampoules à incandescence, il leur apporte le confort de réglage des gradateurs 220 V des appartements.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

On connaît la définition mathématique de la valeur efficace d'une tension v(t) variable périodiquement avec la période T :

$$V_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{(T)} v^2(t)\, dt}$$

Cette définition correspond à une réalité physique : Veff est la tension continue qui dissiperait par effet Joule, dans une résistance, la même quantité de chaleur que v(t), donc qui offrirait la même "efficacité".

Appliquons ces notions aux signaux rectangulaires, en lancée positive (paliers 0 et +E), de la figure 1. Le calcul conduit au résultat :

$$V_{eff} = E\sqrt{\frac{T_1}{T}}$$

où $\frac{T_1}{T}$ n'est autre que le rapport cyclique. Ainsi, à la figure 1a, le rapport cyclique vaut $\frac{5}{6}$ et la valeur efficace devient :

$$V_{eff} = 0{,}91\ E$$

A la figure 1b, avec un rapport cyclique réduit à $\frac{1}{3}$, la tension efficace tombe à :

$$V_{eff} = 0{,}58\ E$$

Evidemment, faire varier la tension efficace aux bornes d'une lampe à incandescence, donc d'une résistance, revient à modifier la température du filament et l'intensité lumineuse émise par l'ampoule. C'est le principe utilisé par notre gradateur. Il découpe la tension continue E délivrée par la batterie (figure 2) avant de l'appliquer à la source d'éclairage. Il suffit de modifier le rapport cyclique de ce découpage pour commander la luminosité. Evidemment, commande et interrupteur s'organisent autour de dispositifs à semiconducteurs.

SCHEMA THEORIQUE DU GRADATEUR

Donné en figure 3, il se caractérise par une extrême simplicité, qui n'ôte rien à son efficacité.

L'élaboration des créneaux et le réglage de leur rapport cyclique, s'organise autour du circuit intégré 555 CI1 monté en oscillateur astable. Les composants D et R3 qui complètent le schéma traditionnel publié dans les notes d'application, élargissent la plage de réglage.

En l'absence de D et R3, la charge du condensateur de temporisation C2 s'effectue à travers P, R1 et R2, lorsque la borne 7 (collecteur du transistor interne au 555) est bloquée. Lorsque le transistor conduit, la décharge s'effectue à travers R2 seule, donc plus rapidement. C'est ce qu'illustrent les diagrammes de la figure 4 où apparaissent, en haut les exponentielles de charges et de décharges de C2 et, en bas les créneaux correspondants sur la sortie 3.

En présence de D et R3, la résistance R3 vient se mettre en parallèle sur R2, pour les charges, car C conduit. Par contre, les décharges ne s'effectuent toujours qu'à travers R2, puisque D s'oppose alors au passage du courant.

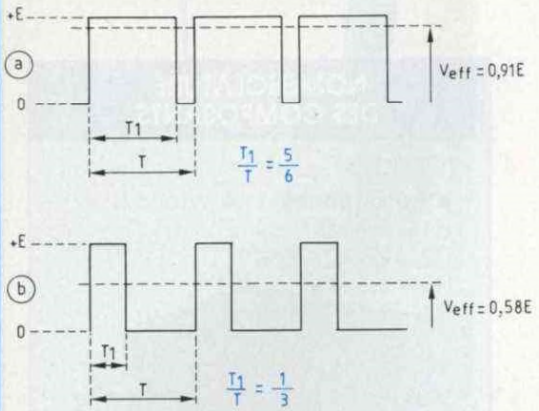


Fig. 1 : Valeur efficace d'un signal en créneaux.

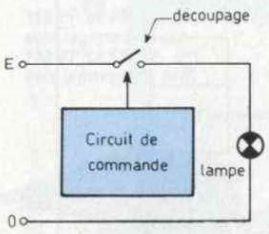


Fig. 2 : Principe de fonctionnement du gradateur.

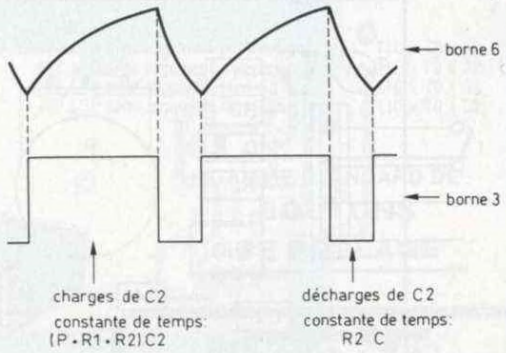


Fig. 4 : Fonctionnement du 555 en oscillateur.

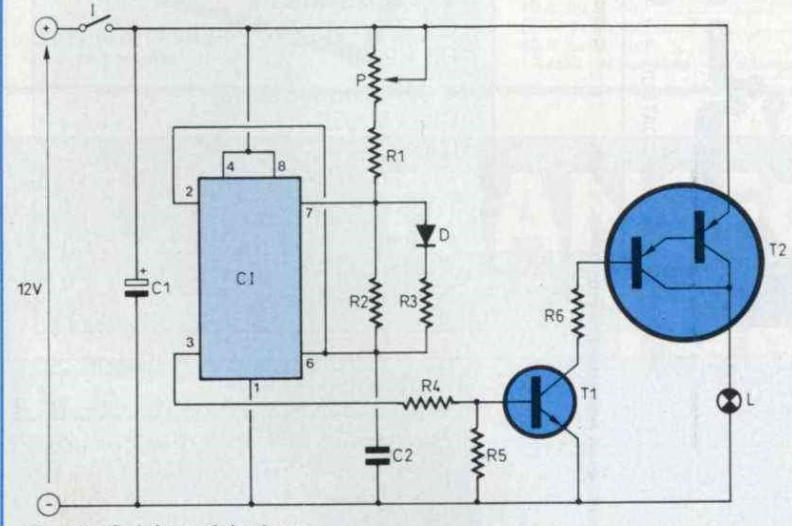
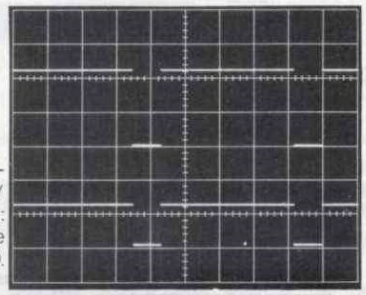
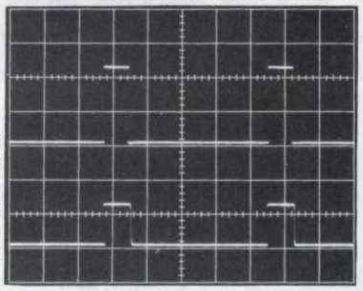


Fig. 3 : Schéma théorique.

Oscillogramme A
Trace supérieure : sortie de l'oscillateur(5 V/cm). Trace inférieure : tension aux bornes de la lampe (10 V/cm). Balayage : 0,5 ms/cm.



Oscillogramme B
Mêmes données qu'en A, mais avec un balayage à 100 µs/cm. On remarquera que les durées d'extinction demeurent constantes, et voisines de 400 µs.



En choisissant R2 supérieure à la somme P + R1 + R3, on peut rendre les décharges, donc les paliers inférieurs des créneaux, plus courts que les charges et les paliers supérieurs : tous les rapports cycliques deviennent accessibles.

Revenons alors au schéma de la figure 3. Par un choix convenable de P, R1, R2 et R3, on s'arrange pour que le rapport cyclique varie sensiblement de 1 (longs paliers au niveau +E séparés par des impulsions relativement courtes au niveau 0) à 0,25 environ.

Cette dernière valeur correspond déjà à un très faible éclairage de la lampe et il est sans intérêt de descendre au-dessous.

Divisés par R4 et R5 avant leur application sur la base de T1, les créneaux sont inversés au collecteur de ce transistor. Le courant du collecteur commande la base du PNP de sortie, qui est en fait un darlington intégré à gain en courant voisin de 1 000. Présenté en boîtier plastique TO220, ce composant supporte 10 A de courant de collecteur, peut dissiper jusqu'à 70 W et... ne coûte que le prix de deux cafés.

L'appareil est complété par un interrupteur général et par le condensateur de découplage C1, indispensable pour juguler les oscillations en HF du 555.

NOTES SUR LE CHOIX DE T2

Nous avons prévu de ne commander que des ampoules d'une puissance maximale de 21 W, normalisées en matériel automobile, et couramment employées dans les caravanes. Dans ces conditions, l'intensité est limitée à :

$$I_{max} = \frac{P}{E} = \frac{21}{12} = 1{,}75 \text{ A}$$

très inférieure aux 10 A que supporte T2. Ceux-ci sont, pourtant, **indispen-**

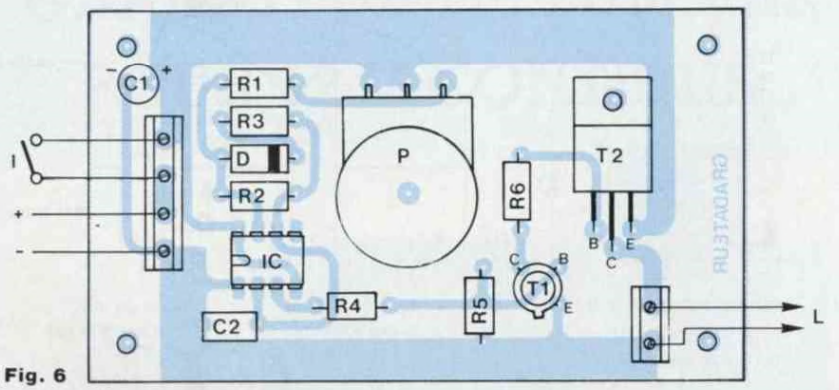


Fig. 6

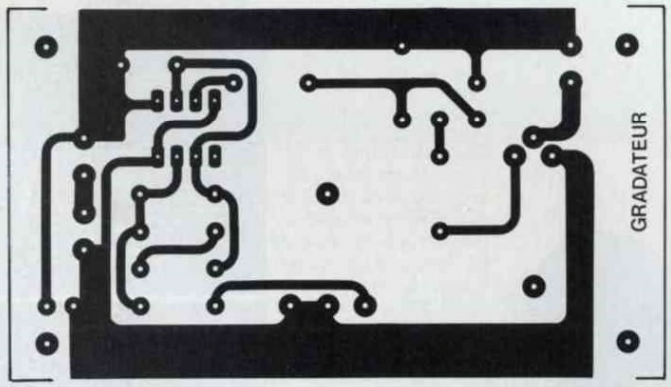


Fig. 5

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- **Résistances 1/4 W à ± 5 %**

R1 - 2,7 kΩ
R2 - 27 kΩ
R3 - 1,5 kΩ
R4 - 8,2 kΩ
R5 - 1,2 kΩ
R6 - 2,7 kΩ

- **Potentiomètre**

P - 100 kΩ (loi A)

- **Condensateurs**

C1 - 100 µF/25 V (sorties radiales)
C2 - 22 nF

- **Semiconducteurs**

CI - LM 555
D - 1N 4148
T1 - 2N 2222
T2 - BDX 34C

- **Divers**

1 bornier 4 sorties
1 bornier 2 sorties

sables. En effet, à l'allumage, le filament de la lampe, froid, peut n'offrir qu'une résistance 4 à 5 fois plus faible que sa valeur à chaud. Durant quelques dizaines de millisecondes l'intensité de crête atteint 7 à 8 A.

En revanche, puisqu'on travaille en commutation (tension de saturation inférieure à 0,5 V), la puissance dissipée dans T2 reste nulle au blocage et ne dépasse pas 1 W à la conduction. Un refroidisseur est donc inutile.

LE CIRCUIT IMPRIME ET SON CABLAGE

La figure 5 donne le dessin du circuit imprimé et la figure 6, complétée par la photographie du montage, précise l'implantation des composants. Le potentiomètre prend place directement sur le circuit, que son canon traverse par un trou de 10 mm de diamètre. Ses pattes sont alors soudées directement sur la face cuivrée.

Pour faciliter les raccordements, les entrées (masse, + 12 V, interrupteur) et les sorties (fils de la lampe) s'effectuent par l'intermédiaire de borniers à vis. On remarquera que l'une des bornes de l'ampoule se trouve reliée à la masse (T2 est un PNP), ce qui est indispensable en cas de retour par le châssis du véhicule.

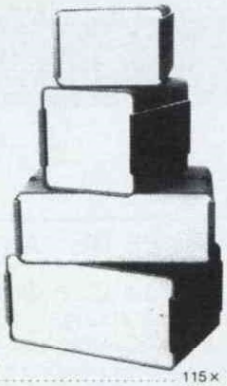
Le gradateur pourra prendre place dans l'un des multiples petits coffrets de plastique que proposent les constructeurs, ou s'insérer dans un ensemble plus vaste, avec les autres montages que nous proposons : indicateur de tension de batterie, indicateur de niveau d'eau des réservoirs, alimentation 220 V/12 V à commutation automatique. Nous laissons à chacun toute liberté dans ce domaine.

LES RESULTATS

Sauf erreur de câblage ou composant défectueux, le gradateur doit fonctionner sitôt la dernière soudure finie. Les deux oscillogrammes que nous proposons illustrent cependant son fonctionnement. A chaque fois, la trace supérieure est prélevée sur la sortie 3 du 555 et la trace inférieure aux bornes de l'ampoule (21 W).

L'oscillogramme A correspond à la luminosité maximale, pratiquement égale à celle d'une alimentation directe sous 12 V. L'oscillogramme B est celui de l'éclairement minimal. On constate que les paliers inférieurs conservent toujours la même durée, donc que la fréquence change : elle reste toujours supérieure à 400 Hz ce qui, avec l'inertie du filament, élimine tout risque de clignotement.

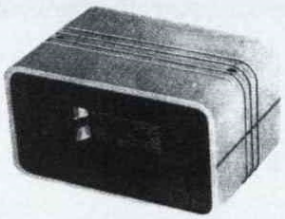
René Rateau



SERIE «PP MM»

110 PP ou PM	115 × 70 × 64
114	106 × 116 × 44
115	115 × 140 × 64
116	115 × 140 × 84
117	115 × 140 × 110
210	220 × 140 × 44
220	220 × 140 × 64
221	220 × 140 × 84
222	220 × 140 × 114
235 NOUVEAU	230 × 175 × 48

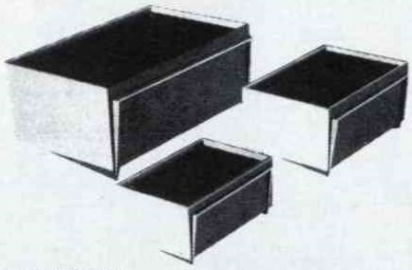
PP (platiques) PM (métallisés)



110 PP ou PM Lo
avec logement de pile
115 PP ou PM Lo
avec logement de piles

SERIE «L»

173 LPA avec logement pile face alu	110 x 70 x 32
173 LPP avec logement pile face plas.	110 x 70 x 32
173 LSA sans logement face alu	110 x 70 x 32
173 LSP sans logement face plast.	110 x 70 x 32



SERIE «PUPICOFFRE»

10 A, ou M, ou P	85 x 60 x 40
20 A, ou M, ou P	110 x 75 x 55
30 A, ou M, ou P	160 x 100 x 68

** A (alu) - M (métallisé) - P (plastique).*

220 PP ou MP ou PM/G
avec poignée

GAMME STANDARD DE
BOUTONS
DE REGLAGE

mmp

Tél. : 47.06.95.70
COFFRETS PLASTIQUES
Z.A. des Grands Godets
799, rue Marcel Paul
94500 Champigny-s/Marne

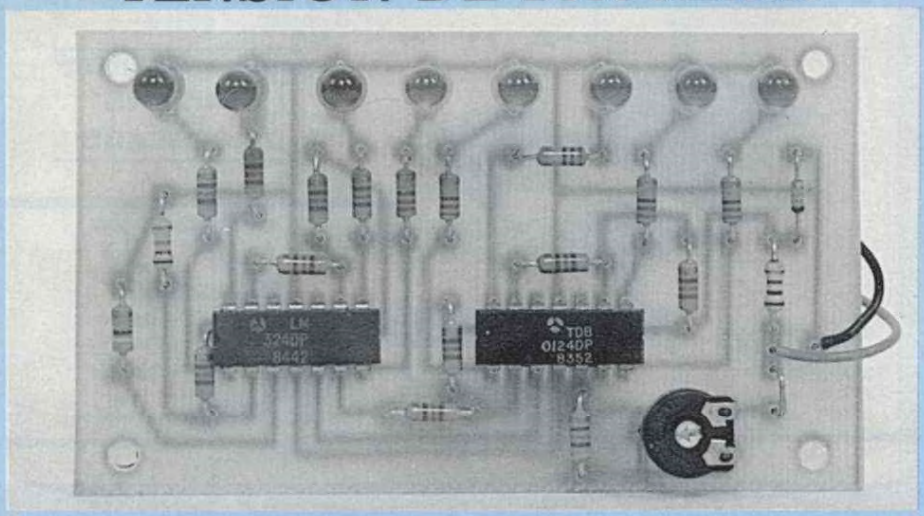
TRANSFORMATEURS TORIQUES (type HTA)

- Une gamme de transformateurs de 15 VA à 500 VA.
- Primaire 220 V – 50 Hz.
- Secondaire 2 × 6 V à 2 × 55 V.
- Faible encombrement pour un excellent rendement.
- Facilité d'implantation, améliorent la qualité de vos fabrications et montages.
- Sur demande, sorties simples primaire bitension ou 110 V.
- Puissances de sorties jusqu'à 1 000 VA.

Documentation
sur demande contre 4 F en timbres

ZAC des Peupliers - 27 rue des Peupliers - BAT A
92000 NANTERRE

INDICATEUR LUMINEUX DE TENSION DE BATTERIE



Le montage proposé s'inscrit dans la série des appareils destinés à l'équipement des caravanes, camping-cars et bateaux, pour lesquels nous avons déjà décrit un gradateur de lumière basse tension. On pourra naturellement l'exploiter à d'autres fins, chaque fois que s'impose le contrôle d'une tension continue de valeur nominale 12 volts, susceptible de varier de 10,5 à 14 volts.

