



DOMOTIQUE

## Prolongateur de télécommande IR



**TESTEUR  
UNIVERSEL  
POUR C.I.**

**THERMOMETRE  
POUR  
COMPOSANTS**

**COMMANDE  
PAR LASER**

**BOITIER DE  
DIRECT POUR  
SPECTACLE**

T 2437 - 232 - 25,00 F



## ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 232 - JANVIER 1999  
I.S.S.N. 0243 4911

PUBLICATIONS GEORGES VENTILLARD

SA au capital de 5 160 000 F  
à 12, rue Bellevue, 75019 PARIS  
Tél : 01.44.84.84.84 - Fax : 01.42.41.89.40  
Télex : 220 409 F

Principaux actionnaires :  
M. Jean-Pierre VENTILLARD  
Mme Paule VENTILLARD

Président du Conseil d'Administration,

Directeur de la Publication :

Paule VENTILLARD

Vice-Président :

Jean-Pierre VENTILLARD

Directeur général adjoint : Jean-Louis PARBOT

Directeur Graphique : Jacques MATON

Directeur de la rédaction : Bernard FIGHIERA (84.65)

Maquette : Jean-Pierre RAFINI

Couverture : R. Marai

Avec la participation de : U. Bouteville, A. Garrigou,  
G. Isabel, F. Jongbloët, R. Knoer, M. Laury, L. Leillu,  
E. Lemery, Y. Mergy, P. Morin, P. Oguic, T. Piou,  
C. Schmitt, A. Sorokine, C. Tavernier.

La rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engagent que leurs auteurs.

Marketing : Corinne RILHAC Tél. : 01.44.84.84.52

Diffusion : Sylvain BERNARD Tél. : 01.44.84.84.54

Inspection des Ventes :

Société PROMEVENTE : Lauric MONFORT

6 bis, rue Fournier, 92110 CLICHY

Tél : 01.41.34.96.00 - Fax : 01.41.34.95.55

PGV - Département Publicité :

2 à 12 rue de Bellevue, 75019 PARIS

Tél. : 01.44.84.84.85 - CCP Paris 3793-60

Directeur commercial : Jean-Pierre REITER (84.87)

Chef de publicité : Pascal DECLERCK (84.92)

Assisté de : Karine JEUFRALUT (84.57)

ABONNEMENT/PC: ANNE CORNET (85.16)

VOIR NOS TARIFS EN PAGE ABONNEMENTS.

PRÉCISER SUR L'ENVELOPPE « SERVICE ABONNEMENTS »

IMPORTANT : NE PAS MENTIONNER NOTRE NUMÉRO

DE COMPTE POUR LES PAIEMENTS PAR CHEQUE POSTAL. LES RÈGLEMENTS EN ESPÈCES PAR COURRIER SONT

STRICTEMENT INTERDITS. ATTENTION ! SI VOUS ÊTES

DÉJÀ ABONNÉ, VOUS FACILITÉREZ NOTRE TÂCHE EN

JOIGNANT À VOTRE RÈGLEMENT SOIT L'UNE DE VOS

DERNIÈRES BANDES-ADRESSES, SOIT LE RELEVÉ DES

INDICATIONS QUI Y FIGURENT. • POUR TOUT CHANGE-

MENT D'ADRESSE, JOINDRE LA DERNIÈRE BANDE.

AUCUN RÈGLEMENT EN TIMBRE POSTE

FORFAIT 1 À 10 PHOTOCOPIES : 30F.

Distribué par : TRANSPORTS PRESSE

Abonnements USA - Canada : Pour vous abonner à

Electronique Pratique aux USA ou au Canada,

communiquez avec Express Mag :

USA : P.O. Box 2769 Plattsburgh, N.Y. 12901-0239

CANADA : 4011, boul. Robert, Montréal, Québec, H1Z 4H6

TÉLÉPHONE : 1 800 363 - 1310 ou (514) 374 - 9811

TÉLÉCOPIE : (514)374 - 9684

Le tarif d'abonnement annuel (11 numéros) pour les

USA est de 49 \$US et de 68 \$ can pour le Canada.

Electronique Pratique, ISSN number 0243 4911, is

published 11 issues per year by Publications Ventillard

at P.O. Box 2769 Plattsburgh, N.Y., 12901-0239 for

49 \$US per year.

POSTMASTER : Send address changes to Electronique

Pratique, c/o Express Mag, P.O. Box 2769, Plattsburgh,

N.Y. USA 12901 - 0239.

« Ce numéro  
a été tiré  
à 58 600  
exemplaires »

**BVP**  
Bureau de Vérification  
de la Publicité



## RÉALISEZ VOUS-MÊME

- 27 Domotique par laser
- 46 Voltmètre de contrôle
- 49 Testeur universel de composants
- 59 Serrure à clé optique
- 63 Pourcent-mètre capacitif
- 70 Thermomètre pour CI de puissance
- 75 Alimentation pour réseau ferroviaire
- 80 Enceintes actives 2x70W
- 88 Boîtier de direct pour musicien

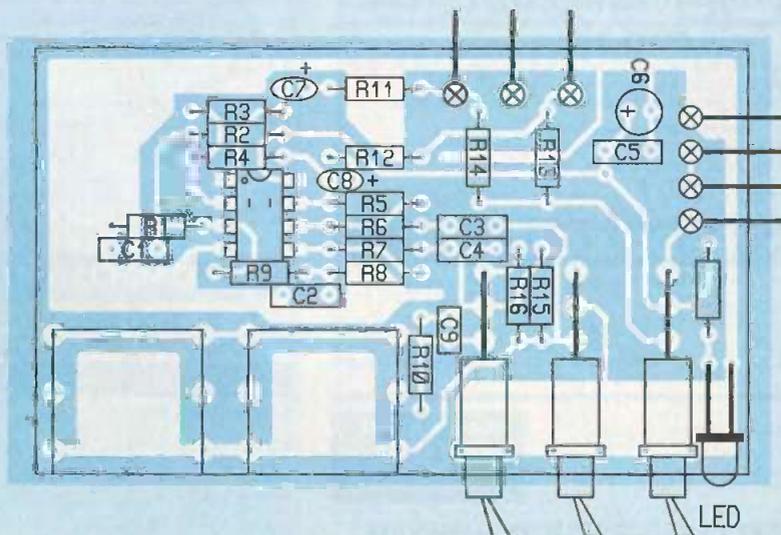
## MONTAGES FLASH

- 40 Répulsif de poche anti-moustiques
- 41 Prolongateur de télécommande IR
- 43 Champignon pour jeux de société

## INFOS OPPORTUNITÉS

- 23
- 24 Internet Pratique
- 56 Multimètre numérique 235 WAVETEK

## DIVERS



DOMOTIQUE



PC



LEC. PROG.



ROBOT



RADIO



FICHE TECHN.



AUTO



JEUX



MODÉLISME



MESURES



AUDIO



GADGETS



INITIATION



COURRIER



FICHE À DÉCOUPER

# LE GRAND LIVRE DE LA TSF

Cet ouvrage unique est le fruit d'un travail de longue haleine, visant à répertorier tous les modèles de récepteurs radios distribués en France avant l'arrivée du transistor.



Le collectionneur a ainsi entre ses mains le plus grand des musées de la radio qui propose :

- 9000 références dont 8000 sont datées avec précisions,
- 3000 illustrations permettant une identification immédiate,
- 1130 marques : les multi-nationales comme les plus discrets fabricants régionaux.