Une batterie d'accumulateurs regroupant, en série, six éléments au plomb, offre une force électromotrice nominale de 12 V. En fait, cette f.e.m. varie, en fonction de l'état de charge, dans d'assez importantes proportions. Pendant une courte durée succédant à une charge "à bloc", elle monte aux environs de 14 V. Le début de la décharge entraîne une chute vers 12,5 V, suivie d'un palier à pente douce, entre 12,5 et 12 V. Enfin, si on continue à consommer du courant (ou même par simple auto-décharge), la baisse de tension s'accélère. Il est impératif d'arrêter la décharge à 11 ou 10,5 V : au-dessous, il y a risque d'endommagement irréversible ou, au moins, réduction de la durée de vie.

Le contrôle fréquent de la tension disponible, qui renseigne sur l'état de la batterie, s'impose dans une caravane ou un camping-car ; en effet, les intensités cumulées (éclairage, réfrigération, pompe à eau, etc.) atteignent plusieurs ampères et ne laissent qu'une autonomie réduite avant qu'une recharge intervienne.

L'ampleur des fluctuations et leur rapidité rendent illusoire une mesure précise. Dans la pratique, une résolution de 1/2 V suffit : elle correspond à 8 points de mesure, dans la fourchette de 10,5 à 14 V.

On évitera, aussi, toute consommation permanente inutile. L'appareil n'est donc mis sous tension que pendant la brève durée de chaque test, à l'aide d'un bouton-poussoir.

PRINCIPE DE LA MESURE

Dans la figure 1, A désigne un amplificateur opérationnel, utilisé ici en comparateur. Alimenté par la tension V_{BAT} de la batterie elle-même, il reçoit :
– sur son entrée inverseuse, un potentiel de référence V_{ref}, inférieur à V_{BAT} ;
– sur son entrée non inverseuse, une fraction $k.V_{BAT}$ ($k<1$) de la tension de la batterie.
Si $k.V_{BAT}$ dépasse V_{ref}, la sortie du comparateur bascule à l'état haut et la diode DEL s'allume. Si, au contraire, $k.V_{BAT}$ descend sous V_{ref}, la sortie bascule à la masse et la diode électroluminescente s'éteint.
En organisant une échelle de 8 comparateurs identiques, recevant tous la même tension (variable avec l'état de la batterie) $k.V_{BAT}$ mais des potentiels de référence V_{ref} régulièrement échelonnés, on dispose d'une échelle lumineuse mesurant la tension de la batterie.

LE SCHEMA THEORIQUE

Il découle directement du principe exposé ci-dessus (figure 2) et met en œuvre 2 circuits LM 324, dont chacun renferme 4 amplificateurs opérationnels : on dispose ainsi de 8 sorties donc des 8 points d'affichage désirés. La zéner DZ, alimentée à travers R1, délivre une référence de 6,8 V, directement appliquée sur l'entrée inverseuse de A_8. Un réseau diviseur, incorporant les résistances R2 à R9 incluses fournit la progression des tensions V_{ref} de la figure 1 pour chacun des autres comparateurs. Il est facile de calculer chacune d'entre elles. Ainsi, à titre d'exemple, A_4 reçoit :

$$V_{ref} = \frac{R6 + R7 + R8 + R9}{R2 + R3 + ... + R8 + R9} V_Z$$

soit :

$$V_{ref} = 5{,}84 \text{ V.}$$

D'un comparateur au suivant, V_{ref} croît de 0,24 V.
Un autre diviseur, constitué de la résistance ajustable AJ, associée à R10 et R11, fournit la tension $k.V_{BAT}$

UN CONTROLE PERMANENT

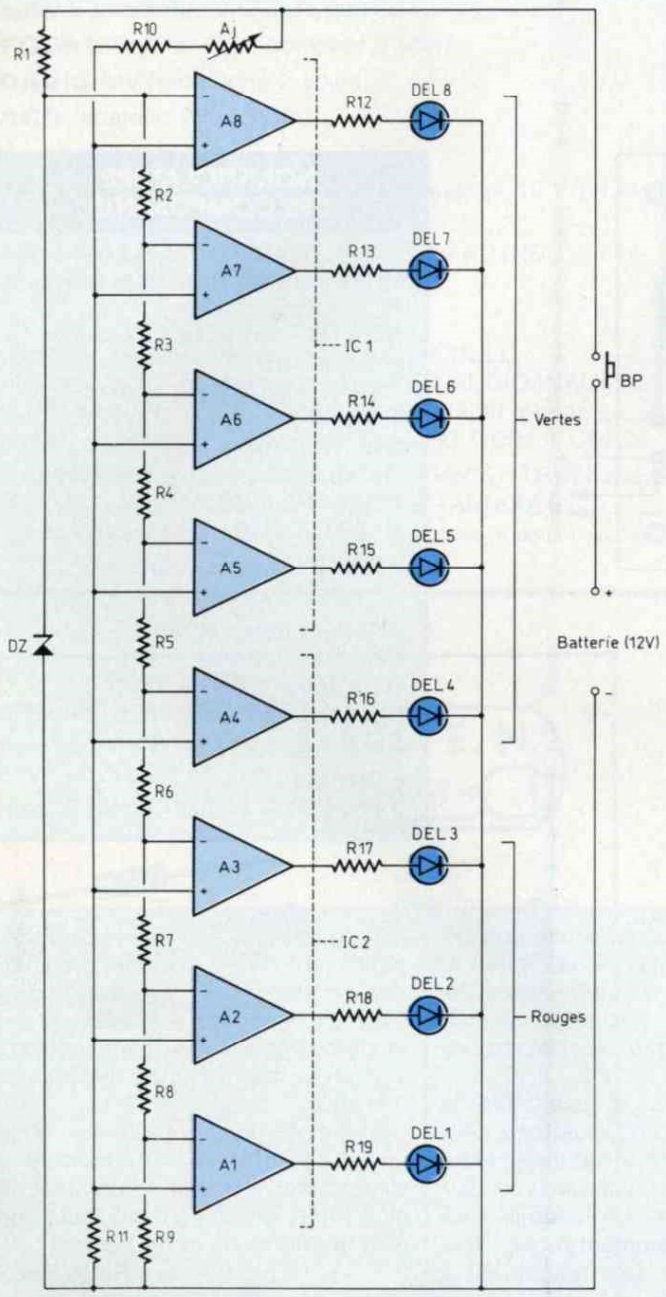


Fig. 2 : Schéma théorique.

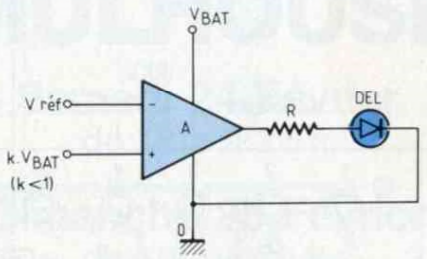


Fig. 1 : Principe de fonctionnement.

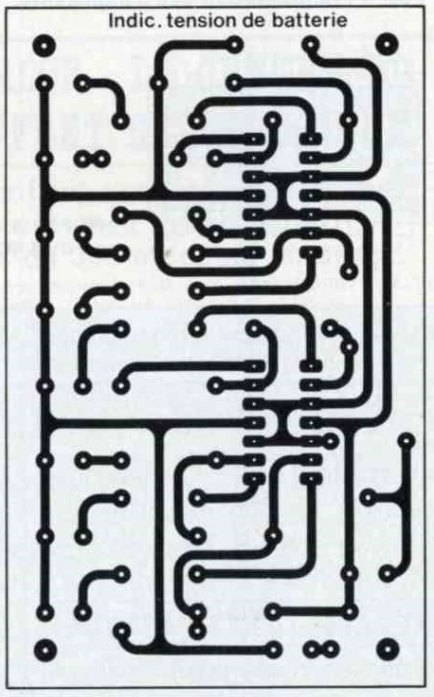


Fig. 3 : Circuit imprimé.

commune à toutes les entrées non inverseuses et proportionnelle à V_{BAT}. A l'aide de l'ajustable AJ, on règle cette tension pour qu'elle atteigne précisément 6,8 V lorsque la batterie délivre 14 V. Avec le choix de R2 à R9, DEL8 s'éteint au passage par 14 V, DEL7 pour 13,5 V et ainsi de suite jusqu'à DEL1 qui s'éteint au-dessous de 10,5 V.

Nous avons choisi des diodes vertes pour DEL4 (12 V) à DEL8 (14 V) : cette

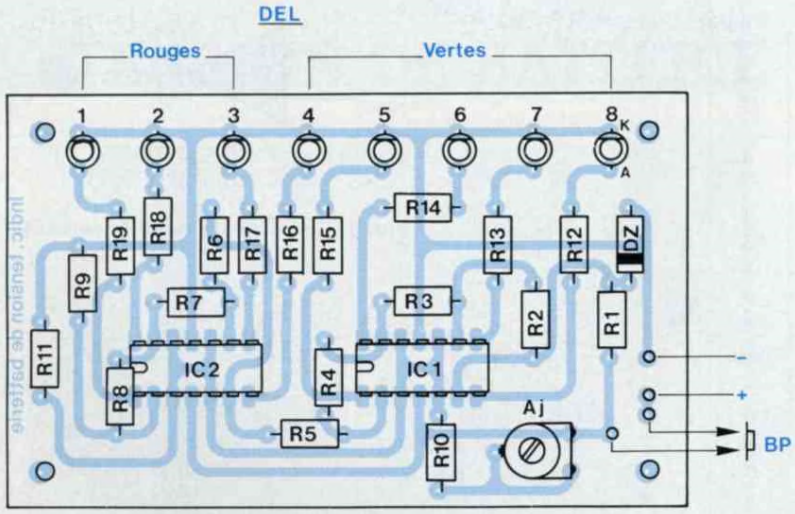


Fig. 4 : Implantation des composants.

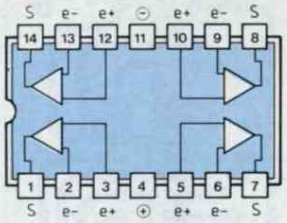


Fig. 5 : Brochage du LM 324.

NOMENCLATURE DES COMPOSANTS

- **Résistances 1/4 W à ±5 %**

R1 - 1,5 kΩ
R2 à R8 - 560 Ω (à 1 % si jugé nécessaire)
R9 - 12 kΩ (12,7 kΩ si modèle à 1 %)
R10 - 2,7 kΩ
R11 -3,9 kΩ
R12 à R16 - 680 Ω
R17, R18, R19 - 560 Ω

- **Résistance ajustable**

AJ - 2,2 kΩ/horizontale

- **Semiconducteurs**

CI1, CI2 - LM 324
DZ - zéner 6,8 V/0,5 W
DEL1, DEL2, DEL3 - LED rouges
DEL4 à DEL8 - LED vertes

- **Divers**

1 poussoir à contact travail

couleur euphorique caractérise un état satisfaisant de la batterie. A l'inverse, DEL3, DEL2 et DEL1, rouges, attirent l'attention sur la nécessité d'une recharge prochaine.

Tout le montage, à l'état de repos, se trouve isolé de son alimentation. Il n'entre en service que si l'utilisateur presse le poussoir BP.

LA REALISATION PRATIQUE

Sur le circuit imprimé dessiné en figure 3, on implante les composants conformément au schéma de la figure 4, complété par la photographie du montage. Un méplat du boîtier identifie les cathodes des diodes électroluminescentes.

Le réglage s'effectue aisément à l'aide d'une alimentation de laboratoire délivrant exactement 14 V. On place alors l'ajustable AJ juste à la limite d'allumage de DEL8. Les autres seuils s'en trouvent automatiquement réglés, à la précision près des résistances R2 à R9 du diviseur. Si on recherche la petite bête, il est possible d'employer des résistances à 1 % (voir la nomenclature). Notons, cependant, que les modèles dits à 5 % s'inscrivent le plus souvent à ±2 % autour de leur valeur nominale.

L'ensemble peut prendre place dans un petit coffret indépendant ou s'incorporer au sein d'un ensemble plus vaste, regroupant plusieurs appareils décrits dans cette série.

René Rateau

EDITIONS PERIODES
1, boulevard Ney 75018 Paris
Tél. (16-1) 42.38.80.88 poste 7315

Vous avez réalisé des montages personnels que vous aimeriez publier dans notre revue, n'hésitez pas à nous joindre soit par téléphone, soit par courrier, afin d'obtenir les renseignements nécessaires pour une éventuelle collaboration à Led.

SALON du KIT AUDIO à MULHOUSE

AUDIOTOP, spécialiste de l'enceinte en kit, vous invite à écouter 5 enceintes en kit de qualité :

FOCAL Crystal 7, kit compact 2 voies

DAVIS MV 5, colonne 2 voies

ACR Isostatic 250 (photo)

2 kits originaux :

TRIANGLE / FOCAL (T17FXG + Audiom 12 V en bi-amplification passive)

TRIANGLE / CABASSE (T17FL IIV + 21NDC en bi-amplification active)

Electroniques :

Préampli et blocs monos à tubes KEBSCHULL
Intégrés et blocs de puissance classe A AUDIOANALYSE
Blocs monos CABASSE à compensateur actif intégré
Sources : Lecteurs laser MARANTZ CD80, CD94 II, CDA94

En écoute permanente : FOCAL, DAVIS, TRIANGLE, CABASSE, AUDAX, SEAS, DYNAUDIO, TANNOY, etc...

Systèmes multiamplifiés, caissons de graves, intégration dans l'habitat, enceintes sur mesure, kits sono, kits voiture.

Samedi 24 Février
de 18 h à 22 h

Dimanche 25 Février
de 10 h à 20 h

Chez : AUDIO top

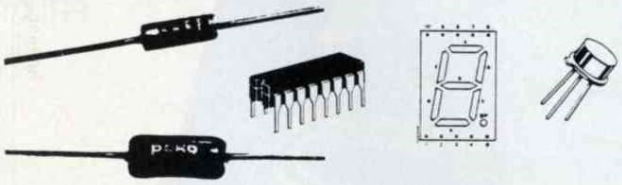
14, av. Joffre
68100 MULHOUSE
Tél. 89.66.12.69

Ets E.L.E.N.®

94, avenue de Fétilly
17000 LA ROCHELLE

Phone : 46 34 53 80
Fax : 46 34 16 22

E. L. E. N.



EXTRAIT DE NOTRE CATALOGUE

LM 344 H	: 158,00	68705 P3	: 120,00
LM 317 HVK	: 165,00	UGS 3020 T	: 32,00
LM 395 T	: 49,50	MPX 200 A	: 178,00
MJ 15002	: 36,00	LM 35 CZ	: 88,00

Un choix de plus de 3000 références.....

VENTE au COMPTOIR et par CORRESPONDANCE (SERVICE RAPIDE)

FORFAIT *port/emballage* : 25,00 F

PERLOR - LE CENTRE DU COFFRET ELECTRONIQUE

Le coffret que vous recherchez est chez Perlor-Radio.
Plus de 350 modèles en stock.

Toutes les grandes marques : **BIM - EEE - ESM - HOBBY BOX - ISKRA - RETEX - STRAPU - TEKO - LA TÔLERIE PLASTIQUE.**
Catalogue «centre du coffret» : descriptif par type, listes de sélection rapide par critères de dimensions et de matériaux, tarif.
Un document unique : envoi contre 8 F en timbres.

PERLOR - LE CENTRE DU CIRCUIT IMPRIME

Agent CIF - Toutes les machines - Tous les produits.

Nouveau : Perlor fabrique votre circuit imprimé, dans son atelier

Simple face **52 F** le dm². Double face **90 F** le dm² plus éventuellement frais de film. Délai 48 heures. Conditions et tarif détaillé sur simple demande.
Catalogue «centre du circuit imprimé». Plus de 700 produits avec tarif. Envoi contre **7,50 F** en timbres.

PERLOR - COMPOSANTS

Tous les composants électroniques pour vos réalisations. Catalogue «Pièces détachées» contre 10 F en timbres.

Les trois catalogues 15 F.