Pour 75% des modèles, une légende donne de précieuses indications sur la technique employée (nombre et type de lampes, tension d'alimentation...) ou sur les différents coloris possibles pour l'ébénisterie. Une mine de renseignements sans équivalent ! Une échelle de rareté donne au collectionneur une indication sur la situation actuelle du marché de l'occasion.

Des dossiers spéciaux retracent la production des principales mar-

ques, en proposant un récapitulatif chronologique des récepteurs fabriqués.

N'oublions pas le chapitre consacré aux grands hommes de l'histoire de la radio, ainsi que les conseils pratiques qui aideront le chineur à effectuer son choix en limitant les risques de mauvaises surprises.

Le Grand Livre de la TSF est l'ouvrage de référence qui manquait au collectionneur francophone de radios anciennes. Nul doute qu'il s'y référera fréquemment : soit à l'occasion d'achats, pour identifier ou pour mieux connaître un modèle convoité, soit tout simplement... pour rêver !

**J.-M. BOURQUE**  
**Editions LUPUS**  
**13, rue des grands bas,**  
**25000 Besançon**  
**300 pages - 248 F.**

# CONRAD ELECTRONIC

CONRAD Electronic, fondé en 1923, est un important groupe européen. Pionnier dans la fourniture de composants et d'équipements électroniques, CONRAD Electronic s'est progressivement implanté dans 20 pays dont la France grâce à son catalogue de vente par correspondance et sa chaîne de magasins.

Afin de fournir en avant-première les dernières nouveautés, cette firme est en constante veille technologique. Elle possède pour cela ses propres services d'achat dans les principales capitales de l'électronique d'Asie : Hong-Kong, Shenzhen et Shanghai.

Avec plus de 600 pages couleur, ce catalogue 99 constitue une véritable référence avec une livraison garantie 24 heures sans supplément de frais.

Alarme, piles, outillage, informatique, haut-parleurs, émetteurs, connectique, mesure, composants, kits, etc., sont autant de rubriques qui regroupent plus

de 15000 articles dont 5000 composants. Pour acquérir ce catalogue GRATUIT, il suffit de faire votre demande par téléphone, fax ou courrier à l'adresse suivante :



**CONRAD Electronic**  
**VEPEX 5000 59861 LILLE cedex 9**  
**Tél. : 03.20.12.88.81 - Fax. : 03.20.12.88.87**

# LE CONCEPT LIFE

La nouvelle gamme de piles PHILIPS répond à toutes les utilisations :

POWERLIFE alcaline, LONGLIFE saline, MULTILIFE rechargeable. Distribution traditionnelle : GSB, GSM, grands magasins, magasins populaires.





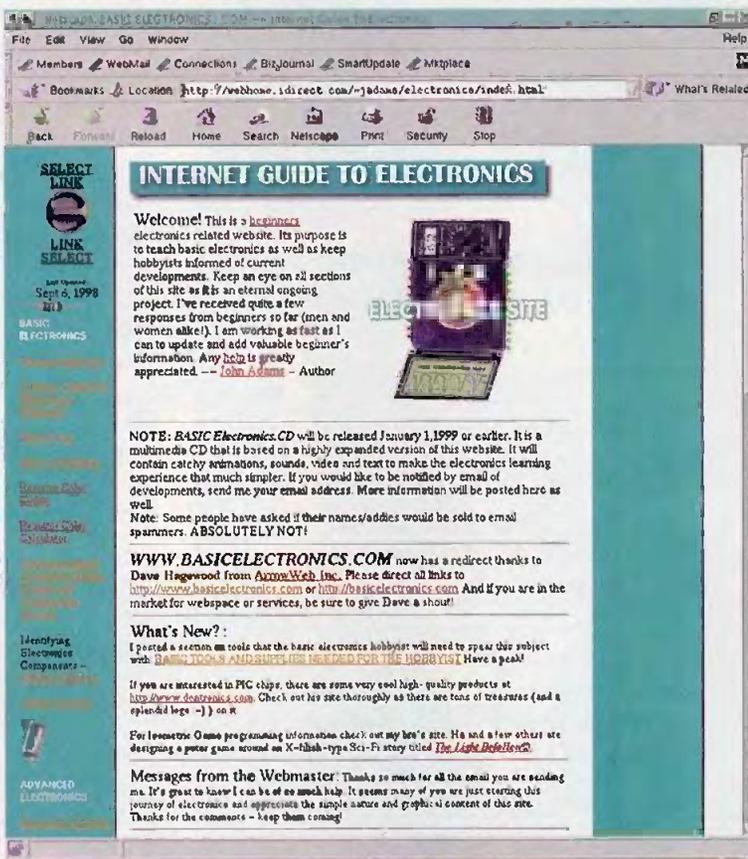
INITIATION

# INTERNET PRATIQUE

**Il y a quelques mois, nous vous proposons des sites proposant des cours d'électronique numérique et analogique. Nous continuons aujourd'hui par un site spécialement étudié pour les débutants. Nous nous dirigerons ensuite vers le serveur de la société STMicroelectronics.**

Comme toutes les autres sciences, l'électronique demande un travail théorique de base permettant de bien comprendre les concepts généraux avant de foncer tête baissée dans l'étude et la réalisation de montages. Le site que nous vous proposons dans cette première partie d'Internet Pratique a pour vocation de vous présenter les règles générales de l'électronique analogique. Il permettra au débutant de se faire une première idée du fonctionnement des différents composants et aux amateurs confirmés de se remémorer les fondements mathématiques des règles qu'ils utilisent quotidiennement.

Ce site, dont la première page est présentée sur la **figure 1**, est disponible à l'adresse <http://webhome.idirect.com/~jadams/electronics/index.html> ou encore à <http://www.basicelectronics.com>. On voit tout de suite sur la page de garde qu'il a été réalisé par un électronicien ayant de fortes connaissances en html. En effet, le site est très bien présenté et l'ergonomie parfaite. C'est assez rare avec ce type de serveur pour être souligné. La colonne de gauche est constituée de liens vers les différentes parties du site. On peut ainsi se rendre en un seul clic à celle qui nous intéresse. La première présente tout simplement ce qu'est un circuit au sens "électrique" du terme ainsi que les connexions séries et parallèles des composants. La deuxième partie du site est dédiée à l'explication des valeurs physiques élémentaires à savoir, le Volt, l'Ampère et l'Ohm. Pour permettre une compréhension plus aisée des

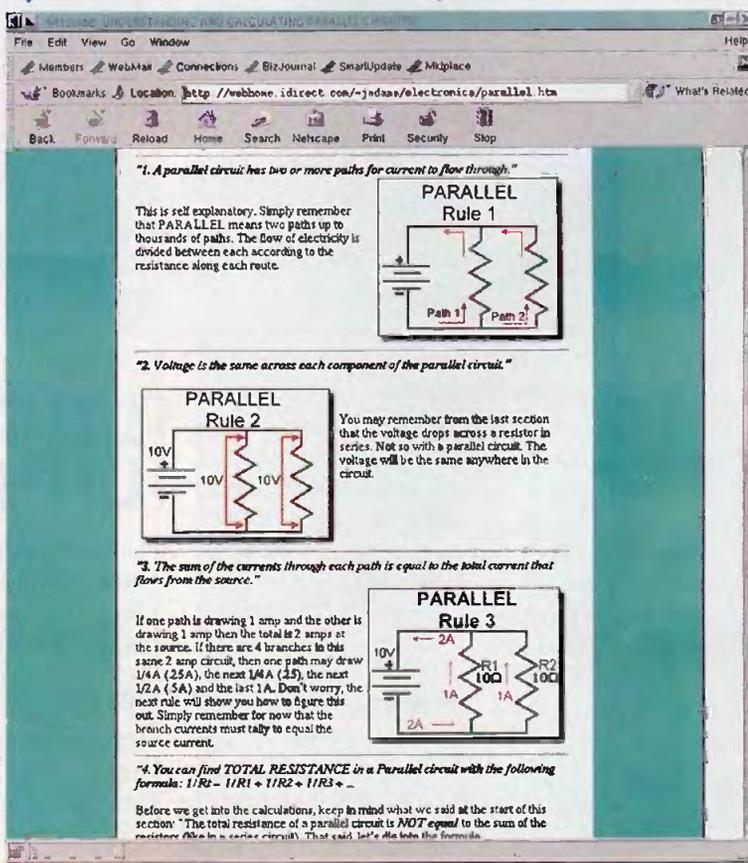


1

LE SERVEUR DE STMICROELECTRONICS:

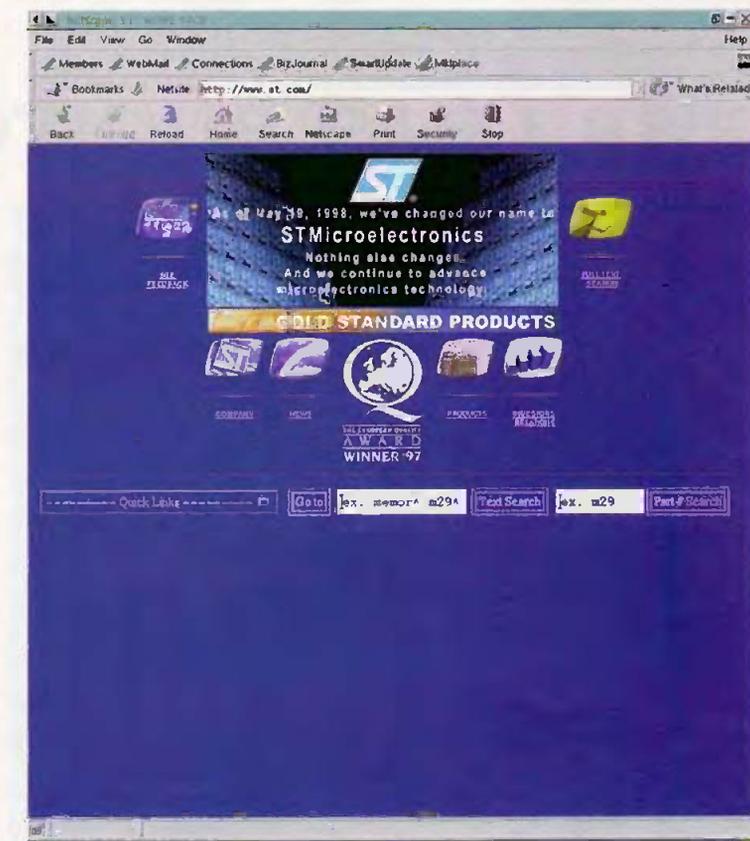
2

EXPLICATION DES VALEURS PHYSIQUES.



phénomènes, l'auteur s'aide des célèbres analogies hydrauliques. Avec la partie suivante, nous rentrons dans le vif du sujet avec l'explication en long, en large et en travers de la loi d'Ohm. Une fois encore, l'auteur a pris soin d'accompagner ses explications de schémas et graphiques de grande qualité. Ce chapitre est logiquement suivi de la présentation du code couleur des résistances. Le chapitre 6 explique comment calculer les résistances équivalentes de circuit contenant des composants montés en série et parallèle (voir **figure 2**).

Les deux parties rubriques permettent aux néophytes d'apprendre à reconnaître les composants physiques sur une carte de circuit imprimé. Ceci peut paraître évident pour les amateurs confirmés mais cela ne l'est pas lorsque l'on débute. Ceci est d'autant plus vrai pour les condensateurs qui peuvent prendre plusieurs formes. Dans le même ordre d'idée, on découvre ensuite les représentations schématiques des divers composants. Enfin, l'auteur présente le compagnon de tout électronicien : le multimètre et ses diverses fonctions avant de présenter l'investissement nécessaire que tout débutant doit faire pour réaliser ses premiers circuits. En conclusion, ce site nous a beau-



coup plu pour sa présentation et surtout pour la clarté des explications fournies. Il se limite pour l'instant au B à A de l'électronique mais d'autres chapitres devraient faire leur apparition dans les prochaines semaines. Comme nous vous l'annonçons dans notre introduction, la deuxième partie de notre rubrique sera consacrée

à l'étude du site de STMicroelectronics disponible à l'adresse <http://www.st.com> (voir **figure 3**). Commençons par un petit historique : en 1987, Thomson Semiconducteurs (France) et SGS Microelettronica (Italie) se sont regroupés pour former SGS-THOMSON Microelectronics. C'est en mai 98 que cette société change de nom pour devenir STMicroelectronics. Les activités de cette structure sont très larges et les composants qu'elle produit vont du simple transistor au microprocesseur complet comportant des millions de portes logiques. On retrouve ainsi des produits ST dans tous les appareils électroniques (téléphones mobiles, ordinateurs) mais aussi dans l'électroménager. Ses clients sont aussi prestigieux que Motorola, Philips, Nokia ou encore Ford et IBM. La première page du site ne propose aucune information et se limite en une liste d'images cliquables permettant d'accéder aux diverses parties du serveur. Elle contient néanmoins une entrée d'accès au moteur de recherche ainsi qu'un bouton "Quick Links" permettant de se rendre directement à certaines pages prédéfinies. Le bouton "Company" renvoie sur la rubrique donnant les informations générales sur la société (son historique, son engagement dans la pro-





5

EXCELLENTE QUALITÉ DES FICHIERS.

est certainement la plus visitée du site car elle contient l'ensemble de la documentation sur les composants proposés par ST. Elle est elle-même subdivisée en 5 parties. Ceci permet d'accéder à l'information de différentes façons. On peut ainsi entrer directement la référence du composant ou bien rechercher parmi un classement par fonctionnalité ou encore par l'intermédiaire de moteurs de recherches. Pour chaque requête, le site de STMicroelectronics renvoie une liste de documents pertinents (voir figure 4). Chacun de ceux-ci est alors téléchargeable au format PDF d'Adobe et les principales fonctionnalités sont souvent proposées en HTML. Ceci évite de télécharger une documentation complète (dépassant souvent les 100ko) par erreur. Les fichiers PDF (Portable Document Format) sont d'excellente qualité et peuvent être imprimés sans problème (voir figure 5).

Voilà qui termine cette nouvelle édition d'Internet Pratique. Nous vous donnons rendez-vous le mois prochain pour de nouvelles découvertes.