PERLOR-RADIO
25, rue Hérold, 75001 PARIS - Tél. : 42.36.65.50
Ouvert tous les jours sauf le dimanche (sans interruption) de 9 h à 18 h 30 — Métro : Etienne-Marcel - Sentier - RER Châtelet les Halles (sortie rue Rambuteau)

POUR LES PASSIONNÉS DE RÉALISATIONS ÉLECTRONIQUES, UNE SÉLECTION DE 17 MONTAGES SIMPLES ET ORIGINAUX

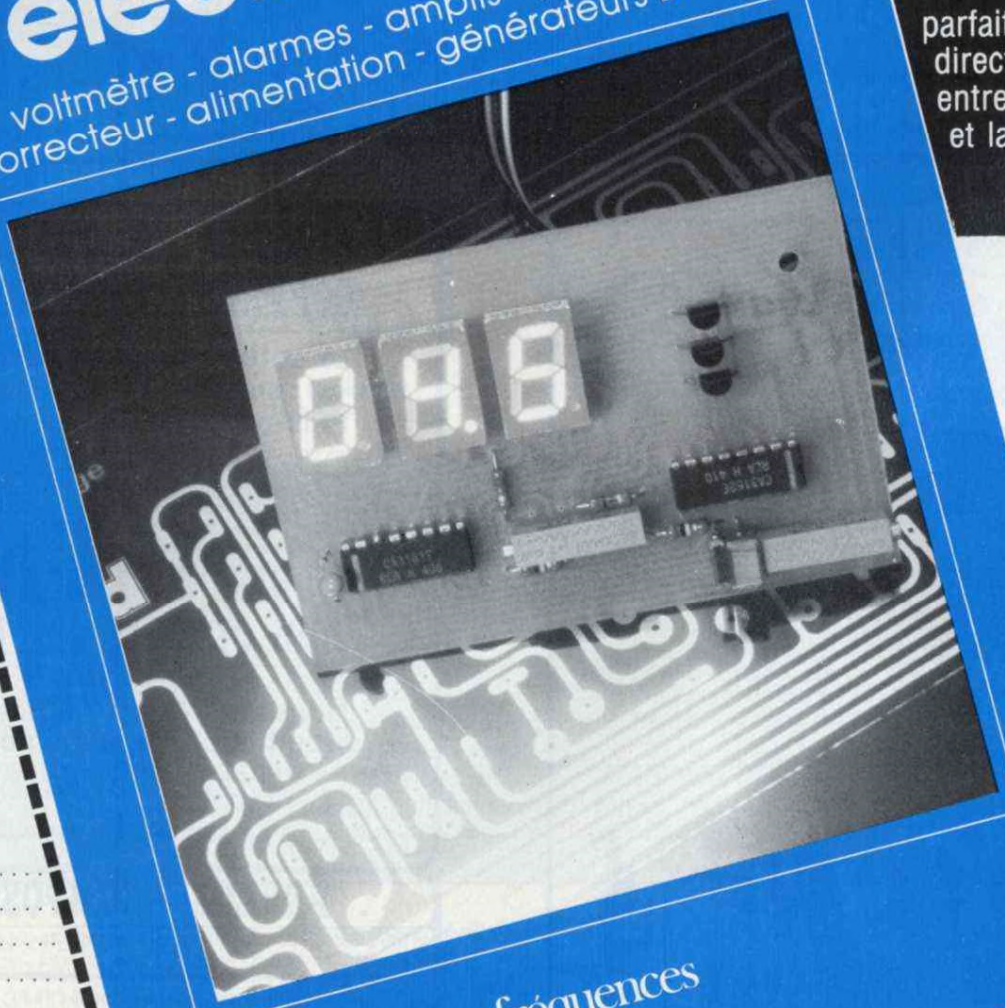
Tous mis au point et testés afin de vous garantir un parfait fonctionnement des modules à la première mise sous tension, que vous soyez électronicien chevronné ou débutant.

17 études comprenant pour chacune d'elles le schéma de principe, le circuit imprimé à l'échelle 1 et son plan de câblage clair et précis.

BERNARD DUVAL

17 montages électroniques

voltmètre - alarmes - amplis - préamplis - correcteur - alimentation - générateurs BF - etc.



17 implantations imprimées à l'envers et regroupées aux dernières pages de ce livre vous permettent de graver les circuits avec une parfaite définition (contact direct lors de l'insolation entre le circuit imprimé et la photocopie).

128 pages
PRIX : 95 F

Diffusion auprès des libraires assurée exclusivement par les Editions Eyrolles.

BON DE COMMANDE

Je désire recevoir le livre «17 montages électroniques simples» au prix de 107 F (95 F+12 F de port). Adresser ce bon aux EDITIONS FREQUENCES 1, bd Ney, 75018 Paris.

Nom .....

Prénom .....

Adresse .....

.....

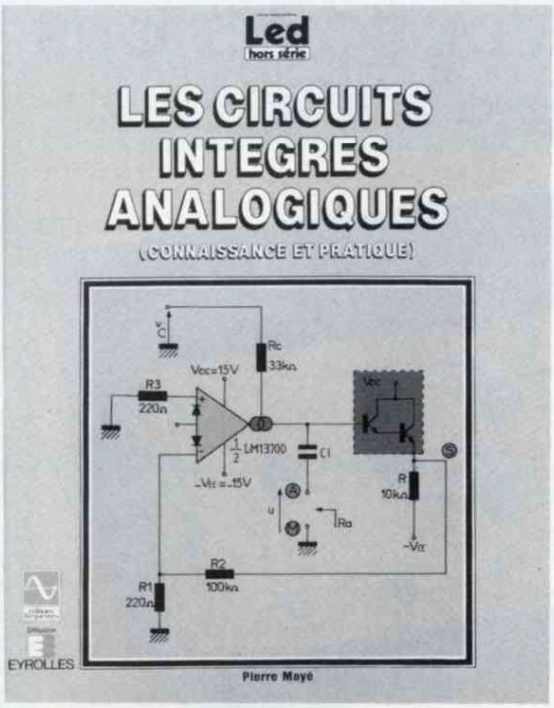
Code postal .....

Règlement effectué
☐ par CCP ☐ Par chèque bancaire
☐ par mandat

éditions fréquences
COLLECTION Led LOISIRS

VIENT DE PARAITRE

LA BIBLIOTHEQUE TECHNIQUE DES EDITIONS FREQUENCES



LES CIRCUITS INTEGRES ANALOGIQUES

Par **Pierre Mayé - P 49** -

Cet ouvrage vient répondre à l'attente de nombreux lecteurs désireux d'appréhender avec rigueur l'électronique.

Beaucoup de circuits intégrés analogiques sont disponibles sur le marché. Outre l'amplificateur opérationnel qui a fait l'objet d'une étude approfondie dans un livre de la même collection, il existe bien d'autres circuits. Le propos de cet ouvrage est de décrire les plus intéressants. Les circuits présentés sont l'amplificateur de Norton, l'amplificateur de transconductance, le comparateur, le temporisateur, le filtre universel, le multiplicateur et le générateur de fonctions. Chacun d'eux fait l'objet d'un chapitre spécifique structuré comme suit : après une présentation rapide de la fonction réalisée et la description d'un exemple de circuit intégré, l'auteur procède à l'étude des applications caractéristiques du composant. Des exemples numériques sont donnés et les formules nécessaires à la conception du montage sont établies. Il est ainsi possible de réaliser sans difficulté les diverses fonctions décrites. Le lecteur trouvera en fin d'ouvrage le lexique anglais-français qui lui facilitera la lecture des notices des constructeurs, ainsi qu'une bibliographie et un index.

BON DE COMMANDE

A retourner aux Editions Fréquences - 1, boulevard Ney - 75018 Paris

☐ Je désire recevoir "Les Circuits Intégrés Analogiques". Je joins à ma commande le règlement, soit **130 F + 12 F** frais d'envoi

☐ CCP ☐ chèque bancaire ☐ mandat-lettre

NOM .....

ADRESSE .....

.....

Diffusion auprès des libraires assurée exclusivement par les Editions Eyrolles.

GENERATEUR DE FONCTIONS 0,02 Hz à 2 MHz

Le vénérable oscillateur basse fréquence à pont de Wien, s'il conserve sa supériorité pour quelques applications particulières (production de sinusoïdes à distorsion très réduite), cède le plus souvent la place aux générateurs de fonctions. Ceux-ci, contrairement au premier qui engendre idéalement des sinusoïdes, élaborent simultanément rampes et créneaux au sein d'un oscillateur de relaxation. Leur souplesse découle de la diversité des formes d'ondes qu'on peut en dériver et de l'éventail des fréquences accessibles : de quelques millièmes de hertz à plusieurs mégahertz. La facilité d'une modulation en fréquence, ou vobulation, élargit encore le champ des applications.

L'appareil que nous proposons à nos lecteurs de construire couvre, en six gammes, de 0,02 Hz à 2 MHz. Les réglages de symétrie et d'offset donnent accès à de multiples variantes des trois formes d'ondes fondamentales. Une entrée VCO, autorisant la vobulation jusqu'au rapport 1 000 en fréquence, satisfera ceux qu'intéresse le relevé automatique des courbes de réponse.

Construire un appareil de mesure de qualité, travail certes passionnant, ne constitue pas une fin en soi. Aussi bien prolongerons-nous l'étude théorique et pratique du générateur RR2M par quelques compléments sur ses utilisations les plus originales, les applications classiques étant supposées bien connues de nos lecteurs.

L'INDISPENSABLE CAHIER DES CHARGES

D'emblée, décidons d'écarter les sempiternels circuits monolithiques de la catégorie Intersil 8038 ou Exar 2206. Ces vétérans, s'ils ont connu leur heure de gloire, pleinement justifiée d'ailleurs par l'état des techniques et une grande facilité de mise en œuvre, souffrent cruellement de leurs limitations en fréquence autant qu'en vitesse de balayage (slew-rate). Franchi le cap des 200 kHz, le délabrement des signaux confine à l'intolérable. Conformément aux tendances actuelles, nous associerons composants discrets, circuits intégrés logiques et circuits analogiques pour une optimisation des performances et des coûts.

LA PLAGE DES FREQUENCES

La notion de basse fréquence, primitivement cernée par les frontières du domaine audible, s'élargit considérablement. Vers le haut, nombre d'investigations imposent d'atteindre le mégahertz. A l'autre extrémité, les mesures sur les servo-mécanismes font appel aux fréquences très basses : quelques centièmes, voire quelques millièmes d'hertz.

Il ne faut pas, pour autant, perdre de vue l'importance des circuits de sonorisation, qui travaillent entre 20 Hz et 20 kHz. Ces fréquences déterminent logiquement des limites de gammes, dont les autres deviennent alors des multiples. Ainsi, la borne supérieure 1 MHz grimpe-t-elle à 2 MHz non par caprice mais par commodité.

LES FORMES D'ONDES

Comme la suite le précisera bientôt, rampes et créneaux naissent indissociablement liés au sein de l'oscillateur. Ils constituent d'ailleurs, et nous y insisterons dans le volet final de cet article, les plus riches outils d'investigation. Une mise en forme des triangles conduit, assez facilement sinon parfaitement (taux de distorsion de l'ordre de 0,5 à 1 %) aux sinusoïdes.

Le principe de construction des rampes et des créneaux, fondé sur les charges et les décharges alternées de condensateurs, à intensités constantes, confère la plus grande liberté aux modifications de rapport cyclique. Un réglage dit "de symétrie" donne alors les rampes à croissance lente et

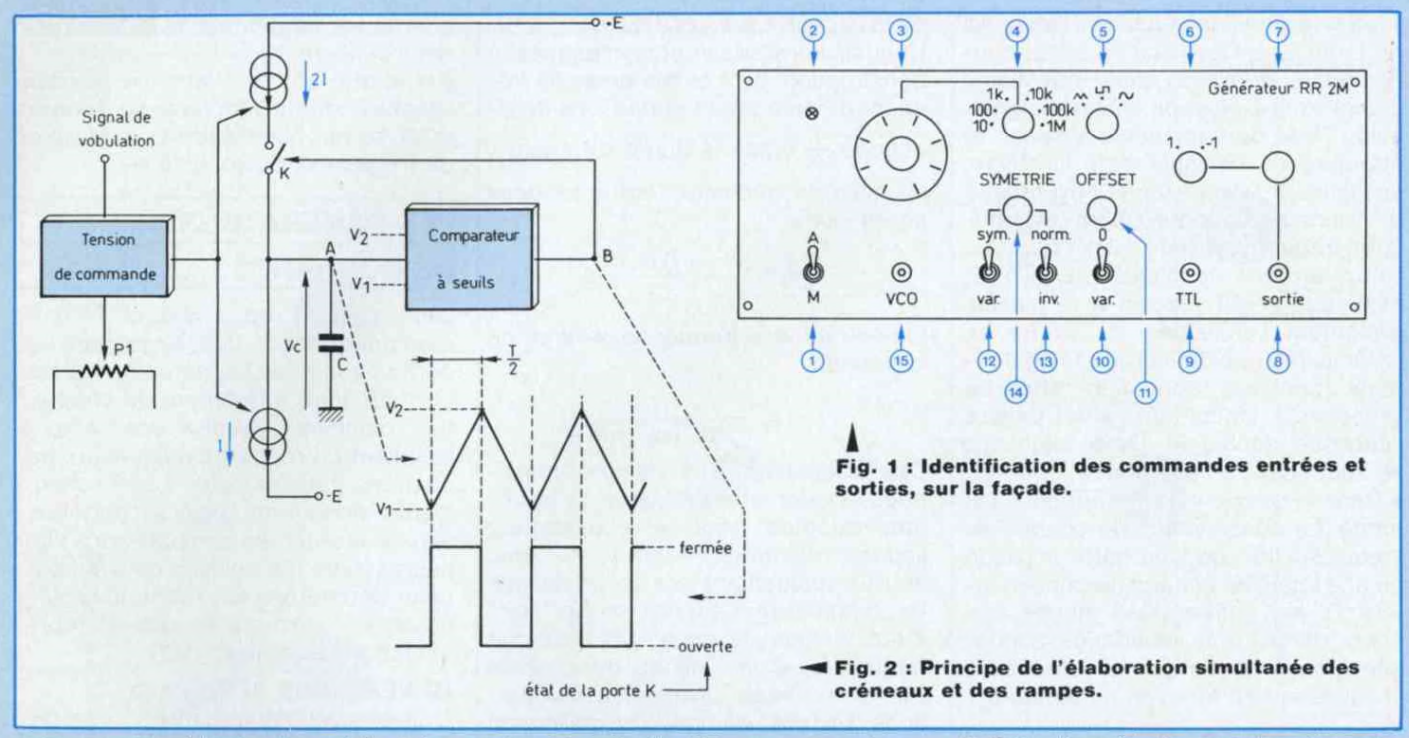


Fig. 1 : Identification des commandes entrées et sorties, sur la façade.

Fig. 2 : Principe de l'élaboration simultanée des créneaux et des rampes.

retour rapide (dents de scie) et les impulsions brèves, séparées par des périodes d'itération relativement grandes. Par une commande d'inversion des polarités, on passera aux rampes décroissantes et aux impulsions négatives.

TENSIONS ET IMPEDANCES

Sortir sur une impédance de 600 Ω perd sa justification sitôt qu'on s'écarte du domaine "audio" et de la mesure normalisée des puissances en dBm (référence 0 dBm à 1 mW et lecture sur un multimètre). Une impédance de 50 Ω, par contre, favorise la montée en fréquence, la transmission fidèle d'échelons rapides et l'adaptation à des câbles coaxiaux.

Conformément à l'usage, nous adopterons aussi une amplitude maximale de 20 volts crête-à-crête, à vide, donc de 10 volts crête-à-crête sur charge adaptée. Une commande d'offset, c'est-à-dire un réglage de tension continue moyenne superposée à la composante alternative du signal, autorise des variations dans les mêmes limites : ± 10 volts à vide (sortie ouverte) et ± 5 volts sur 50 ohms ; elle est neutralisable, pour un centrage automatique autour de la masse.

CARACTERISTIQUES ET PRESENTATION DU RR2M

Regroupant les caractéristiques essentielles du générateur, le tableau I se dispense pratiquement de commentaires. On notera simplement que les taux de distorsion annoncés en régime sinusoïdal, ne peuvent être atteints avec certitude que si les ajustages du conformateur sont effectués avec l'assistance d'un distorsiomètre.

Les références de la figure 1, qui correspondent à la nomenclature ci-dessous, identifient les diverses commandes, entrées et sorties, de la façade.

1. Interrupteur général de mise sous tension.
2. Voyant de mise sous tension.
3. Vernier de réglage de la fréquence. Les graduations, linéairement échelonnées de 0,2 à 2, se resserrent rapidement en début de plage.
4. Commutateur de sélection des gammes.
5. Sélection des formes d'ondes principales.
6. Atténuation par décades de l'amplitude de sortie (1/1 ou 1/10).
7. Atténuation fine de l'amplitude de sortie.
8. Sortie principale (impédance : 50 Ω).
9. Sortie TTL.
10. Inverseur d'offset nul ou variable.
11. Commande de la tension d'offset, active en position "variable" de 10.
12. Sélection de signaux de sortie symétriques ou à rapport cyclique variable.
13. Inversion du rapport cyclique.
14. Réglage du rapport cyclique, de 1/1 à 20/1 environ.
15. Entrée de la tension de vobulation.

PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE L'OSCILLATEUR TRIANGLES/RECTANGLES

Au cœur de tout générateur de fonctions bat l'oscillateur qui élabore, indissociablement dépendants l'un de

l'autre, le signal triangulaire et le signal rectangulaire. Quelle qu'en soit la configuration détaillée, plus ou moins complexe et plus ou moins soignée selon les performances visées, la structure de principe reste la même. La figure 2 l'illustre dans l'hypothèse de signaux temporellement symétriques (rapport cyclique 1/1).

Deux tensions continues +E et −E, symétriques par rapport à la masse, alimentent l'ensemble du circuit et, notamment, deux générateurs de courants continus dont l'un **absorbe** l'intensité I, tandis que l'autre **délivre** l'intensité double 2I. Deux situations se succèdent en alternance :

- Dans la première, l'interrupteur K est fermé. La conservation de courant au nœud A (loi de Kirchoff) implique qu'une intensité I charge le condensateur C, les entrées des étages suivants offrant une impédance supposée infinie. La tension v_C croît alors linéairement en fonction du temps t :

$$v_C = \frac{I}{C} t$$

- Au cours du deuxième état, la porte K s'ouvre. Seul subsiste, au nœud A, le courant absorbé I qui décharge linéairement le condensateur avec, en valeur absolue, la même pente que précédemment.

Aux bornes de C, on dispose ainsi d'une succession de rampes linéaires alternativement croissantes et décroissantes, donc d'un signal triangulaire, symétrique. Appliquée à un comparateur à seuils inférieur v_1 et supérieur v_2, la tension v_C en commande les basculements. La sortie du comparateur (point B) transite de son état haut vers son état bas lorsque v_C, en augmentant, atteint la valeur v_2 ; elle retourne à l'état haut lorsque v_C, en diminuant, atteint le seuil inférieur v_1.

A la sortie du comparateur, on recueille ainsi des créneaux synchrones des triangles (diagrammes de la figure 2). Ces créneaux commandent les ouvertures (état bas) et les fermetures (état haut) de la porte électronique K. Ainsi bouclé, le système oscille.