L. LELLU

tection de l'environnement, sa façon de gérer les problèmes liés à l'an 2000, ...). L'icône News permet, quant à elle, de se tenir au courant des dernières nouveautés. On peut ainsi découvrir les nouvelles versions des composants, les derniers logiciels disponibles ainsi que les ac-

cords que STMicroelectronics passe avec ses confrères. Pour les amateurs d'électronique, ces pages sont toujours enrichissantes à lire car elles permettent de découvrir les dernières évolutions de l'électronique moderne. La rubrique des produits, accessible en cliquant sur Product,

information technique, autres logiciels et mises à jour :

**Pour l'électronicien créatif.**

3617 code LAYOFFRANCE

395 F  
**LAYO1E**  
Max. 1000 vecteurs/pastilles  
Pour les amateurs  
Dessin (1/1280<sup>ème</sup> pouce) + autorouteur multi - mais aussi simple face. 100% OPÉRATIONNEL (sorties & sauvegarde) et en français, 700 composants dont 100 CMS, 16 couches + manuel. Importation schémas ou NETS et placement des composants automatique.

750 F  
**DOUBLE**  
Extension 2000 vecteurs/pastilles  
Amateurs exigeants

1550 F  
**QUATRO**  
Extension 4000 vecteurs/pastilles  
Sociétés

**Layo visualiseur W 95**

Visualiseur de tous les LMC et/ou PLY  
instantanément dans une deuxième fenêtre

Layo France Sarl, Château Garamache - Sauvebonne 83400 Hyères  
Tél.: 04.94.28.22.59 - Fax : 04.94.48.22.16 - <http://www.layo.com> - [layo@layo.com](mailto:layo@layo.com)

Version

**LAYO1**

# LA DOMOTIQUE PAR LASER

Lorsqu'il s'agit d'installer l'éclairage dans une pièce non équipée des canalisations électriques nécessaires ou, encore, si l'on veut commander une sonnette d'entrée à partir d'un poteau extérieur non relié électriquement, le faisceau LASER peut résoudre efficacement le problème.



## Le principe

Un émetteur d'encombrement réduit, alimenté par pile, émet un rayon LASER si on sollicite le bouton-poussoir de commande. Ce rayon est codé en fréquence de manière à conférer à la transmission un minimum de fiabilité.

Le récepteur peut être situé assez loin de l'émetteur (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres). Le faisceau lumineux, par définition même, reste très concentré et le diamètre de la tache circulaire observée à 10 m reste nettement inférieur au centimètre. La transmission peut être directe ou indirecte, par miroirs de renvoi d'angle interposés, suivant la topographie des lieux. Le récepteur comporte essentiellement une cellule

LDR, une amplification, un contrôle de la fréquence du signal et une utilisation déterminée.

Dans le présent article, nous passerons en revue trois exemples de montages récepteurs :

- une sonnette d'entrée,
- une minuterie,
- un télérupteur

## Le fonctionnement (figures 1 à 5)

### Émetteur

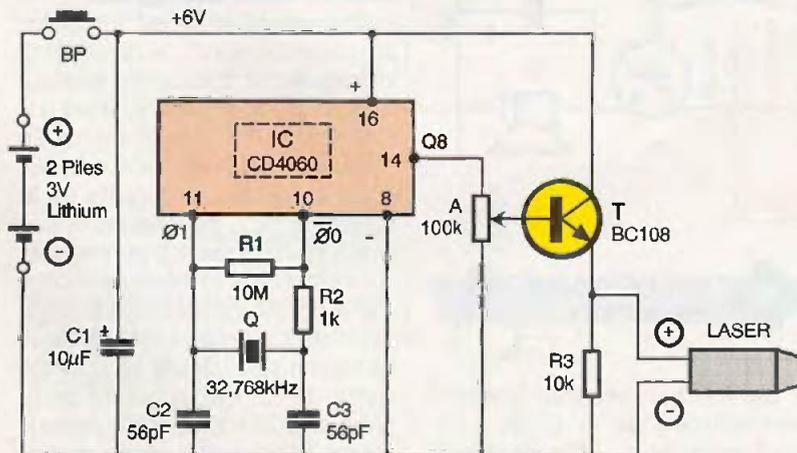
La source d'énergie nécessaire pour l'alimentation du montage est fournie par deux piles au lithium de 3V chacune, pour constituer une alimentation de 6V que l'appui sur le

bouton-poussoir BP met en service. Étant donné la faible consommation du montage (quelques mA), l'autonomie est très grande : des milliers de sollicitations !

La capacité C<sub>1</sub> régularise le niveau du potentiel d'alimentation étant donné le caractère impulsionnel de fonctionnement de l'émetteur LASER. Le circuit intégré repéré IC est un CD4060. Il s'agit d'un compteur binaire de 14 étages dont la base de temps est pilotée par un quartz de 32,768 kHz, pour d'évidentes raisons de stabilité de la fréquence de base. Ainsi, au niveau de la sortie Q<sub>8</sub>, on enregistre un signal carré dont la fréquence se caractérise par la valeur :

$$f = \frac{f_0}{2^8} = \frac{32768}{256} = 128 \text{ Hz}$$

Le transistor T est monté en suiveur de potentiel. Grâce au curseur de l'ajustable A, il est possible de prélever sur la sortie Q<sub>8</sub> de IC une fraction plus ou moins importante de l'amplitude des créneaux délivrés. Il convient de régler le curseur de manière à obtenir au niveau de l'émetteur du transistor des créneaux dont la valeur maximale correspond au potentiel minimal d'alimentation du mini émetteur LASER que l'on se sera procuré. Il en exis-



1

SCHEMA DE PRINCIPE DE L'ÉMETTEUR.





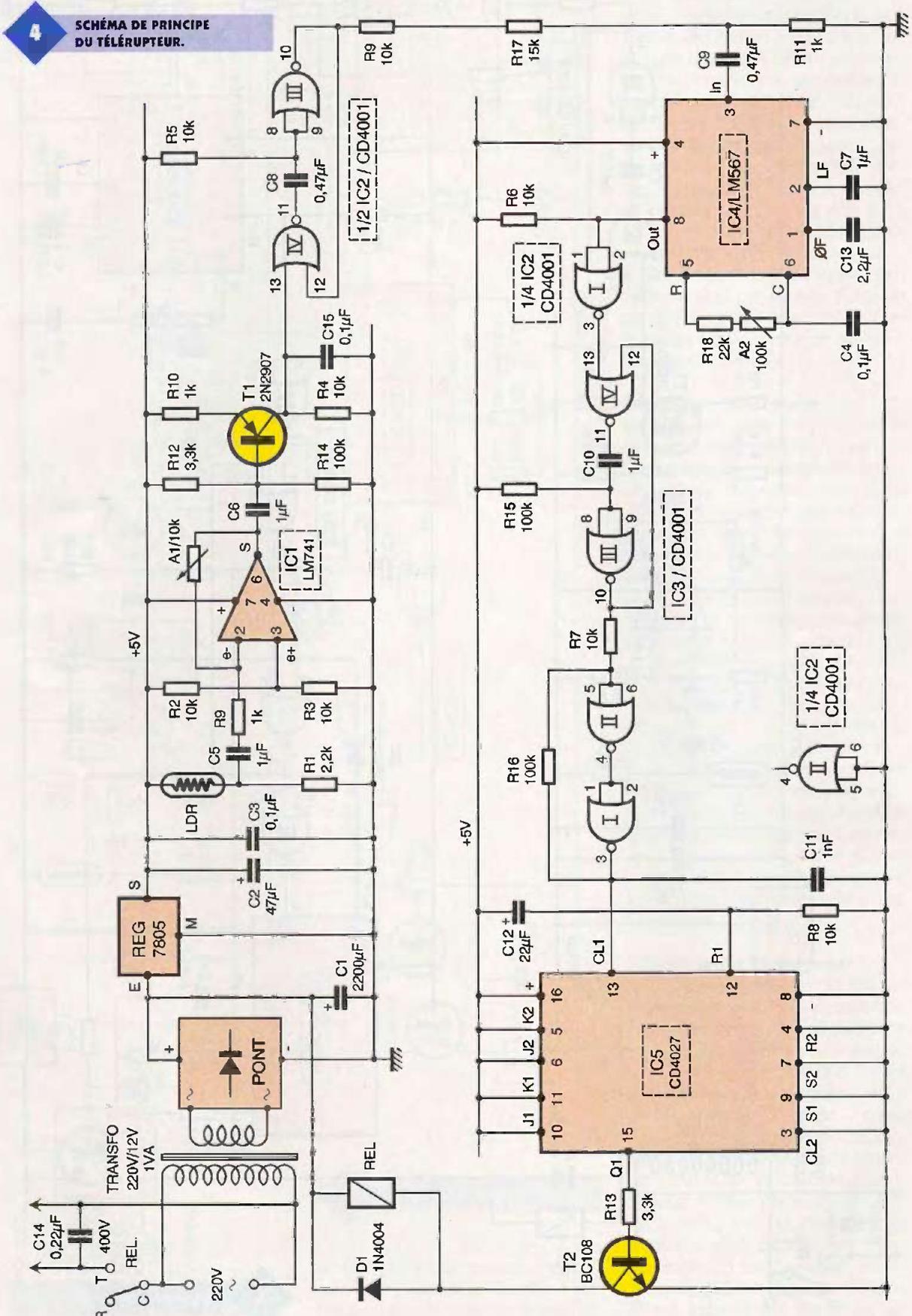
dans le détail du fonctionnement de ce composant. A la fin de l'article, nous donnons un complément d'information sur ce circuit intégré très élaboré. Pour le moment, retenons simplement que si la fréquence du signal analysé est reconnue conforme par IC<sub>3</sub>. Le réglage de cette fréquence

par l'intermédiaire de C<sub>10</sub>, est reconnue correcte, la sortie « OUT », forcée à l'état haut par R<sub>7</sub> en temps normal, passe à l'état bas. Elle reste dans cet état tant que la fréquence du signal analysé est reconnue conforme par IC<sub>3</sub>. Le réglage de cette fréquence

ce d'accord se réalise par l'intermédiaire du curseur de l'ajustable A<sub>0</sub>. Nous en reparlerons.

### Signaux de sonnerie

Le circuit référencé IC<sub>4</sub> est un CD4060. En situation de veille, son



## LA MISE EN COFFRET.

entrée « RESET » étant soumise à un état haut, le compteur est bloqué. Toutes les sorties  $Q_i$  présentent un état bas. Dès que l'entrée « RESET » est reliée à un état bas, le circuit intégré devient opérationnel. En particulier, sur la broche  $Q_0$  (9) on observe un créneau carré d'une période de l'ordre de  $48 \mu\text{s}$ , ce qui correspond à une fréquence d'environ  $20,8 \text{ kHz}$ . Sur la sortie  $Q_4$ , la fréquence du signal carré observable est de :

$$\frac{20800}{2^4} = 1300 \text{ Hz et sur } Q_5 \text{ cette}$$

valeur passe à  $650 \text{ Hz}$ . Il s'agit de deux fréquences musicales séparées par une octave.

Au niveau de la sortie  $Q_{12}$ , le signal carré délivré se caractérise par une fréquence de :

$$\frac{20800}{2^{12}} = 5 \text{ Hz.}$$

Cela revient à dire que l'on observe une suite d'états hauts suivis d'états bas d'une durée de  $100 \text{ ms}$  chacun. Les portes NAND I et IV sont donc alternativement actives en présentant sur leurs sorties respectives un signal carré de  $650 \text{ Hz}$  pour la porte I et de  $1300 \text{ Hz}$  pour la porte IV. Une porte non sollicitée présente sur sa sortie un état haut de blocage. Au niveau de la sortie de la porte NAND III, on obtient alors un signal musical qui change de fréquence toutes les  $0,1 \text{ s}$ , ce qui lui confère une modulation caractéristique d'une sonnerie proche d'un téléphone.

### Amplification

Les transistors NPN  $T_2$  et  $T_3$  constituent un Darlington. Rappelons qu'un tel montage, suiveur de potentiel, réalise un gain important en courant. Sur l'entrée de  $T_3$ , on recueille le courant destiné à l'alimentation de l'équipage mobile de la membrane d'un haut-parleur. Ce dernier restitue la sonorité du signal



évoqué ci-dessus. Grâce au curseur de l'ajustable  $A_3$ , il est possible d'obtenir une intensité sonore plus ou moins élevée.

### Récepteur « minuterie »

#### Alimentation, réception et traitement des signaux

Ces sous-ensembles sont identiques à ceux qui ont été explicités dans le chapitre précédent, relatif à la sonnette.

#### Armement de la minuterie

Lorsque le LM567 référencé  $IC_4$  reconnaît la conformité du signal présenté sur son entrée, la sortie de la porte NOR IV de  $IC_3$  passe à l'état haut. Les portes NOR I et II de  $IC_3$  forment une bascule R/S (RESET/SET). Une telle bascule présente sur sa sortie (porte II) un état haut stable dès que l'entrée 1 de la porte I a été soumise, même momentanément, à un état haut. Elle repasse à l'état bas stable de repos si on soumet l'entrée 6, même brièvement, à un état haut.

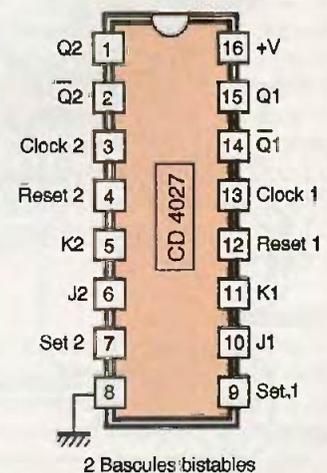
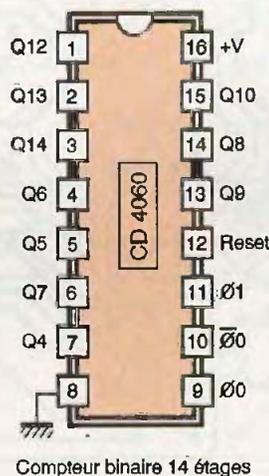
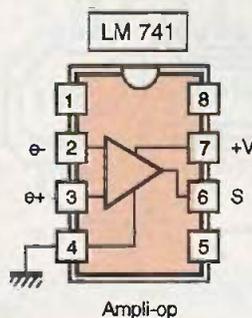
#### Circuit d'utilisation

Dès que la sortie de la bascule R/S est à l'état haut, le transistor  $T_2$  se sature. Dans son circuit collecteur, il comporte le bobinage d'un relais  $12\text{V}/1\text{RT}$ . A noter que ce dernier est directement alimenté par le potentiel de  $12\text{V}$  disponible sur l'armature positive de  $C_1$ . Le relais se ferme et alimente directement le circuit d'éclairage piloté par la minuterie. La diode  $D_1$  protège le transistor  $T_2$  des effets liés à la surtension de self qui se manifestent surtout lors des ouvertures du relais.