CALCUL DE LA FREQUENCE

Une fois les seuils v_1 et v_2 imposés par construction du comparateur, la fréquence dépend de I et de C. La demi-période $\frac{T}{2}$ égale la durée de charge, ou celle de décharge, entre les deux seuils, soit :

$$\frac{T}{2} = \frac{(v_2 - v_1)\,C}{I}$$

On en déduit la fréquence, inverse de la période :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{1}{2C\,(v_2 - v_1)}$$

Dès maintenant, des valeurs numériques éclaireront le problème. La structure adoptée pour le comparateur impose, d'entrée, l'écart $v_2 - v_1$ des seuils, typiquement très voisin du volt. La relation précédente laisse alors théoriquement le choix, pour chaque fréquence, d'une infinité de couples I,C. En pratique, diverses considérations limitent les valeurs réellement possibles. Ainsi, en raison de leurs courants de fuite, les condensateurs électrolytiques doivent être écartés au profit de modèles à diélectrique plastique, ce qui rend difficile de dépasser 1 μF, même pour la gamme la plus lente : pour des raisons d'encombrement, on s'en tiendra même à 470 nF. AF = 0,02 Hz, fréquence la plus basse, on trouve alors :

$$I = 2FC\,(v_2 - v_1)$$

$$I = 0{,}04 \times 470.10^{-9} \times 1\#20.10^{-9}\ \text{A}$$

soit environ 20 nA ! On devine que l'obtention d'une intensité aussi faible, jointe à la nécessité de maintenir un rapport 2 entre les courants de charge et de décharge, n'ira pas sans problèmes. Mais qu'on se rassure : ils sont solubles, et résolus...

COMMANDE DE LA FREQUENCE PAR UNE TENSION

Le synoptique partiel de la figure 2 montre que les générateurs de courants I et 2I sont asservis à une source de tension, elle-même réglable par deux moyens :

- à partir d'un potentiomètre P1 : c'est le vernier manuel, muni d'un cadran gradué en fréquence, et référencé 3 dans la figure 1 ;
- à partir d'une éventuelle tension variable externe, introduite sur l'entrée, VCO, et qui commande la modulation de fréquence, ou vobulation.

LES GENERATEURS DE COURANTS

Des sources de courants I et 2I dépendent, pour une large part, les performances de l'appareil : excursion en fréquence à l'intérieur de chacune des gammes, linéarité des rampes, maintient du rapport cyclique aux fréquences basses, etc. Leur schéma mérite donc une analyse attentive ; afin de faciliter les comparaisons ultérieures avec les dessins de synthèse, nous adopterons les références définitives de composants, dès les représentations partielles.

GENERATEUR 2I (figure 3)

Convenablement alimenté sur ses broches 7 et 4 (nous y reviendrons), l'amplificateur opérationnel CI5 reçoit, **entre son entrée non inverseuse et le pôle +E de l'alimentation**, une différence de potentiel continue ΔV_1. Avec un amplificateur parfait (gain statique infini en boucle ouverte, pas d'offset), l'entrée inverseuse et, par suite, la source du FET T3 qui lui est reliée, se retrouvent exactement au potentiel de l'entrée "+". La résistance R18 voit ainsi la différence de potentiel ΔV_1 qui y fait circuler le courant :

$$2I = \frac{\Delta V_1}{R18}$$

Le FET T3, à canal P, ne consomme aucun courant par sa grille G (au maximum, quelques dizaines de pA) : l'intensité 2I qui y entre par sa source S, en ressort donc intégralement par le drain D. T3 constitue la source de courant 2I de la figure 2.

L'exigence de gain infini peut être jugée suffisamment approchée pour l'amplificateur opérationnel LF 355 choisi (A⩾50 000) ; il n'en va pas de même pour la tension d'offset, qui peut

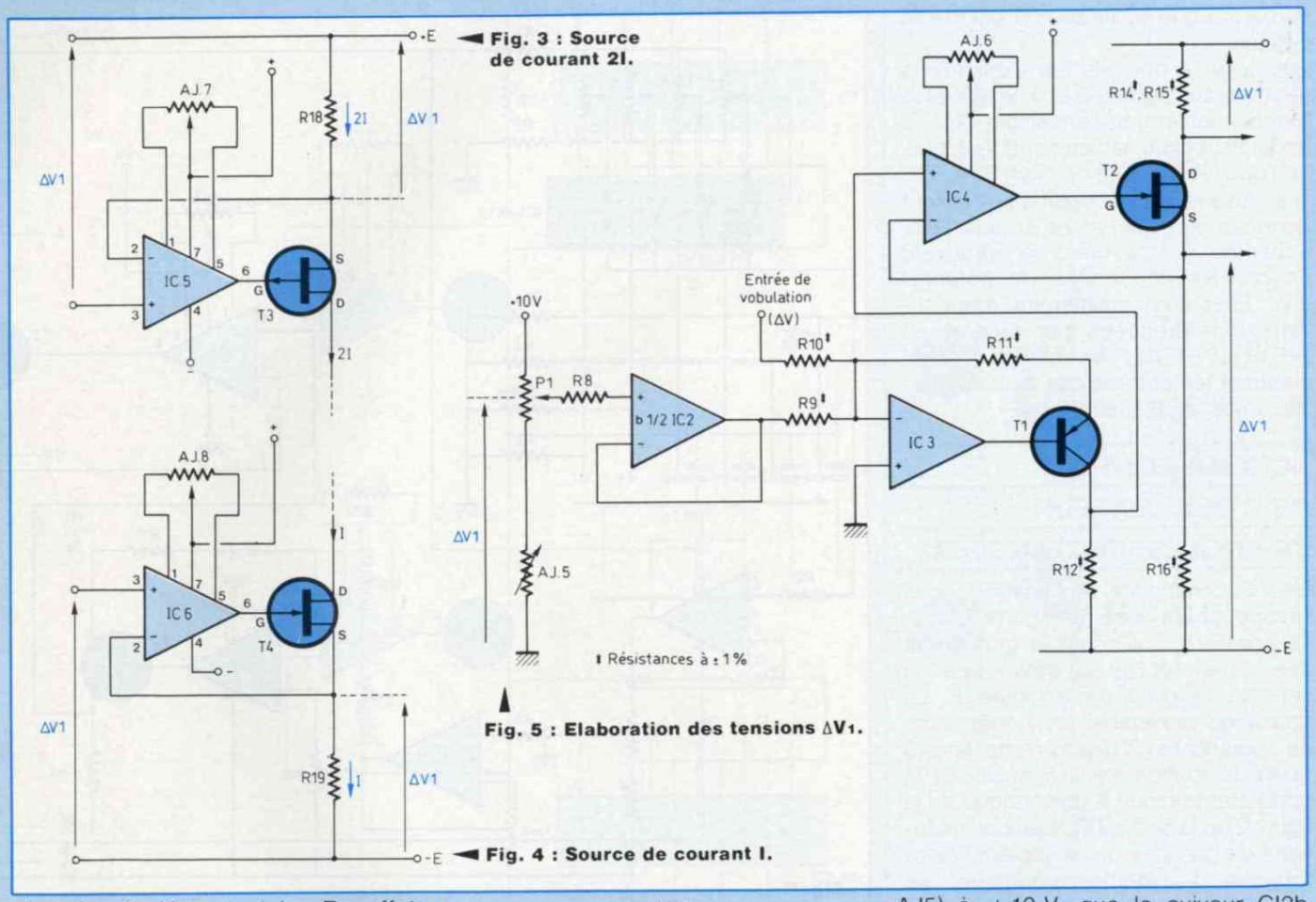


Fig. 3 : Source de courant 2I.

Fig. 5 : Elaboration des tensions ΔV_1.

Fig. 4 : Source de courant I.

atteindre 2 mV en entrée. En effet, nous verrons qu'aux fréquences les plus basses, ΔV_1 descend à 10 mV, vis-à-vis desquels les 2 mV introduisent une erreur possible de 20 %, inacceptable. On la compense sur les broches "balance" 1 et 5 de l'amplificateur opérationnel, à l'aide de l'ajustable AJ7.

DU GENERATEUR 2I AU GENERATEUR I

La configuration de la "source" (en fait, elle absorbe) de courant I (figure 4), ressemble à la précédente. La même différence de potentiel ΔV_1 s'applique, cette fois, entre l'entrée non inverseuse de CI6 et le pôle −E de l'alimentation. On la retrouve aux bornes de R19 où circule, ainsi que dans la source et dans le drain du FET T4 à canal N, l'intensité :

$$I = \frac{\Delta V_1}{R19}$$

sous réserve, naturellement, que R19 = 2R18 : nous utiliserons des résistances à 1 % pour garantir ce rapport avec une précision suffisante. Là encore, une compensation d'offset s'impose : c'est le rôle de la résistance ajustable AJ8.

ELABORATION DES TENSIONS ΔV_1

Egales, les différences de potentiel ΔV_1 des figures 3 et 4 ne sont pas référencées par rapport au même niveau. Elles doivent cependant provenir du même potentiomètre P1, organe de réglage manuel de la fréquence. Le montage de la figure 5 résoud la difficulté.

Au curseur de P1 apparaît une tension réglable de + 10 mV (résistance talon AJ5) à + 10 V, que le suiveur CI2b reproduit sur sa sortie, à faible impédance. Dans un premier temps, examinons le fonctionnement de l'étage CI3, T1, en l'absence de tension externe sur l'entrée de vobulation : R10, alors, n'intervient pas. L'entrée inverseuse de CI3 constitue une masse virtuelle et les mêmes intensités traversent R9, R11 et R12, toutes connues à 1 % près. Aux bornes de R12 on retrouve ΔV_1, puisque R9 = R12.

En présence d'une tension de vobulation variable ΔV, positive et partant de zéro, CI3 et les résistances qui l'entourent se comportent comme un sommateur à gain unitaire. Aux bornes de R12, on dispose maintenant de la différence de potentiel $\Delta V_1 + \Delta V$, dont Le premier terme détermine la fréquence basse de départ de la vobula-

tion alors que le deuxième en fixe la largeur.

Lorsqu'on a compris les explications relatives aux figures 3 et 4, le rôle et le fonctionnement de l'ensemble CI4, T2 apparaissent immédiatement. Aux bornes des résistances de drain R14, R15 (les raisons du dédoublement seront données plus loin) et de source R16, appariées à 1 % près, se retrouvent encore les différences de potentiel ΔV_1. Elles sont, maintenant, respectivement référencées par rapport au +E et au −E de l'alimentation et commandent les entrées des circuits illustrés dans les figures 3 et 4.

SCHEMA COMPLET DE L'OSCILLATEUR TRIANGLES/RECTANGLES

Pour la commodité de l'analyse, nous l'avons réparti entre les figures 6 et 7. La première, qui décrit le générateur des tensions ΔV_1, développe le schéma simplifié de la figure 5. La deuxième rassemble les générateurs de courants I et 2I (figures simplifiées 3 et 4), le comparateur à seuils et la porte électronique K (synoptique de la figure 2) et la sortie TTL. Les commutations de gammes qui associent l'électronique à l'électromécanique, se répartissent entre les deux figures.

Si, théoriquement, une unique tension de 10 V suffit à alimenter le vernier de fréquence P1, comme indiqué sur la figure 5, la pratique se montre plus exigeante. En effet, à chaque gamme de fréquences correspond une capacité différente du condensateur de temporisation C de la figure 2. Sauf à choisir ces condensateurs au sein d'une production définie à 1 %, difficile à trouver et nécessairement coûteuse, et à la condition supplémentaire de compenser les capacités parasites sur la gamme supérieure, on rencontrera des écarts de ±10 % (série MKT ou MKH).

On ne peut alors, pour l'ensemble des gammes, rétablir la coïncidence des échelles sur le cadran du vernier qu'en jouant sur la tension de référence

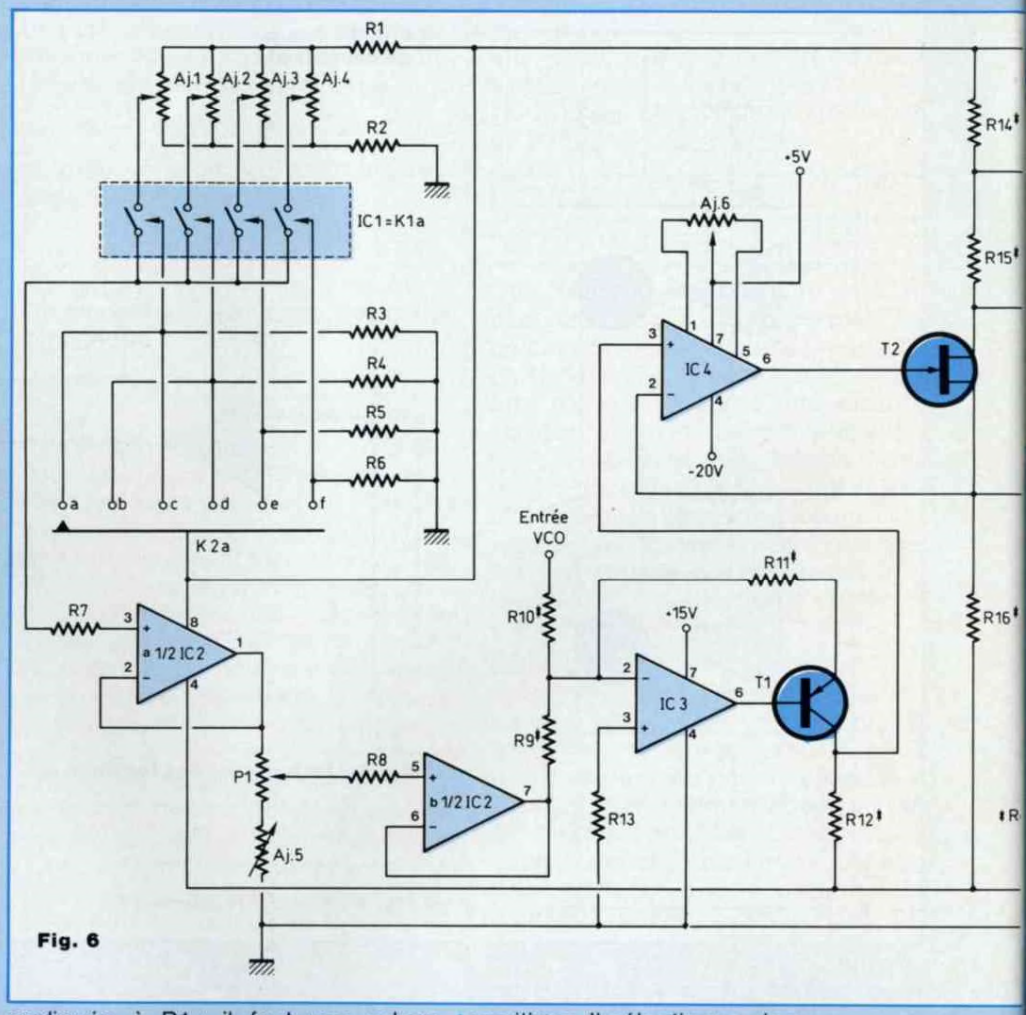


Fig. 6

appliquée à P1 : il faut une valeur, ajustable, pour chaque gamme. En fait d'ailleurs, 4 valeurs suffisent, qui correspondent aux 4 condensateurs commutés sur les 6 gammes, grâce à une intervention au niveau des générateurs de courants. On évite ainsi les condensateurs de trop faible ou de trop forte capacité, les valeurs extrêmes se limitant à 470 nF et 470 pF (rapport 1 000 au lieu de 100 000).

Le commutateur K1a, électronique puisqu'il s'agit de portes analogiques CMOS, reçoit sur les diverses entrées de commande, soit un potentiel nul (R3, R4, R5 ou R6 ramenées à la masse), soit une tension continue de +15 V, aiguillée par la section K2a du commutateur électromécanique K2 à 6 positions. Il sélectionne alors :

– dans les positions a et c de K2a, l'ajustable AJ1 ;
– dans les positions b et d, l'ajustable AJ2 ;
– dans les positions e et f, les ajustables AJ3 et AJ4, respectivement.

Les tensions aux curseurs de ces différentes résistances, séparément réglables pour compenser les écarts de capacités des condensateurs C1 à C4 (figure 7), mais néanmoins toutes voisines de +10 V, sont recopiées à basse impédance sur la sortie de l'amplificateur opérationnel CI2a et appliquées au vernier de fréquence P1. L'ajustable AJ5, connecté en talon vers la masse, détermine la valeur minimale du potentiel au curseur

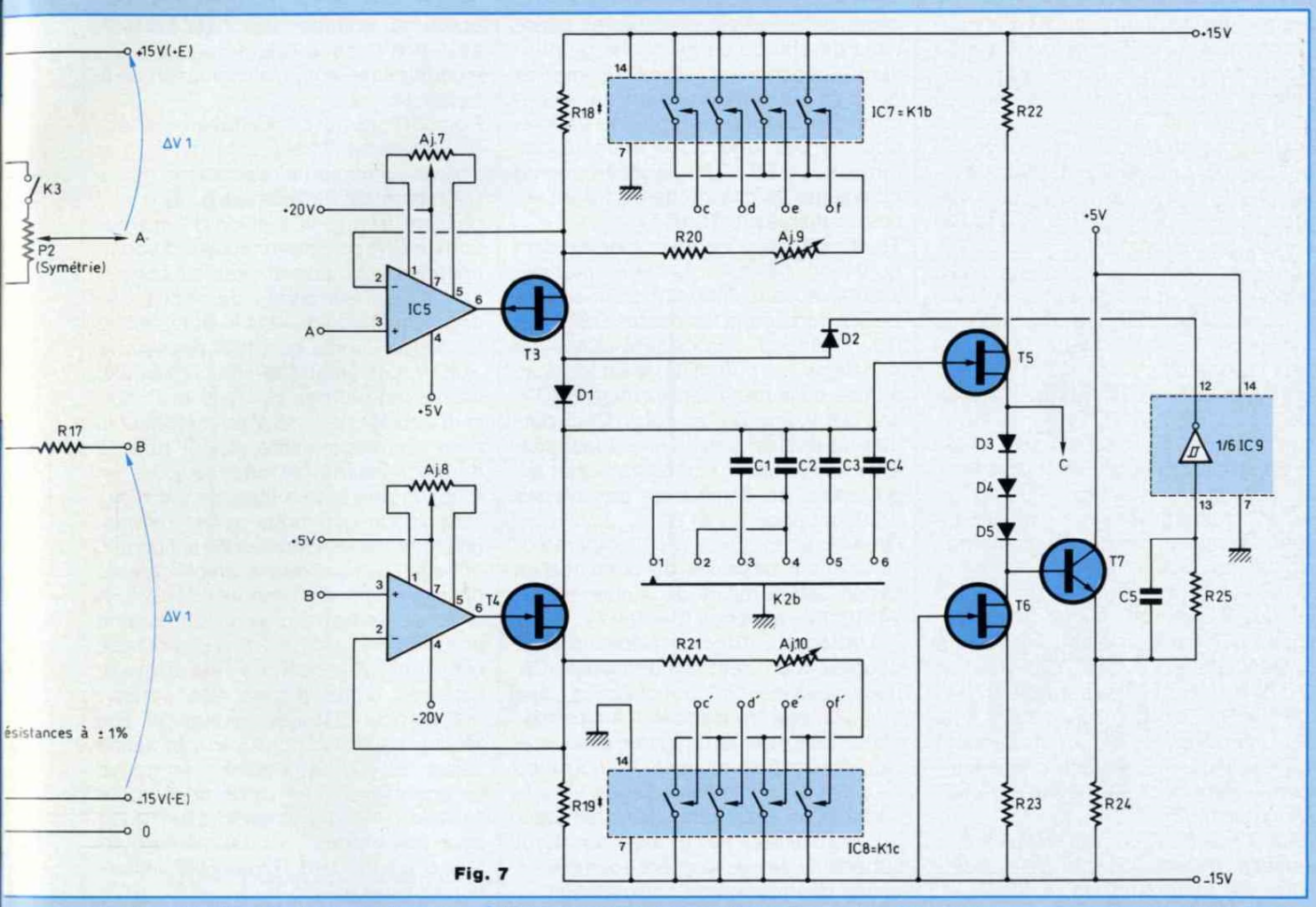


Fig. 7

de P1, donc l'excursion en fréquence sur chaque gamme : elle doit atteindre un rapport 1 000.

On connaît le reste (se reporter à l'analyse de la figure 5) sauf pour ce qui concerne l'ensemble des composants R14, R15, P2 et K3. Supposons, d'abord, K3 ouvert. Avec une précision de 1 %, le montage respecte la condition :

$$R14 + R15 = R16$$

et fonctionne dans les conditions illustrées à la figure 5, avec les mêmes tensions de commande ΔV_1. Charges et décharges du condensateur de temporisation durent le même temps et l'oscillateur élabore des triangles et des créneaux temporellement symétriques. C'est la position "SYM" de l'inverseur référencé 12 en figure 1.

Fermons maintenant K3 : P2 prélève, à partir du drain de T2, une fraction de ΔV_1, pour commander la source de courant supérieure de la figure 2. Les charges du condensateur de temporisation C en service s'en trouvent plus ou moins ralenties et les montées des rampes durent plus longtemps que leurs descentes. Le potentiomètre P2 ajuste donc la symétrie des signaux, dans ce mode de fonctionnement. On retrouve évidemment ce réglage sur les créneaux et sur les "sinusoïdes"... qui n'en sont plus !

Passons à la figure 7 maintenant. Avec elle, apparaissent essentiellement les deux générateurs pour les courants I et 2I, le comparateur à seuils et le dispositif de commutation alternée des charges et décharges du condensateur C de la figure 2.

L'ensemble CI5, T3 constitue la source de courant 2I déjà vue lors de l'analyse de la figure 3, tandis que le couple CI6, T4, étudié en figure 4, délivre l'intensité I. Pour que chaque sortie, c'est-à-dire les sources des transistors à effet de champ T3 et T4, recopie parfaitement le potentiel de l'entrée non inverseuse correspondante (points A et B de la figure 7), il importe de compenser l'offset en tension des amplificateurs opérationnels ; c'est le rôle attribué aux résistances ajustables AJ7 et AJ8, connectées sur les bornes de compensation 1 et 5 des LF 355.

Le potentiel de source de T3 doit pouvoir monter à +15 V et celui de T4 descendre à −15 V. On ne peut y parvenir qu'en alimentant CI5 à partir du +20 V et CI6 à partir du −20 V. Comme ces amplificateurs ne supportent pas plus de 36 V entre leurs bornes 4 et 7, ceci explique que CI5 retourne à −5 V par sa borne 4 et CI6 à +5 V par sa borne 7.

4 condensateurs seulement, C1 à C4, déterminent, par leur sélection à l'aide du commutateur K2b, les 6 gammes de fréquence du générateur ainsi que nous l'avons dit plus haut. On s'en tire en jouant sur les plages de réglage des intensités I et 2I. Dans les positions 1 et 2 de K2b, seules sont mises en service les résistances R18 et R19, de très fortes valeurs : 250 kΩ et 500 kΩ respectivement. On charge alors C1, ou C2, par des courants très faibles, puisque I varie de 20 nA à 20 μA. Par contre, dans les positions 3 à 6 incluses de K2b, les portes analogiques CI7 (section électronique K1b du commutateur K1) et CI8 (section K1c de K1) mettent en parallèle R20 et AJ9 sur R18 et R21 et AJ10 sur R19. Les intensités I et 2I deviennent 100 fois plus élevées que précédemment, variant de 2 μA à 2 mA sur chaque gamme.

Naturellement, il devient alors indispensable de tenir compte de la résistance de chaque porte analogique ; pour divers échantillons de circuits CD 4066, cette résistance peut varier de 80 à 280 Ω et cette dispersion est compensée par AJ9 pour CI7 et AJ10 pour CI8. On remarquera, par contre, que cette compensation reste la même sur toutes les portes d'un même circuit intégré. En effet, la dispersion reste alors de l'ordre de 10 Ω au maximum, donc négligeable vis-à-vis des résistances connectées en série. Nous reviendrons, plus loin, sur les problèmes que posent la commande des portes K1b et K1c.

PRELEVEMENT DES TRIANGLES ET COMPARATEUR

Aux bornes des condensateurs C1 à C4, on dispose des triangles sous une impédance élevée, puisque les intensités de charge ou de décharge peuvent descendre à 20 nA. Il importe donc de les récupérer sous une impédance beaucoup plus grande encore, pour ne pas affecter la linéarité des rampes. Le FET T5, utilisé en source commune, se charge de ce travail, en association avec T6 et T7.

T6, fonctionnant en source de courant constant, fait circuler une intensité invariable dans l'espace drain-source de T5, donc dans les diodes D3, D4 et D5. Celles-ci introduisent alors un décalage de potentiel voisin de 2 V, auquel s'ajoute la tension V_{BE} de T7, soit 2,6 V environ, au total. Ceci permet de réaliser une bonne adaptation entre les seuils du comparateur et les potentiels de commande des diodes de découpage D1 et D2.

On utilise en guise de comparateur l'une des 6 bascules de Schmitt d'un circuit CMOS rapide de la série HC, le 74 HC 14, référencé IC9 dans la figure 7. L'attaque s'effectue à travers R26, doublée d'un petit condensateur C5, pour favoriser la transmission des triangles aux fréquences les plus élevées. Une telle précaution évite que l'amplitude des signaux triangulaires au point C, finalement dirigés vers la sortie, mais aussi vers le conformateur de sinusoïdes, ne croisse en bout supérieur de la dernière gamme, à cause des retards de commutation.

Alimenté, entre la masse et le +5 V, CI9 délivre des créneaux qui évoluent dans cette même fourchette, sur la borne 12. Leurs paliers hauts bloquent D2 et laissent D1 conduire : ils correspondent aux charges des condensateurs de temporisation. Pendant les paliers bas au contraire, D2 conduit et amène le potentiel d'anode de D1 au-dessous de son potentiel de cathode, bloquant ainsi cette diode : seul subsiste, alors, l'intensité de décharge absorbée par T4.

COMMANDE DES PORTES CI7 ET CI8

Chaque porte d'un circuit CD 4066, ouverte (entrée isolée de la sortie) lorsque l'électrode de commande est portée au potentiel V_{SS} de la borne 7, se ferme lorsque l'électrode de commande passe à V_{DD}, alimentation de la borne 14.

Pour CI7, cette commutation s'effectue aisément. Mises à la masse par l'intermédiaire des résistances R3 à R6 (figure 6), les bornes c, d, e et f passent à +15 V, tension d'alimentation de CI7, par l'intermédiaire du commutateur K2a. Les choses se compliquent pour les portes du circuit CI8, pour lequel V_{DD} devient le potentiel de la masse, tandis que V_{SS} descend à −15 V. Les électrodes de commande, maintenant notées c', d', e' et f', doivent évoluer de −15 V pour bloquer la porte correspondante, à 0 V pour la rendre passante et ceci toujours en fonction des ordres injectés par K2a.

La solution que nous avons retenue fait appel au transposeur de la figure 8, construit autour des 4 amplificateurs opérationnels d'un circuit LM 324. A chaque entrée c, d, e, f, correspond une sortie c', d', e', f'. Le montage répétant 4 sections identiques, l'analyse d'une d'entre elle suffira : optons pour CI10a, en remarquant que toutes les résistances y ont la même valeur (33 kΩ). Si le point c se trouve au potentiel 0, il en va de même pour l'entrée "+" de l'amplificateur, donc pour son entrée "−". Le même courant circulant dans R28 et R29, la sortie c' passe à −15 V.

Maintenant, portons c à +15 V. L'entrée "+" de l'amplificateur et son entrée "−" par voie de conséquance, montent à +7,5 V. Comme précédemment, la même intensité, traversant R28 et R29, y développe la même chute de tension et la sortie c' transite à 0 V.

En résumé, par le montage de la figure 8, on transpose de −15 V les tensions de commande de CI7, ce qui les rend aptes à actionner les portes de CI8.

SORTIE TTL ET SORTIE "RECTANGLES"

Alimentés sous 5 V, les triggers de CI9 délivrent des créneaux inscrits entre 0 et 5 V, donc directement satisfaisants pour une sortie dite TTL. On évite tou-

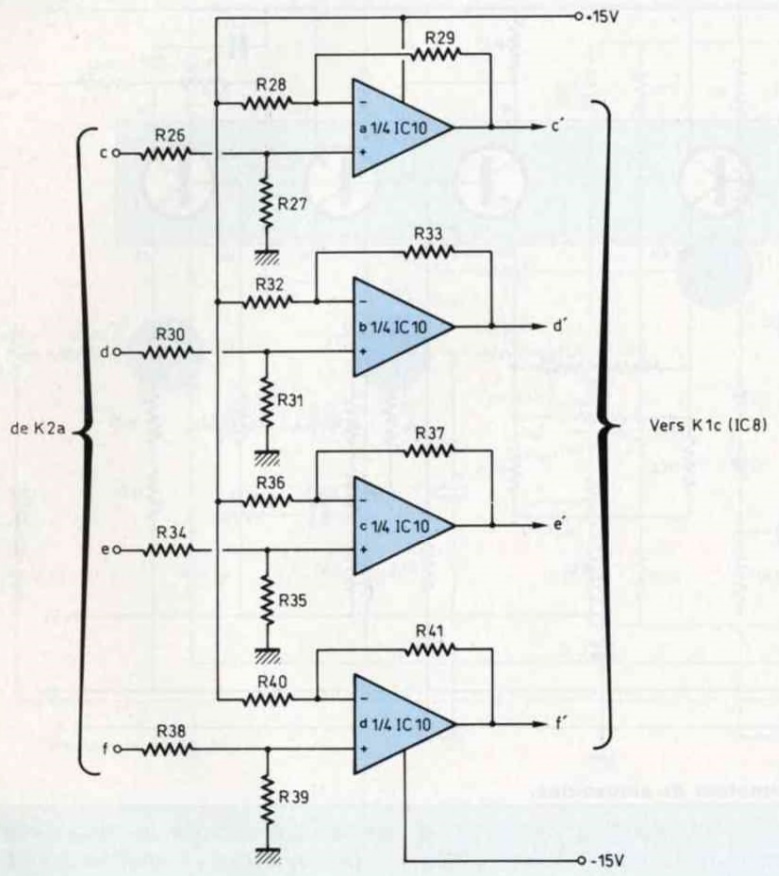


Fig. 8 : Commande des portes K1c.

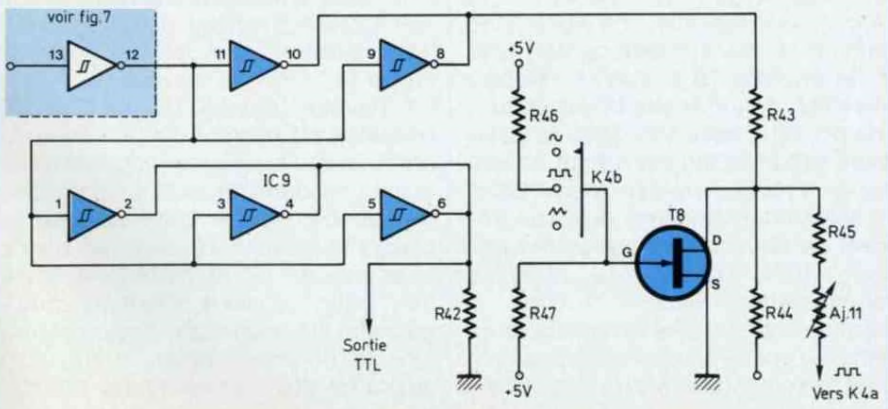


Fig. 9 : Sortie TTL et prélèvement des rectangles.

tefois d'exploiter la sortie 12 de la figure 7, ce qui pourrait perturber les commutations de D1 et D2. Les signaux sont donc repris à travers 3 autres triggers (entrées 1, 3, 5 et sorties 2, 4, 6), montés en parallèle pour accroître la sortance, comme le montre la figure 9. La résistance de sortie R42, théoriquement inutile (voire même nuisible puisqu'elle consomme un peu de courant), réduit les dépassements sur les transitoires, dans le cas de charges d'impédance plus ou moins complexe.

Sinusoïdes, triangles ou rectangles de la sortie principale doivent en permanence coexister avec les créneaux TTL puisque, sur la façade, on en dispose à travers 2 bornes distinctes (8 et 9 de la figure 1). Il faut alors craindre des couplages capacitifs qui, injectant une fraction de transitoires dans les sinusoïdes et dans les triangles, affectent la pureté de leurs sommets. Une implantation bien choisie des composants sur le circuit et l'emploi d'un câble coaxial pour relier CI9 à la BNC de sortie TTL, réduisent ces défauts au-dessous du seuil perceptible.

Le cas des créneaux de la sortie principale exige plus d'attention, pour plusieurs raisons. La figure 9 montre qu'on les prélève sur les broches 8 et 10 de CI9, ce qui oblige, dans un premier temps, à les recentrer autour du potentiel de la masse. C'est le rôle de l'ensemble R43 R44, dont le pied rejoint le −15 V. Il faut, ensuite, réduire leur amplitude à la valeur de celle des sinusoïdes et des triangles, avant traitement par l'amplificateur final : R45 et AJ11 s'en chargent, car ils constituent un diviseur, ajustable, avec le potentiomètre P (qu'on retrouvera en figure 9).

Il reste à résoudre le problème le plus délicat, celui du couplage entre les créneaux et les autres signaux ; il se manifeste de façon d'autant plus critique que tous empruntent des trajets nécessairement voisins et qui convergent sur le commutateur Ka de sélection des formes d'ondes. Or, ces signaux ne sont jamais exploités simul-

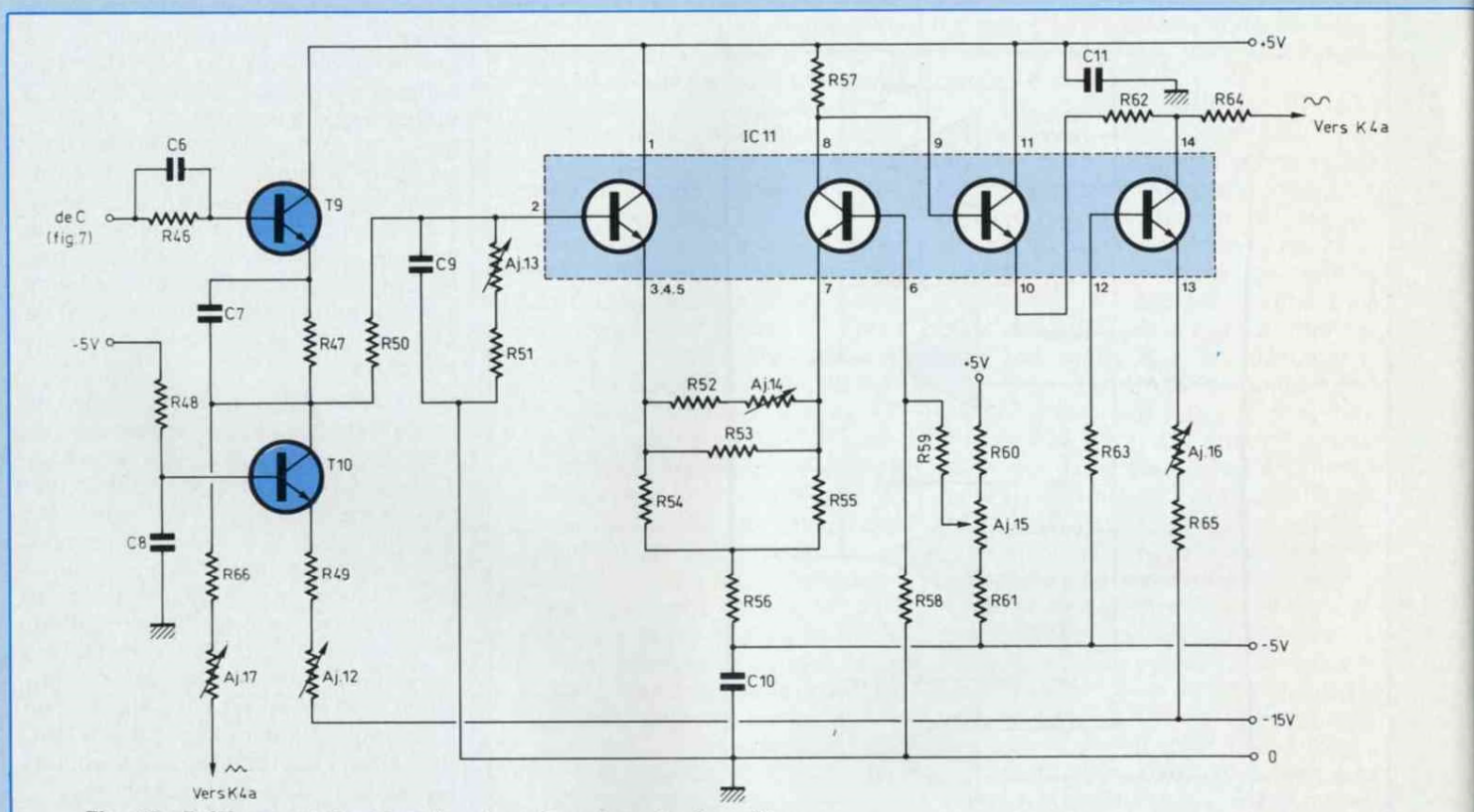


Fig. 10 : Prélèvement des triangles et conformateur de sinusoïdes.

tanément. Pourquoi, alors, ne pas supprimer les créneaux dès la source, dans les positions "sinusoïdes" et "triangles" ? Nous avons mis cette idée en pratique à l'aide du FET T8, utilisé en interrupteur. Lorsque Kb est fermé, le diviseur R46 R47 porte la grille de T8 au potentiel de sa source, c'est-à-dire au zéro. Le transistor se comporte comme une faible résistance et court-circuite presque totalement les créneaux. Au contraire, lorsque Kb s'ouvre, T8, dont la grille descend à −5 V, se bloque et les créneaux transitent vers les étages suivants par R45 et AJ11.