#### Fin de temporisation

Le circuit  $IC_5$  est un CD4060. À l'état de veille, son entrée RESET étant soumise à un état haut permanent, le dispositif oscillateur est bloqué et toutes les sorties  $Q_i$  présentent un état bas. Mais aussitôt que l'entrée RESET est reliée à un état bas dû à l'activation de la bascule R/S, le compteur démarre. En particulier au niveau de la broche 9, on relève un

## 5 BROCHAGES.



créneau de forme carrée dont la période est réglable grâce au curseur de l'ajustable  $A_3$ . Si «  $t_0$  » est la valeur de cette période, celle qui caractérise la sortie Q14 se détermine au moyen de la relation  $T = 2^{14} \times t_0$ . Plus précisément, le moment exact où l'on observe sur Q14 un front montant correspond à une demi période du signal carré disponible sur cette broche. Il en résulte que ce front montant se produit au bout d'une durée  $\Delta T = 2^{13} \times t_0$ . Suivant la position angulaire du curseur de l'ajustable  $A_3$ , la temporisation est réglable de 1 à 15 mn. Dès qu'un front montant se manifeste sur la sortie Q14, par l'intermédiaire de  $D_2$ , la bascule R/S revient sur sa position de repos. Il en résulte :

- l'ouverture du relais d'utilisation,
- la remise à zéro du compteur IC<sub>5</sub>,
- le blocage de ce dernier.

### Récepteur « télérupteur »

#### Alimentation, réception et traitement des signaux

Comme pour les montages précédents, cette partie fonctionne de la même manière.

Commande de la bascule bistable  
Dès que IC<sub>4</sub> reconnaît le signal LASER conforme, la sortie de la porte NOR I de IC<sub>2</sub> passe à l'état haut. La bascule monostable formée par les portes NOR III et IV de IC<sub>3</sub> devient alors opérationnelle. En particulier, elle délivre sur sa sortie un état haut d'une durée déterminée par les valeurs de R<sub>15</sub> et de C<sub>10</sub>. Dans le cas présent, celle-ci est de l'ordre de 70 ms. Le trigger de Schmitt constitué par les portes NOR I et II du même circuit intégré confère à ce signal des fronts ascendant et descendant bien verticaux.

#### Bascule bistable

Le circuit intégré IC<sub>5</sub> contient deux bascules bistables dont l'une des deux seulement exploitée. Pour chaque front montant présenté sur l'entrée « CLOCK1 », la sortie Q1 change d'état. Au moment de la mise sous tension du montage, la capacité C<sub>12</sub> se charge à travers R<sub>8</sub>. Cela a pour conséquence l'initialisation automatique de la bascule. Sa sortie Q1 se place systématiquement sur l'état bas.

#### Utilisation

La sortie Q1 alimente la base du transistor NPN T<sub>2</sub> par l'intermédiaire de R<sub>13</sub>. Ce transistor commande le relais d'utilisation dans les mêmes conditions que celles qui ont été évo-



quées lors de la description du montage précédent.

## Réalisation

### Circuits imprimés (figure 6)

Leur réalisation n'appelle aucune remarque particulière. Comme d'habitude, tous les moyens de reproduction peuvent être mis en œuvre : application directe des éléments de transfert sur le cuivre de l'époxy, confection d'un typon ou méthode photographique. Après gravure des circuits dans un bain de perchlore de fer, les modules seront à rincer abondamment à l'eau tiède. Ensuite, toutes les pastilles sont à percer avec un foret de 0,8 mm de diamètre. Certains trous devront être éventuellement agrandis à 1, voire à 1,3 mm de diamètre afin de les adapter aux connexions des composants d'avantage volumineux.



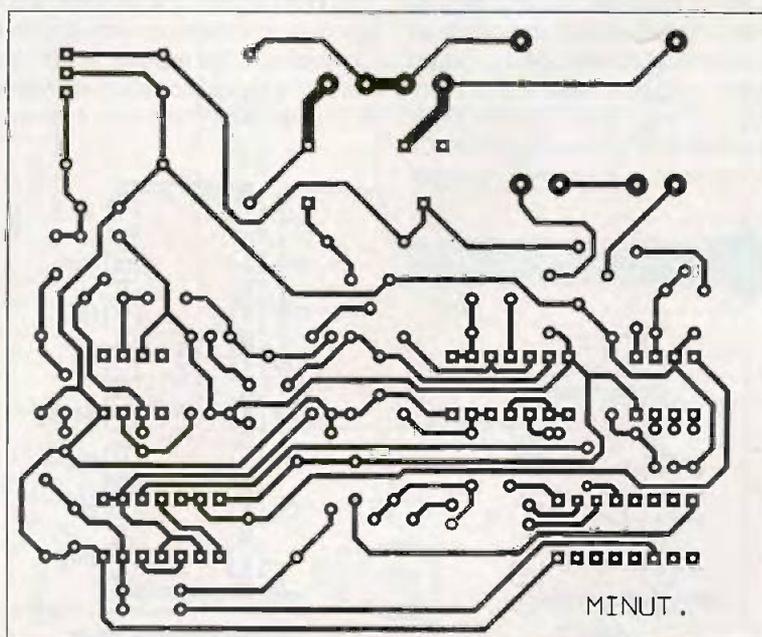
### LE MODULE ÉMETTEUR

### Implantation des composants (figure 7)

Après mise en place des straps, on plantera les diodes, les résistances et les supports de circuits intégrés. On soudera ensuite les capacités, les transistors, les ajustables pour finir avec les composants de plus forte épaisseur. Attention surtout à l'orientation des composants polarisés. Toute erreur à ce niveau ne compromet pas seulement le fonctionnement du montage, mais peut également aboutir à la destruction de certains composants. L'émetteur LASER est directement collé sur l'époxy afin de l'immobiliser méca-



### 6 TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.



iquement. Il en est de même en ce qui concerne le haut-parleur.