PRELEVEMENT DES TRIANGLES CONFORMATEUR DE SINUSOIDES

A la source du FET T5, point noté C sur la figure 7, les triangles sortent sous impédance relativement basse, mais avec une composante continue positive. L'étage T9 T10, s'il abaisse encore l'impédance, a principalement pour but de recentrer le signal autour de la masse (figure 10). A cet effet, T10 se comporte comme une source de courant constant, ajustable par AJ12 et qui traverse T9 et R47. En réglant l'intensité, on modifie la chute de tension continue dans R47, jusqu'à obtenir un potentiel moyen nul au collecteur de T10. Les condensateurs C6 et C7 assurent la compensation aux fréquences élevées et garantissent une égale transmission des triangles jusqu'à 2 MHz.

Avant de les appliquer au sélecteur de formes d'ondes K4a, on règle l'amplitude des triangles par la résistance ajustable AJ17.

Le reste des éléments de la figure 10 constitue le conformateur de sinusoïde, qui exploite la caractéristique exponentielle d'un amplificateur différentiel à transistors bipolaires. Ce sont ici deux transistors du réseau CI11 (circuit CA 3086) qui jouent ce rôle, avec l'avantage d'un bon appariement et, surtout, d'une bonne compensation des dérives thermiques puisque tous les transistors sont implantés sur la même puce.

Le réseau R50, AJ13, R51 ajuste l'amplitude d'entrée à 300 mV crête-à-crête, avec une légère intégration par le petit condensateur C9. La présence de ce composant peut surprendre puisqu'il semble réduire la bande passante. En fait, compte tenu de sa très faible capacité, C9 n'agit pratiquement que sur les pointes des triangles et contribue ainsi à parfaire la régularité des sommets des sinusoïdes.

AJ14 en ajustant le gain différentiel de l'étage et AJ15 en réglant finement la

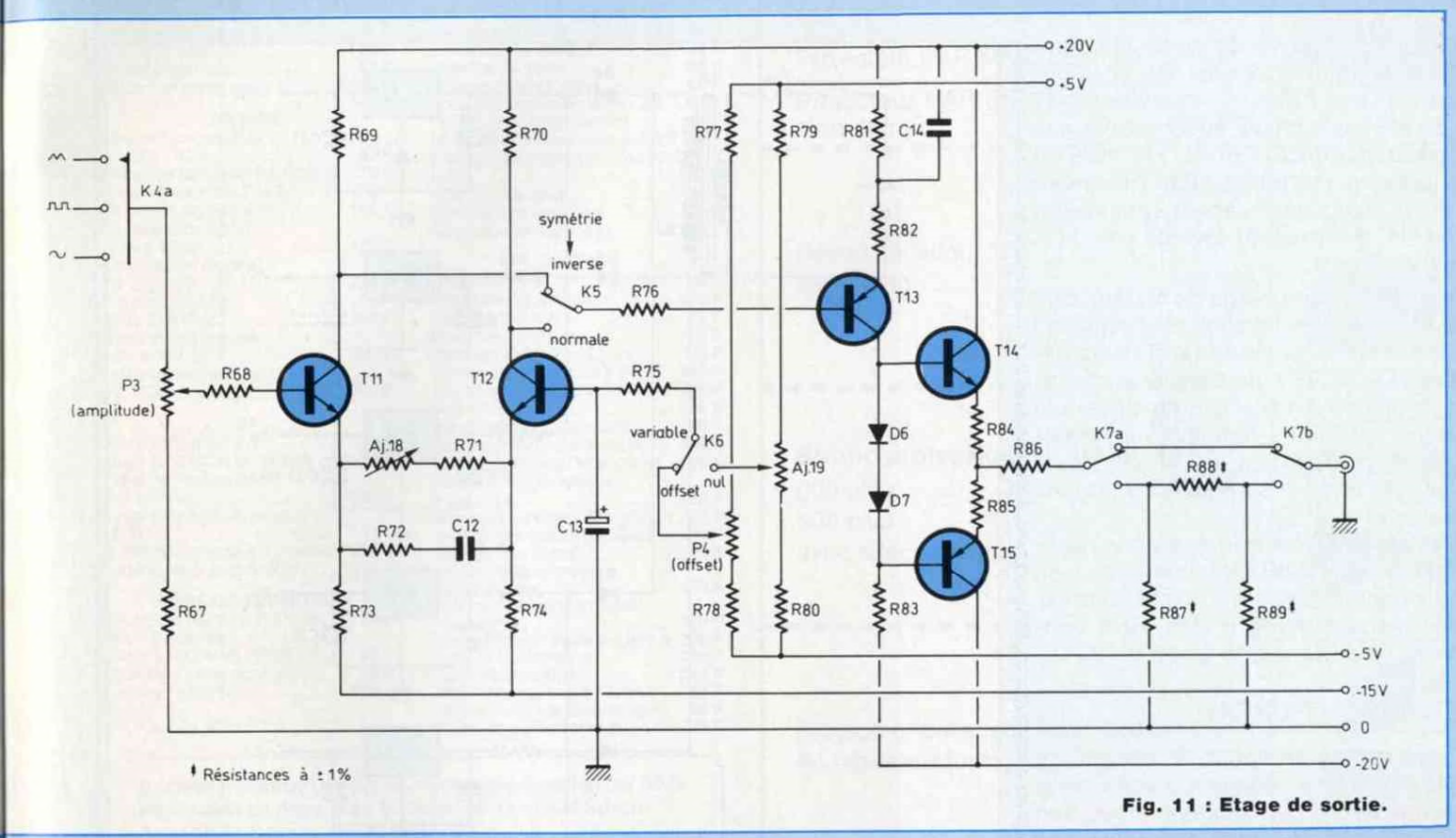


Fig. 11 : Etage de sortie.

polarisation de base du deuxième transistor, permettent de réduire au minimum le taux de distorsion qui ne dépasse pas 0,5 % à 1 000 Hz avec un réglage soigné.

Repris sur la résistance de collecteur R57, les signaux sinusoïdaux sont, à leur tour, affectés d'une composante continue positive. Le même mécanisme que pour les triangles – 2 transistors dont l'un joue le rôle d'une source de courant constant réglable par AJ16 – introduit une chute de tension aux bornes de R62.

Sur R64, on peut ramener le potentiel moyen à celui de la masse avant d'appliquer les signaux sur le sélecteur K4a.

Les sinusoïdes présentant l'amplitude la plus réduite, sur laquelle doivent s'aligner, à l'entrée de l'amplificateur final, les triangles et les rectangles, sont évidemment transmises sans réglage d'atténuation.

L'AMPLIFICATEUR DE SORTIE

S'il doit élever l'amplitude maximale des divers signaux à la valeur assignée par le cahier des charges, soit 20 V crête-à-crête en sortie ouverte, l'amplificateur final se voit aussi confier plusieurs autres tâches :

– il incorpore les deux réglages combinés de l'amplitude, continu par potentiomètre et en deux gammes séparées de 20 dB (rapport 1 ou 0,1) :

– il fixe à 50 Ω l'impédance de sortie et ce, quelle que soit l'atténuation choisie ;

– il permet la transmission directe des signaux (déphasage nul) ou leur inversion (déphasage de 180°), ce qui correspond à l'inversion du rapport cyclique ;

– il autorise le fonctionnement à offset nul (signaux centrés sur le potentiel de la masse) ou variable et commande le décalage de tension dans ce dernier cas.

La figure 11 détaille les moyens mis en œuvre pour l'accomplissement de ces missions. Après K4a, où les trois formes d'ondes parviennent avec la même amplitude, P3, talonné par R67, règle finement cette dernière dans un rapport légèrement supérieur à 10. Une première amplification est alors confiée à l'amplificateur différentiel T12, T11, dont AJ18, en jouant sur le couplage entre les émetteurs, ajuste le le gain. Une correction pour les fréquences élevées intervient par R72 et C12.

Le potentiel continu sur la base de T12 fixe la polarisation de l'étage en agissant en sens inverse sur les points de repos de T11 et de T12. Il s'agit donc du réglage d'offset, fixe ou variable selon la position de l'inverseur K6. Dans le premier cas, AJ19 positionne

le potentiel moyen de sortie sur zéro. Dans le deuxième cas, P4 en commande l'excursion.
Les mêmes signaux apparaissent aux collecteurs de T11 et de T12 mais en opposition de phase. Par l'inverseur K5, on sélectionne ainsi la symétrie (en fait, la dissymétrie) inverse, ou normale.

Le PNP T13 se charge de la deuxième et dernière amplification et attaque les transistors de sortie T14 et T15, en utilisant D6 et D7 pour annuler la distorsion de croisement. On remarquera la cellule de contre-réaction sur l'émetteur de T13 : grâce à C14, elle favorise, elle aussi, les fréquences les plus élevées.
Cet étage se termine enfin par l'atténuateur de 20 dB construit autour de K7 et dont la structure, jointe au choix des résistances R87, R88, R89, conserve l'impédance de sortie de 50 Ω.

L'ALIMENTATION

Représentée en figure 12, elle délivre les 6 tensions régulées, nécessaires au fonctionnement du générateur. Son organisation plus que classique, qui fait appel à des régulateurs "3 pattes", n'appelle pas de commentaires. On se reportera, le cas échéant, aux derniers articles d'initiation de M. Matoré.
Nous n'attirerons l'attention que sur un point : les régulateurs CI12 et CI17 devraient être des modèles +20 V et −20 V, mais nous avons remarqué que ces valeurs étaient mal distribuées chez les détaillants. Aussi bien augmentons-nous la tension de sortie de régulateurs +18 V et −18 V en interposant les zéners DZ1 et DZ2 dans les connexions de masse. On les remplacera par des straps, si on peu trouver des régulateurs + ou −20 V.

A suivre...

René Rateau

La deuxième partie de cet article sera consacrée à la réalisation de ce générateur de fonctions.

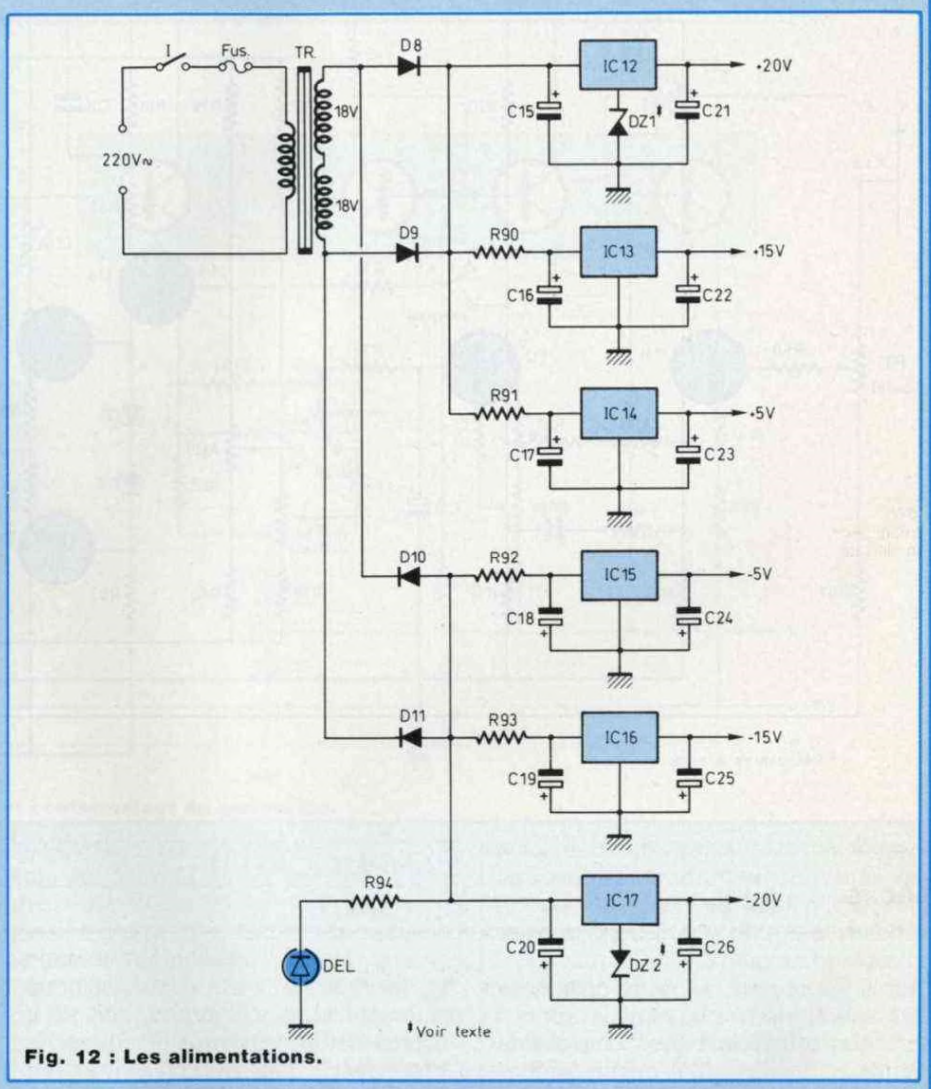
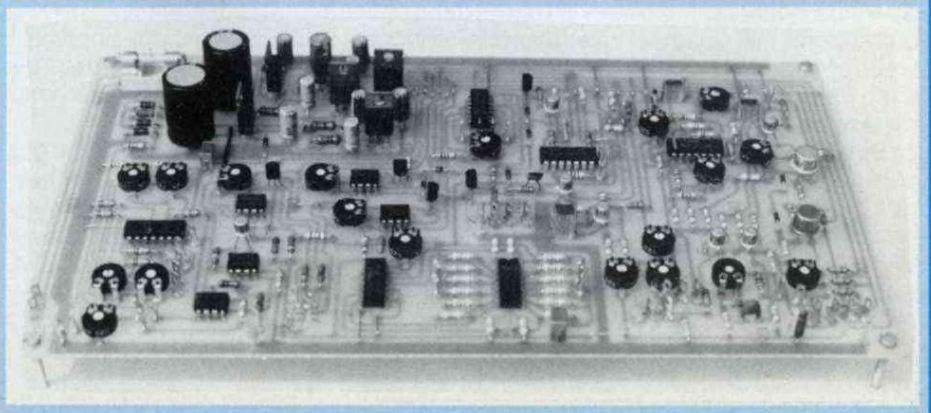


Fig. 12 : Les alimentations.



NEW ! king ELECTRONIC

35, rue d'Alsace
75010 PARIS
Tél. : 40.37.57.73

SERVICE APRES-VENTE
Toutes marques, RADIO, T.V., HIFI, VIDEO
Modification, K, etc.
Adaptation magnétoscope pour C +

mabel ELECTRONIQUE

35-37, rue d'Alsace
75010 PARIS
Tél. : **40.37.72.50 +**
Métro : gare du Nord et de l'Est

Les Magasins KING Electronic et MABEL Electronique sont ouverts de 9 h à 19 h sans interruption - Le samedi de 9 h à 18 h. - Fermés le dimanche

Kits - jeux lumière - composants - mesure - circuits imprimés

SELECTION KITS

ALARME ANTIVOL

Antivol de maison	80 F
Antivol pour auto	88 F
Temporisateur d'alarme	80 F
Antivol à ultrasons	152 F
Antivol de villa	128 F
Sirène américaine	80 F
Radar hyperfréquence	360 F

MESURE

Alimentation réglable 1 à 12V - 0,3A	80 F
Détecteur universel 5 fonctions	72 F
Convertisseur 6/12V - 2A	136 F
Voltmètre digital 0 à 999V	144 F
Capacimètre digital 1pf à 9 999uf	176 F
Alimentation digitale 3 à 24V - 2A	224 F
Fréquencemètre 30Hz à 50MHZ	360 F
Alimentation régulée 1,5V à 35V 1A	83 F
Fréquencemètre digital 0 à 1GHZ	750 F

BF

Amplificateur BF 2W	* 40 F
Ampli BF 2×15W ou 1×30W	*128 F
Table de mixage stéréo 2×6 entrées	*208 F
Ampli-préampli-correcteur 15W	*112 F
Préampli-correcteur 5 entrées	*112 F
Amplificateur guitare 80W	*312 F

ÉMISSION-RÉCEPTION

Récepteur FM 88 à 104MHz	*128 F
Ampli d'antenne 1MHz à 1000MHz - 20db	88 F
Récepteur onde moyenne	55 F
Emetteur FM 5W	200 F

** T.V.A. : 25 %*

JEUX DE LUMIÈRE

Modulateur de lumière 3 voies + 1 inversé	80 F
Modulateur de lumière 3 voies + micro	96 F
Gradateur de lumière	32 F
Chenillard 4 voies	96 F
Stroboscope 40 joules	96 F
Modulateur micro/chenillard 4 voies	144 F
Gradateur à touch-control	96 F
Modulateur 3 voies pour auto	80 F
Chenillard multiprog 8 voies - 2 048 fonct.	320 F
Chenillard 8 voies	128 F
Stroboscope miniature	30 F
Stroboscope 300 joules	225 F

CONFORT

Serrure codée	96 F
Télécommande secteur	136 F
Clap interrupteur	72 F
Interphone moto	128 F
Variateur de vitesse 6/12V	80 F
Thermomètre digital 0 à 99°C	144 F
Thermostat digital 0 à 99°C	168 F
Carillon 24 airs	128 F
Interrupteur crépusculaire	80 F
Programmateur domestique	400 F
Télécommande 27MHz codée	256 F
Barrière/télécommande à ultrasons	128 F
Variateur de vitesse 220V - 1.000W	80 F
Allumage élec. à décharge capacitive	216 F
Compte-tour digital	120 F
Barrière/télécommande à infrarouges	160 F
Thermomètre digital négatif -50 à +9°C	160 F
Temporisateur digital 0 à 999 s.	200 F
Batterie électronique	120 F
Chien électronique	295 F
Timer universelle 0 à 15mn	99 F
Attente musicale téléphonique	88 F
Pile ou face électronique	45 F

Etude et réalisation de circuit imprimé implantation par CAO.
Réalisation de proto avec Mylar ou calque, délai 30 mn.
Avec photocopie ou revue, délai 72 h.

Spot couleur 60W, 8 couleurs,
à l'unité ..... 15 F
Les 10 ..... 120 F

Projecteur PAR 56 sans lampe.... 210 F

Projecteur PAR 56 économique sans lampe ..... 180 F

Rayon balladeur 180°
sans lampe ..... 190 F

Strobo professionnel 300 joules
300 plus ..... 720 F
500 plus
avec télécommande externe ..... 890 F

Projecteur balladeur RB100 180°
64 faisceaux lumineux ..... 790 F

pièces détachées - S.A.V. - T.V. - HiFi - Vidéo - accessoires - sono - haut parleur

FRANCE KIT

Chenillard 2000 programmes 8 sorties 600 W, complet en kit, avec boîtier métallique sérigraphié bouton prises de sortie ..... **460 F**
Version montée ..... **550 F**

Modulateur micro : 3 voies, filtre sélectif de tonalité complet en kit avec boîtier métallique, sérigraphie bouton prise de sortie ..... **155 F**
Version montée ..... **255 F**

Modulateur chenillard 4 voies réglage de vitesse et de sensibilité, complet en kit avec boîtier métallique sérigraphié bouton prises de sortie ..... **215 F**
Version montée ..... **320 F**

Ondulateur quadrichromique 4 voies, complet en kit avec boîtier sérigraphié, prises de sortie bouton ..... **440 F**
Version montée ..... **550 F**

Nous acceptons les Bons de la Semeuse

VISA N° ____ ____ ____ ____
Date d'expiration ____ ____

EXPÉDITIONS : Pour moins de 2 kg : **25 F**, de 2 kg à 5 kg : **40 F** + de 5 kg expédition en port dû.

EXPÉDITION HORS TAXES DOM-TOM EUROPE AFRIQUE

BON DE COMMANDE

Pour compléter votre collection de LED
à adresser aux EDITIONS PERIODES
service abonnements
1, boulevard Ney 75018 PARIS

Je désire : ..... n° 12 ☐ ..... n° 15 ☐ ..... n° 16 ☐
.... n° 17 ☐ .... n° 18 ☐ .... n° 27 ☐ .... n° 29 ☐
.... n° 30 ☐ .... n° 31 ☐ .... n° 33 ☐ .... n° 36 ☐
.... n° 43 ☐ .... n° 44 ☐ .... n° 45 ☐ .... n° 46 ☐
.... n° 47 ☐ .... n° 48 ☐ .... n° 49 ☐ .... n° 50 ☐
.... n° 51 ☐ .... n° 58 ☐ .... n° 59 ☐ .... n° 61 ☐
.... n° 62 ☐ .... n° 63 ☐ .... n° 65 ☐ .... n° 66 ☐
.... n° 67 ☐ .... n° 68 ☐ .... n° 69 ☐ .... n° 70 ☐
..... n° 71 ☐ ..... n° 72 ☐ ..... N° 73 ☐

Les numéros non mentionnés sont épuisés.

(Indiquer la quantité et cocher les cases correspondantes au numéros désirés).

Je vous fais parvenir ci-joint le montant
de..... F par CCP ☐ par chèque bancaire ☐
par mandat ☐
22 F le numéro (frais de port compris)
32 F pour le numéro spécial n° 70

Mon nom :.....
Mon adresse :.....
.....

SERVICE CIRCUITS IMPRIMES

Support verre époxy FR4 16/10 - cuivre 35 μ

Prix	Qté	Circuits non percés	Circuits percés	Total
• Badge lumineux.....		10,00 F	20,00 F	
• Ampli de sonorisation..		48,00 F	67,00 F	
• Gradateur de lumière...		22,00 F	27,00 F	
• Indicateur de tension de batterie.....		26,00 F	35,00 F	
TOTAL TTC.....			F	

Frais de port et emballage..... 10 F

TOTAL A PAYER F

Paiement par CCP ☐, par chèque bancaire ☐
ou par mandat ☐ à adresser aux Editions Périodes
1, boulevard Ney 75018 Paris

NOM .....
PRENOM .....
ADRESSE .....
.....

INDEX DES ANNONCEURS

ADS, p. 52. AUDIO TOP, p. 35. ADG 2P, p. 51. CAF, p. 2. CHELLES, p. 5. COM ELECTRONIQUE, p. 51. DAVIS, p. 51. ELEN, p. 35. EDITIONS FREQUENCES, p. 27-36-37. ELECTRON SHOP, p. 50. ISKRA, p. 31. IMPRELEC, p. 51. K. INGENIERIE, p. 51. LRC, p. 50. MABEL, p. 49. MMP, p. 31. NICE HIFI DIFFUSION, p. 50. PERLOR, p. 35. SVE, p. 51.

57

INNOVE Electronique

Tous les semiconducteurs nécessaires à la réalisation de la chambre d'écho digitale du Led n° 72, notamment les TMS 2147 H (RAM 4 k × 1)

INNOVE Electronique 20 AVENUE DE NANCY
57070 METZ - TÉL. : 87.66.44.96

LRC **69**

TOUS LES COMPOSANTS
CHOIX - QUALITE — PRIX

LYON RADIO COMPOSANTS

46, Quai Pierre Scize
69009 LYON - Tél. 78.39.69.69

63

Electron = Shop

COMPOSANTS KITS EMETTEURS - RECEPTEURS
DÉTECTEURS DE MÉTAUX ANTENNES ET ACCESSOIRES
SONORISATION HP
20, 23, avenue de la République
63100 CLERMONT-FERRAND
Tél. : 73.92.73.11 / 73.90.99.93

Nice HIFI DIFFUSION

COMPOSANTS ELECTRONIQUES - CONNECTIQUE INFORMATIQUE
KITS - SONO - MESURE - OUTILLAGE - MAINTENANCE
19, rue Tonduti de l'Escarène 06000 NICE
Tél. : 93.80.50.50
06

LES BONNES ADRESSES DE LED

REALISATION DE CIRCUITS IMPRIMES

K. INGENIERIE réalise vos C.I. (étamés, percés).
30 F/dm² en simple face, 40 F/dm² en double face
Délais rapides, qualité professionnelle **75**

Chèque à la commande - Port 15 F

KIALI INGENIERIE 3, rue de l'Abbé Carton 75014 Paris
Tél. : 45.40.78.25 +

COM Electronique

Fabrication de circuits imprimés.

COMPOSANTS ACTIFS ET PASSIFS
TOUS COFFRETS - KITS - OUTILLAGE - ALARMES

85, rue Liandier
13008 Marseille **13**
Tél. 91 78 34 94

A.D.G.2.P. ELECTRONIQUE 33

Vente de composants électroniques
et micro-informatiques

327, av. de Verdun (Centre Commercial Saphir)
33700 MERIGNAC

TEL. : **56.97.95.91**
Telex : 541755 ATTN ADG2P
Télécopie : 56.97.53.36

Samedi de 9 h à 12 h et Lundi de 14 h à 19 h
Ouvert du Mardi au Vendredi de 9 h à 12 h et de 14 h à 19 h

LYON SVE ELECTRONIC *GRENOBLE*

NOUVEAU

Le Service N°1 à Lyon
60, cours de la Liberté
78 71 75 66

20, rue Condorcet
76 47 76 41

69 *Composants actifs, passifs*
Mesures, librairie, coffrets, etc. **38**

Tirage de circuits imprimés gratuit aux étudiants sous 24 h
TARIFS SPECIAUX AUX ECOLES ET ENTREPRISES

IMPRELEC

B.P. n° 5
74550 PERRIGNIER **74**
Tél. : 50.72.46.26

Fabrication de circuits imprimés simple et double face, à l'unité ou en série. Métallisation par œillets.
Qualité professionnelle.

DAVIS ACOUSTICS

FABRICANT FRANÇAIS

UNE TECHNOLOGIE DE POINTE
AU SERVICE DE LA MUSIQUE

Haut-parleurs haute technologie - Membranes en matériau composite - Fibres de Carbone, Kevlar, Aramide Verre, Cellulose Graphite -Circuit magnétique surpuissant - Absence de coloration, faible distorsion, très grande capacité dynamique, haute tenue en puissance

DAVIS ACOUSTICS

14, RUE BERANGER 94100 SAINT-MAUR-DES-FOSSES
TEL. : 48.83.07.72

ADS ELECTRONIQUE

MONTPARNASSE

Tél. : 43.21.56.94
Télécopie : 432. 197. 75.

16, rue d'Odessa -75014 PARIS
Métro Montparnasse ou Edgar Quinet
Ouvert de 10H à 12H30 et de 14H à 19H.
Tous les jours du mardi au samedi
SERVICE EXPEDITION RAPIDE Forfait port : 35 F

Prix donné à titre indicatif pouvant être modifié sans préavis.
Administration : paiement comptant

LOGIQUE

TTL LS

74 LS00	1,50
74 LS01	1,80
74 LS02	1,80
74 LS03	1,80
74 LS04	1,80
74 LS05	2,00
74 LS06	7,50
74 LS07	7,50
74 LS08	2,50
74 LS09	2,50
74 LS10	2,50
74 LS11	2,50
74 LS12	2,50
74 LS13	3,00
74 LS14	3,00
74 LS15	3,00
74 LS16	7,00
74 LS17	7,50
74 LS20	3,00
74 LS21	3,00
74 LS26	3,50
74 LS27	3,00
74 LS28	3,00
74 LS30	3,00
74 LS32	3,00
74 LS37	3,00
74 LS38	3,00
74 LS40	3,00
74 LS42	4,00
74 LS43	9,00
74 LS47	6,50
74 LS48	12,00
74 LS50	4,00
74 LS51	3,00
74 LS53	3,00
74 LS54	2,50
74 LS60	4,50
74 LS70	4,00
74 LS72	4,00
74 LS73	3,50
74 LS74	3,00
74 LS75	4,00
74 LS76	3,50
74 LS78	3,50
74 LS80	9,00
74 LS81	12,00
74 LS82	18,00
74 LS83	4,50
74 LS85	6,00
74 LS86	3,00
74 LS90	4,50
74 LS91	4,50
74 LS92	4,50
74 LS93	4,50
74 LS94	8,00
74 LS95	5,00
74 LS96	6,50
74 LS107	4,00
74 LS109	4,00
74 LS112	3,50
74 LS113	4,00
74 LS114	4,00
74 LS116	- NC
74 LS121	11,00
74 LS122	7,00
74 LS123	6,00
74 LS125	4,00
74 LS126	3,50
74 LS132	3,50
74 LS133	8,50
74 LS136	4,50
74 LS138	4,50
74 LS139	4,50
74 LS 141	15,00
74 LS145	8,00
74 LS147	20,00
74 LS148	12,00
74 LS150	24,00
74 LS151	4,50
74 LS153	4,50
74 LS154	15,00
74 LS155	6,00
74 LS156	5,50
74 LS157	4,50
74 LS158	5,00
74 LS159	28,00
74 LS160	5,00
74 LS161	5,00
74 LS162	5,00
74 LS163	5,00
74 LS164	5,00
74 LS165	9,00
74 LS166	7,00
74 LS168	10,00
74 LS170	10,00
74 LS172	68,00
74 LS173	5,00
74 LS174	6,00
74 LS175	5,00
74 LS181	19,00
74 LS182	14,00
74 LS190	10,00
74 LS191	6,00
74 LS192	15,00
74 LS193	5,00
74 LS194	5,00
74 LS195	5,00
74 LS196	5,00
74 LS197	5,00
74 LS198	29,00
74 LS221	7,00
74 LS240	7,00
74 LS241	7,00
74 LS242	7,00
74 LS243	7,00
74 LS244	7,00
74 LS245	7,00
74 LS247	7,00
74 LS251	5,00
74 LS253	5,00
74 LS257	5,00
74 LS258	5,00
74 LS259	6,00
74 LS260	16,00
74 LS266	2,50
74 LS273	6,50
74 LS279	8,00
74 LS280	7,50
74 LS283	23,00
74 LS290	4,50
74 LS293	6,50
74 LS295	15,00
74 LS299	15,00
74 LS322	15,00
74 LS323	35,00
74 LS324	NC
74 LS353	9,00
74 LS365	3,00
74 LS366	4,00
74 LS367	3,00
74 LS368	3,50
74 LS373	7,00
74 LS374	7,00
74 LS375	12,00
74 LS377	7,50
74 LS378	6,00
74 LS379	6,00
74 LS390	6,00
74 LS393	6,00
74 LS490	9,00
74 LS540	12,00
74 LS590	30,00
74 LS608	12,00
74 LS623	20,00
74 LS640	15,00
74 LS670	12,00

TTL S

74 S00	8,00
74 S02	10,00
74 S04	9,00
74 S08	12,00
74 S10	10,00
74 S11	10,00
74 S30	10,00
74 S32	16,00
74 S51	10,00
74 S74	9,00
74 S86	9,00
74 S109	17,00
74 S133	18,00
74 S138	15,00
74 S139	10,00
74 S151	15,00
74 S153	15,00
74 S158	15,00
74 S166	20,00
74 S174	16,00
74 S175	17,50
74 S194	16,00
74 S195	16,00
74 S240	18,00
74 S244	18,00
74 S251	20,00
74 S253	20,00
74 S257	20,00
74 S258	18,00
74 S373	18,00
74 S374	20,00
74 S280	20,00

TTL HC

74 HC00	2,50
74 HC02	4,00
74 HC03	6,00
74 HC04	4,00
74 HC08	4,00
74 HC10	4,00
74 HC11	5,00
74 HC14	5,50
74 HC20	5,50
74 HC21	10,00
74 HC27	5,00
74 HC30	7,00
74 HC32	4,00
74 HC42	8,50
74 HC51	5,00
74 HC58	5,00
74 HC73	4,50
74 HC74	5,00
74 HC75	6,00
74 HC76	6,00
74 HC85	8,00
74 HC86	5,00
74 HC107	6,00
74 HC109	6,00
74 HC112	8,00
74 HC113	6,00
74 HC125	7,00
74 HC126	10,00
74 HC132	6,00
74 HC133	8,00
74 HC137	12,00
74 HC138	7,00
74 HC139	8,00
74 HC151	8,00
74 HC153	7,00
74 HC154	25,00
74 HC157	7,00
74 HC158	8,00
74 HC160	10,00
74 HC161	8,00
74 HC162	10,00
74 HC163	8,00
74 HC164	10,00
74 HC165	12,00
74 HC166	10,00
74 HC173	12,00
74 HC174	8,00
74 HC175	8,00
74 HC194	10,00
74 HC195	10,00
74 HC237	10,00
74 HC240	12,00
74 HC241	12,00
74 HC242	12,00
74 HC243	12,00
74 HC244	12,00
74 HC245	13,00
74 HC251	8,00
74 HC253	8,00
74 HC257	8,00
74 HC259	10,00
74 HC266	9,00
74 HC273	10,00
74 HC280	15,00
74 HC299	18,00
74 HC365	7,00
74 HC366	7,00
74 HC367	7,00
74 HC368	7,00
74 HC373	9,00
74 HC374	9,00
74 HC390	8,00
74 HC393	5,00
74 HC533	15,00
74 HC534	15,00
74 HC540	16,00
74 HC541	16,00
74 HC563	16,00
74 HC564	16,00
74 HC573	16,00
74 HC574	16,00
74 HC595	16,00
74 HC640	16,00
74 HC646	30,00
74 HC648	30,00
74 HC688	15,00
74 HC4002	7,00
74 HC4017	12,00
74 HC4020	13,00
74 HC4024	10,00
74 HC4040	10,00
74 HC4049	10,00
74 HC4050	10,00
74 HC4051	18,00
74 HC4052	18,00
74 HC4053	18,00
74 HC4060	18,00
74 HC4538	18,00
74 HC4543	28,00