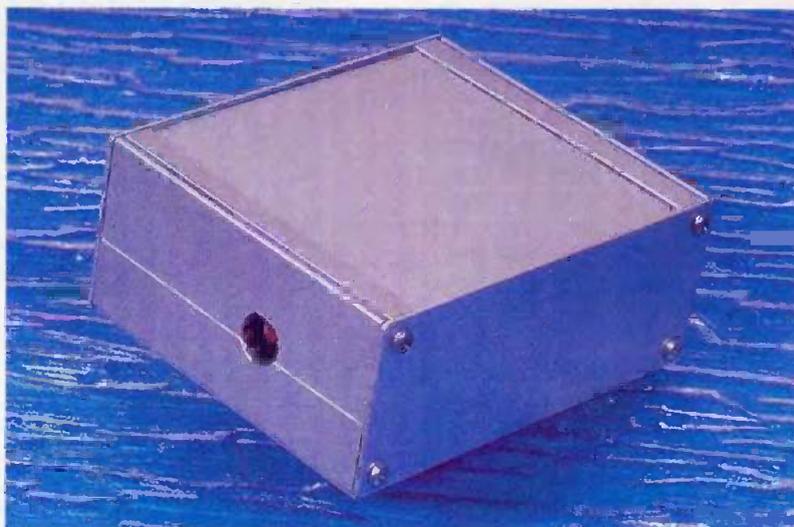
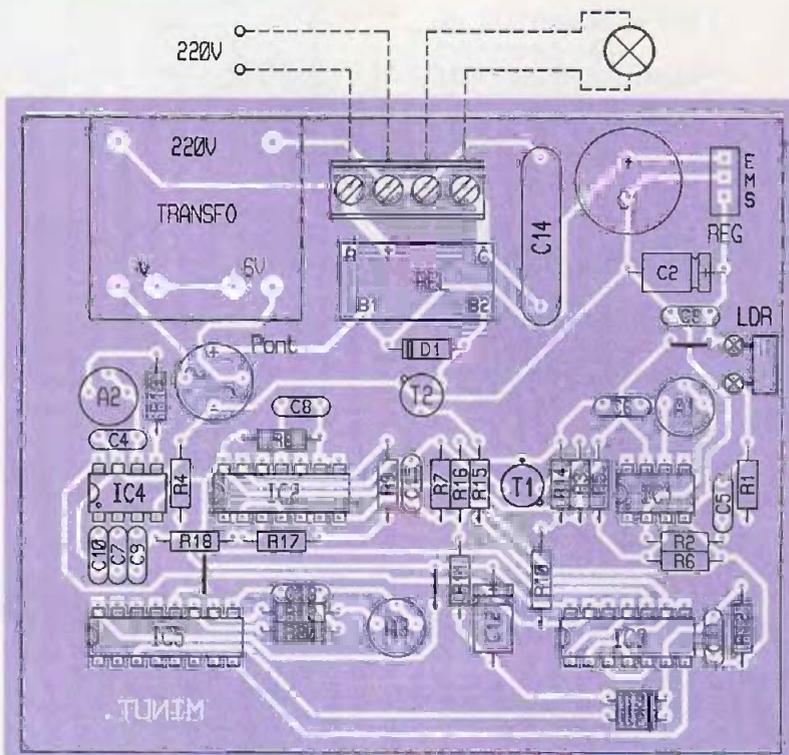
### Mises au point

#### Module « émetteur »

Il s'agit de régler le curseur de l'ajustable A de manière à alimenter l'émetteur LASER sous sa tension maximale. On placera dans un premier temps le curseur à fond dans le sens anti-horaire. Ainsi le potentiel délivré par l'émetteur du transistor T est nul. Ensuite on retirera le circuit intégré de son support et on reliera les broches 14 et 16. À l'aide d'un mesureur et en tournant le curseur dans le sens horaire, on réglera le potentiel disponible sur l'émetteur de T à la valeur nominale requise par le LASER.

#### Module « sonnette »

L'ajustable A<sub>1</sub> sert à régler le gain de l'étage amplificateur. Généralement la position médiane du curseur convient. Le gain augmente si on tourne le curseur dans le sens horaire. Concernant l'ajustable A<sub>2</sub>, il s'agit d'accorder la fréquence de détection du LM567. En partant de la position médiane, on explorera les zones placées à gauche et à droite de cette position par des rotations lentes et légères du curseur. Le but est d'obtenir un état bas franc et stable sur la broche 8 lorsque l'on dirige le faisceau LASER sur la LDR. Enfin, l'ajustable A<sub>3</sub> règle la puissance

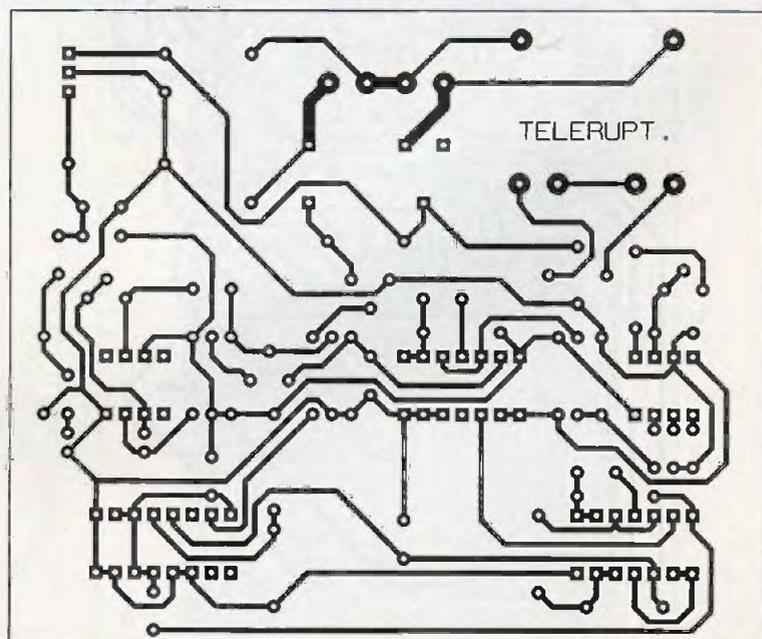


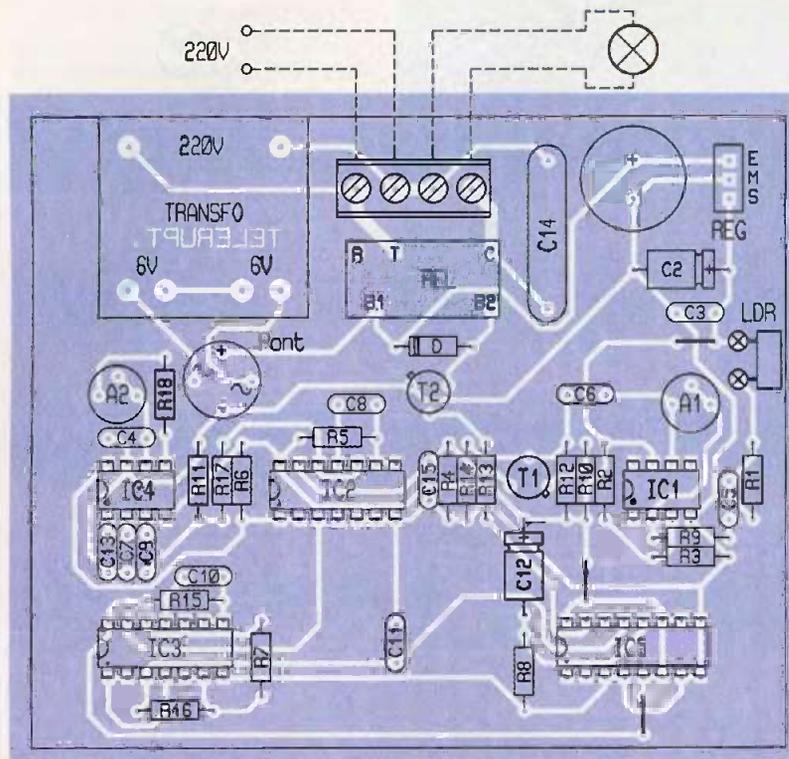
### LE-BOÎTIER MINUTERIE.

ce de la restitution sonore. Elle augmente lorsque l'on tourne le curseur dans le sens horaire.

#### Module « minuterie »

Les ajustables A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> se règlent comme pour le montage précédent. Quant à l'ajustable A<sub>3</sub>, il sert à fixer la durée de la temporisation. Celle-ci augmente si on tourne le curseur dans le sens horaire. Rappelons qu'elle est réglable de 1 à 15 mn. Pour augmenter cette temporisation, on peut remplacer la capacité C<sub>13</sub> par une valeur plus grande. Par exemple 0,47 µF. Dans ce cas, les temporisations obtenues doublent en durée.