CMOS

4000	2,00
4001	2,00
4002	2,00
4006	5,00
4007	2,50
4008	5,00
4009	3,00
4010	3,50
4011	2,50
4012	2,50
4013	3,50
4014	5,50
4015	5,00
4016	3,50
4017	5,00
4018	5,00
4019	3,50
4020	5,00
4021	5,00
4022	5,00
4023	2,50
4024	4,50
4025	2,50
4026	8,50
4027	3,50
4028	4,50
4029	5,00
4030	3,50
4031	8,50
4033	8,50
4034	19,00
4035	5,50
4040	5,50
4041	5,00
4042	4,50
4043	5,00
4044	5,00
4046	6,00
4047	5,50
4048	5,00
4049	3,50
4050	3,50
4051	5,00
4052	5,00
4053	5,00
4054	7,50
4055	6,50
4060	4,50
4066	3,50
4068	2,50
4069	2,50
4070	2,50
4071	2,50
4072	2,50
4073	2,50
4075	2,50
4076	5,00
4077	2,50
4078	2,50
4081	2,50
4082	2,50
4085	4,00
4086	4,50
4093	3,50
4094	6,00
4095	7,50
4096	9,00
4097	21,00
4098	8,00
4099	13,00
4501	6,00
4510	6,00
4511	6,50
4512	7,00
4514	16,00
4515	19,00
4516	28,00
4518	5,00
4520	5,00
4528	9,50
4536	13,50
4538	9,00
4539	10,00
4556	5,00
4558	15,00
4584	9,00
4585	5,00
40103	10,00
40106	4,50
40174	5,00

DECOLLETAGE

CONNECTEURS CANNON OU SUBLD

	9b.	15b.	25b.	37b.
Mâle	10,00	15,00	18,00	25,00
Femelle	10,00	16,00	20,00	25,00
Capot	10,00	12,00	15,00	23,00
Mâle coudé	18,00	24,00	30,00	45,00
Femelle coudé	18,00	24,00	32,00	46,00
Mâle à sertir	49,00	52,00	59,00	
Femelle à sertir	49,00	52,00	59,00	

Equerre ..... 2,50 - Vis de verrouillage 5,00
Capot métal 25 B

CENTRONIC

24 broches	
Mâle, femelle, châssis	34,00
36 broches	
Mâle, femelle, châssis	39,00
36 broches	
Mâle à sertir	75,00

SUPPORT TULIPE

8, 14,16,18, 20, 24, 28, 40B	
La broche	0,30
Barrette tulipe 32B	11,20
Barrette mâle/mâle 20 points	25,00

SUPPORT A WRAPPER

8, 14, 16, 18, 20, 24, 28, 40B	
La broche	0,60

SUPPORT INSERTION NULLE

24 b.	90,00
28 b. pro.	140,00
40 b.	150,00

CONNECTEURS ENCARTABLES

2 X 12 B.soudér pas 3,96 "Commodore"	49,00
A sertir sur câble pas 2,54	
2 x 10 B.	42,00
2 x 13 B.	45,00
2 x 17 B.	49,00
2 x 26 B.	55,00
2 x 25 B.	61,00
A souder sur C.I.	
2 x 25 B.	45,00
2 x 31 B. PROMO	45,00

CONNECTEURS TYPE BERG

Femelle à sertir ou Mâle coudé	
2 x 5 B.	9,00
2 x 8 B.	12,00
2 x 10 B.	15,00
2 x 13 B.	17,00
2 x 15 B.	18,50
2 x 17 B.	23,50
2 x 20 B.	26,00
2 x 25 B.	30,00
2 x 30 B.	33,00

NOUVEAU

Capot plastique 25 broches/25 broches vide	35,00
capot métal 25 broches	50,00
jumpeur RS 232 25 broches mâle/ 25 broches femelle	89,00
changeur de genre 9 broches femelle/ 25 broches mâle	89,00

KIT ANTIOPE.....1200,00

COMPOSANTS MINIATURE DE SURFACE

CD

CD 4001 CMS	3,50
CD 4011 CMS	3,50
CD 4013 CMS	4,50
CD 4015 CMS	7,00
CD 4016 CMS	6,00
CD 4017 CMS	8,00
CD 4020 CMS	7,50
CD 4021 CMS	7,00
CD 4023 CMS	4,00
CD 4024 CMS	7,00
CD 4025 CMS	3,50
CD 4028 CMS	7,50
CD 4029 CMS	7,50
CD 4030 CMS	4,50
CD 4040 CMS	8,00
CD 4042 CMS	7,00
CD 4043 CMS	7,00
CD 4044 CMS	7,50
CD 4047 CMS	6,50
CD 4049 CMS	5,30
CD 4050 CMS	5,50
CD 4051 CMS	7,00
CD 4052 CMS	7,00
CD 4053 CMS	7,00
CD 4060 CMS	8,00
CD 4066 CMS	5,00
CD 4067 CMS	39,00
CD 4068 CMS	3,50
CD 4069 CMS	5,00
CD 4070 CMS	4,50
CD 4071 CMS	4,00
CD 4073 CMS	4,00
CD 4081 CMS	4,00
CD 4093 CMS	5,00
CD 4194 CMS	9,00
CD 4516 CMS	7,00
CD 4517 CMS	39,00
CD 4518 CMS	7,00
CD 4529 CMS	7,00
CD 4538 CMS	11,00
CD 4539 CMS	8,50
CD 4532 CMS	13,00
CD 4538 CMS	10,00
CD 4541 CMS	11,00
CD 4543 CMS	10,00
CD 4557 CMS	36,00
CD 4585 CMS	17,00
CD 40097 CMS	6,00
CD 40106 CMS	5,50
CD 40175 CMS	8,00
CD 40373 CMS	18,00
CD 40374 CMS	16,00

BAT

BAT 18	3,00

BAV

BAV 99	3,00

BAX

BAX 12	3,00

BCF

BCF 30	3,00

BCW

BCW 32	3,00

BFR

BFR 31	3,00

LM

LM 4558	7,00

NE

NE 555	7,00

PROMOTION

68000P8 HITACHI..... **90,00**

Multimètre MANUDAX
M 80 Automatique..... **595,00**

LIBRAIRIE TECHNIQUE

EDITIONS RADIO - ETSF
EDITIONS PAUL MONTEL
PUBLITRONIC - TEXAS
SGS THOMSON

DIODES - THYRISTOR - OPTOELECTRONIQUE

DIODES

AA 119	2,50
AY 103 K	12,00
BA 128	5,00
BA 129	6,50
BA 130	4,50
BA 152	3,00
BA 158	3,00
BA 164	3,00
BA 182	6,00
BA 216	2,50
BA 224	4,50
BA 314	2,50
BAT 85	2,50
BAV 10	2,50
BAV 19	2,50
BAX 12	4,50
BAX 13	2,50
BAY 38	4,00
BR 100/03	4,50
BY 187	17,00
BY 213/700	68,00
BY 227	4,50
BY 255	4,50
BY 476	20,00
BYV 95C	6,00
BYV 95C	6,00
BYX 10	6,00
BYX 34	7,00
BZY 93C	22,00
1N 4148	0,30
1N 4004	1,00
TL 431	9,00
Varicap BB105	5,00
Diac	2,50
Zener 3Vâ 39V 1/2w	1,00
Zener 3V à 39V 1w	2,00

PONT DE DIODE

1A 50V	4,00
1A 100V	6,00
2A 400V	11,00
5A 80V	14,00
25A	34,00
30A	42,00

THYRISTOR

BR 101	28,00
BRY 55	10,00
ESM 191500	40,00
TD 600	13,50
TIC 116M	12,00
TL 1006	6,00
TYN 606	12,00
TYN 812	19,50
Triac 6/8A 400V	4,50
Triac 16A 7700V	18,50

AFFICHEUR

Anode commune	
Rouge	12,00
Vert	19,00
Cathode commune	
Rouge	12,00
Vert	19,00
Cristaux liquide	
3,5 Digits	90,00
4 Digits	130,00
4,5 Digits	130,00

OPTO-ELECTRONIQUE

BP 104	15,00
BPW34	15,00
BPW 42	15,00
BYV 95 C	4,50
CNY 70 reflex	22,00
Diode E IR	15,00
Diode Rie IR	15,00
MCC 670	45,00
MCT 2	11,00
MCT 6	15,00
MOC 3020	15,00
AN 25	14,00
AN 33	14,00
6N 138	45,00
TIL 111	14,00

FOURCHE

TCST 1000	22,00
TCST 2000	35,00

CIRCUITS IMPRIMES

Réalisation de C.I. percés étamés 65F le dm2 simple face, 100F le dm2 double face d'après films fournis (réalisation de films 100F pièce).

LIGNES A RETARD

PHILIPS

470 ns, 1150 Ω P.U.	20,00
Par 20 pièces P.U.	17,50
390 ns, 1100 Ω	35,00
330 ns, 1000 Ω	35,00

TDK

450 ns, 1000Ω	30,00
Tél. pour RESERVER	
DLC	NC
DL 3722	NC

DL 711 PHILIPS 64 µS 99,00

TRANSISTOR

AC

AC 127	4,50
AC 128	4,50
AC 138	8,00
AC 141	8,00
AC 153	8,00
AC 176	8,00
AC 181	6,00
AC 187	5,50
AC 188	5,50
ACY 38	15,00

AD

AD 139	14,00
AD 143	25,00
AD 152	30,00
AD 262	15,00
ADY 26	86,00

AF

AF 105	18,00
AF 106	18,00
AF 109	18,00
AFX 14	20,00
AFY 19	18,00
AFY 39	18,00
AFZ 12	60,00

ASY

ASY 26	24,00
ASY 27	27,00
ASY 28	38,00
ASY 29	18,00
ASY 76	45,00
ASY 80	25,00
ASZ 1018	40,00

BC

BC 107	2,00
BC 108	2,00
BC 109	2,00
BC 115	5,00
BC 118	5,00
BC 119	4,00
BC 120	4,00
BC 125	4,00
BC 126	4,00
BC 134	10,00
BC 140	6,00
BC 141	4,00
BC 142	6,00
BC 153	2,00
BC 154	3,00
BC 158	3,00
BC 160	8,00
BC 161	4,00
BC 170	3,00
BC 172	2,20
BC 173	3,00
BC 177	2,80
BC 178	2,80
BC 179	2,80
BC 182	1,80
BC 183	3,00
BC 185	15,00
BC 192	6,00
BC 204	2,80
BC 209	3,00
BC 211	4,00
BC 212	2,80
BC 220	9,00
BC 221	12,00
BC 223	6,00
BC 237	2,80
BC 238	1,80
BC 239	1,80
BC 260	5,00
BC 261	25,00
BC 284	18,00
BC 307	1,80
BC 308	1,80
BC 309	1,80
BC 317	3,00
BC 318	3,00
BC 327	2,60
BC 328	2,50
BC 337	3,20
BC 338	3,20
BC 341	9,00
BC 368	5,00
BC 409	3,00
BC 419	3,00
BC 516	3,40
BC 517	3,00
BC 546	2,00
BC 547	2,00
BC 548	2,00
BC 549	2,00
BC 550	1,50
BC 556	1,50
BC 557	1,50
BC 558	2,00
BC 559	2,00
BC 560	1,90
BCW 90	6,00
BCY 56	8,00
BCY 57	7,00
BCY 70	9,00
BCZ 12	16,00

BD

BD 115	10,00
BD 135	4,50
BD 136	4,50
BD 137	5,00
BD 138	5,00
BD 139	5,00
BD 140	5,80
BD 166	4,00
BD 170	6,40
BD 182	25,00
BD 203/204	18,00
BD 225	7,50
BD 226	7,25
BD 237	6,50
BD 238	6,20
BD 241	6,10
BD 361	12,00
BD 362	18,00
BD 435	6,50
BD 436	8,00
BD 437	6,50
BD 438	8,00
BD 439	8,00
BD 440	8,00
BD 441	11,00
BD 442	11,00
BD 522	18,00
BD 536	6,00
BD 537	6,00
BD 561	12,00
BD 562	9,00
BD 680	5,00

BDW

BDW 93C	19,00
BDW 94C	19,00

BDX

BDX 18N	20,00
BDX 33	8,00
BDX 62B	22,00
BDX 63B	21,00
BDX 64B	24,00
BDX 65B	24,00
BDX 66B	32,00
BDX 67B	32,00
BDX 77	8,00
BDX 78	8,00

BDY

BDY 26	35,00
BDY 38	15,00
BDY 56	19,00
BDY 58	36,00
BDY 90	15,00
BDY 93	27,00
BDY 96	75,00

BF

BF 106	18,00
BF 110	9,00
BF 115	5,80
BF 152	14,00
BF 156	8,00
BF 159	29,00
BF 160	10,00
BF 166	8,00
BF 167	4,50
BF 173	4,20
BF 174	9,00
BF 176	8,00
BF 177	4,80
BF 178	4,80
BF 179	6,80
BF 181	8,00
BF 182	7,00
BF 183	19,00
BF 184	7,50
BF 185	7,50
BF 188	5,00
BF 194	5,00
BF 195	5,00
BF 196	NC
BF 197	2,80
BF 198	3,80
BF 199	2,40
BF 226	9,00
BF 240	3,10
BF 245	5,60
BF 251	9,00
BF 252	9,00
BF 256	5,70
BF 259	3,80
BF 260	9,00
BF 261	9,00
BF 271	8,00
BF 272	12,00
BF 273	7,00
BF 274	8,00
BF 305	12,00
BF 315	10,00
BF 321	3,00
BF 323	9,00
BF 336	5,00
BF 337	6,50
BF 338	6,50
BF 381	13,00
BF 390	17,00
BF 394	3,20
BF 451	4,50
BF 459	8,00
BF 469	4,50
BF 470	4,50
BF 480	12,00
BF 494	3,20
BF 495	3,20
BFW 16A	29,00
BFX 44	12,00
BFX 89	29,00
BFY 50	10,00
BFY 90	19,00

BFR

BFR 91	12,60

BS

BS 170	6,00
BS 250	7,00

BU

BU 132	24,00
BU134/185T2	24,00
BU 205	24,00
BU 208	25,00
BU 208 D	25,00
BU 326	21,00
BU 508	32,00
BU 508	22,00
BU 806	28,00
BU 807	18,00
BU 826A	40,00
BU 931R	36,00

BUX

BUX 37	34,00
BUX 47	35,00
BUX 81	35,00
BUZ 11 A	32,00

TIP

TIP 29	4,50
TIP 30	4,80
TIP 31	4,80
TIP 32	6,50
TIP 33	7,50
TIP 34	8,50
TIP 35	17,50
TIP 36	18,00
TIP 41	6,00
TIP 122	12,00
TIP 132	13,00
TIP 137	13,00
TIP 2955	5,00
TIP 3055	10,00

2 N

2N 918	8,50
2N 930	3,90
2N 1613	3,50
2N 1671B	150,00
2N 1711	3,50
2N 1724	76,00
2N 1890	3,50
2N 1893	3,50
2N 2187	42,00
2N 2218	3,50
2N 2219	3,40
2N 2222	3,00
2N 2369	3,50
2N 2484	6,00
2N 2646	10,00
2N 2693	42,00
2N 2924A	3,20
2N 2905	3,20
2N 2907A	2,20
2N 3053	3,60
2N 3054	10,00
2N 3055	11,00
2N 3086	18,00
2N 3439	12,00
2N 3553	25,00
2N 3773	35,00
2N 3819	3,80
2N 3904	4,00
2N 3906	5,00
2N 3966	45,00
2N 4091	12,00
2N 4092	12,00
2N 4190	44,00
2N 4416	12,00
2N 5320	8,00
2N 5322	8,00
2N 5884	30,00
2N 5886	30,00

DIVERS

ESM 301	15,00
ESM 400	20,00
IRF 9130	60,00
IRF 120	60,00
MJ 2500	30,00

LINEAIRE

AM

AM 26 LS 31	9,00
AM 26 LS 32	9,00

CA

CA 3046	9,00
CA 3080	26,00
CA 3086	10,00
CA 3130	15,00
CA 3140	15,00
CA 3161	18,00
CA 3162	75,00
CA 3189	21,00

K

KTY 10	28,00

L

L 200	24,00
L 297	50,00
L 298	95,00

LF

LF 351	11,00
LF 353	11,00
LF 355	11,00
LF 356	11,00
LF 357	11,00

LM

LM 135 Z	25,00
LM 301	7,50
LM 305	15,00
LM 307	9,00
LM 308	8,00
LM 309 K	22,00
LM 310	35,00
LM 311	7,50
LM 317T	15,00
LM 317 K	25,00
LM 318	25,00
LM 319	25,00
LM 323 K	55,00
LM 324	4,00
LM 331	59,00
LM 334	20,00
LM 335	19,00
LM 336	16,00
LM 337 K	32,00
LM 337 T	15,00
LM 338 K	65,00
LM 339	8,00
LM 348	15,00
LM 349	20,00
LM 350 K	69,00
LM 358	8,00
LM 378	31,00
LM 380	15,00
LM 381 N	29,00
LM 382	20,00
LM 383 T	38,00
LM 386	15,00
LM 387	19,00
LM 388	20,00
LM 389	22,00
LM 390	28,00
LM 391	30,00
LM 393	8,00
LM 555	5,00
LM 556	12,00
LM 558	35,00
LM 565	11,00
LM 566	24,00
LM 567	16,00
LM 709	6,00
LM 709 H	10,00
LM 710	15,00
LM 723	6,00
LM 723 H	12,00
LM 725	33,00
LM 733	30,00
LM 741	5,00
LM 741 H	12,00
LM 747	16,00
LM 748	13,00
LM 1458	8,00
L