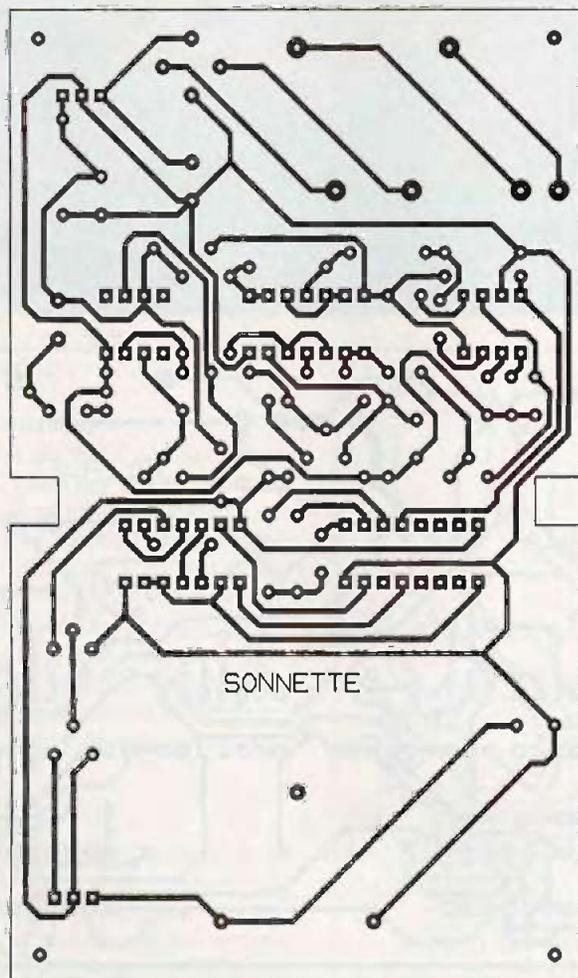


7b

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.

6c

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.



#### Module « télérupteur »

Seuls les ajustables A<sub>1</sub> et A<sub>2</sub> sont à régler suivant les mêmes principes que pour les montages déjà évoqués.

#### Montages pratiques

La figure 8 illustre des exemples concrets d'application. Beaucoup de possibilités existent grâce à l'extraordinaire maintien de la concentration du faisceau LASER ainsi que des distances importantes de sa portée. L'important est de bien concentrer le faisceau au centre de la LDR que l'on choisira d'un diamètre suffisant.

R. KNOERR

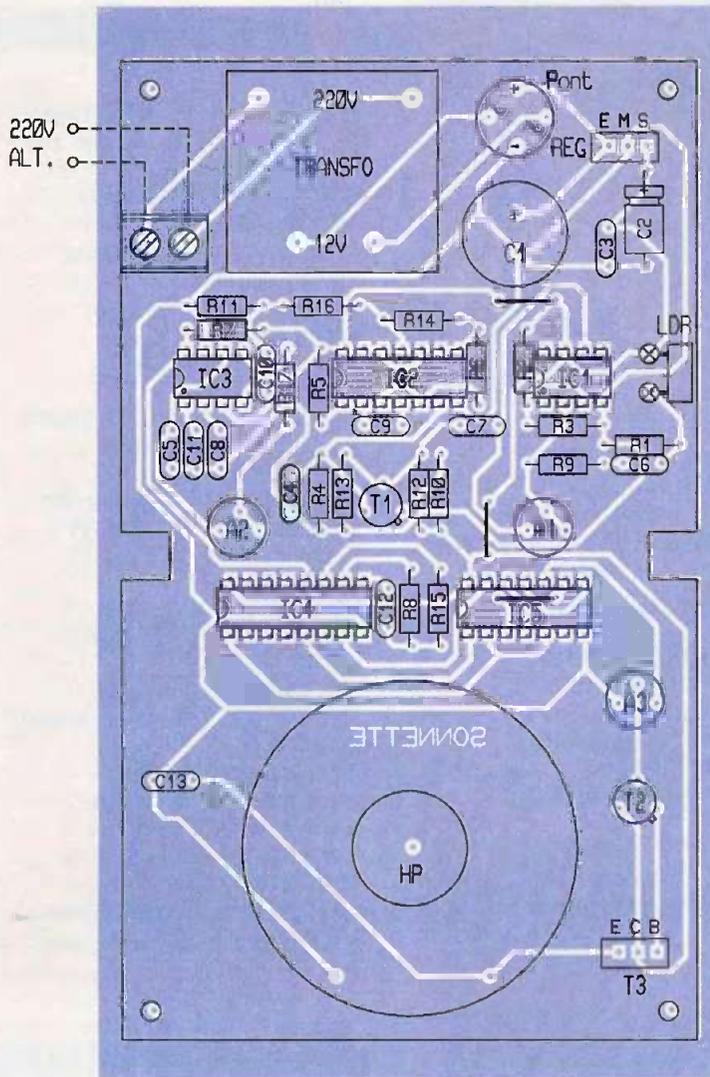
#### Nomenclature

##### Module émetteur

- R<sub>1</sub> : 10 MΩ (marron, noir, bleu)
- R<sub>2</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- R<sub>3</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- A : ajustable 100 kΩ miniature
- Q : quartz 32,768 kHz
- 1 émetteur LASER (voir texte)
- C<sub>1</sub> : 10 µF/10V électrolytique
- C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> : 56 pF céramique multicouches
- T : transistor NPN BC108, 2N2222
- IC : CD4060 (compteur binaire 14 étages)
- 1 support 16 broches
- BP : bouton-poussoir pour circuit imprimé, contact travail
- 2 piles LITHIUM CR2032 (Ø20 - ép. 3,2)
- 2 piles

##### Récepteur sonnerie

- 3 straps (2 horizontaux, 1 vertical)
- R<sub>1</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>2</sub> à R<sub>8</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R<sub>9</sub> à R<sub>11</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- R<sub>12</sub> : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)
- R<sub>13</sub> à R<sub>15</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R<sub>16</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)
- R<sub>17</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
- A<sub>1</sub> : ajustable 10 kΩ miniature



- A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub> :** ajustables 100 k miniatures
- LDR :** photorésistance
- Pont de diodes** 500 mA
- REG :** régulateur 5V 7805
- C<sub>1</sub> :** 2200 µF/25V électrolytique, sorties radiales
- C<sub>2</sub> :** 47 µF/10V électrolytique
- C<sub>3</sub> à C<sub>5</sub> :** 0,1 µF céramique multicouches
- C<sub>6</sub> à C<sub>8</sub> :** 1 µF céramique multicouches
- C<sub>9</sub>, C<sub>10</sub> :** 0,47 µF céramique multicouches
- C<sub>11</sub> :** 2,2 µF céramique multicouches
- C<sub>12</sub> :** 2,2 nF céramique multicouches
- C<sub>13</sub> :** 0,22 µF céramique multicouches
- T<sub>1</sub> :** transistor PNP 2N2907
- T<sub>2</sub> :** transistor NPN BC108, 2N2222
- T<sub>3</sub> :** transistor NPN BD135
- IC<sub>1</sub> :** LM741 (Ampli-OP)
- IC<sub>2</sub> :** CD4001 (4 portes NOR)
- IC<sub>3</sub> :** LM567 (filtre actif)
- IC<sub>4</sub> :** CD4060 (compteur binaire 14 étages)
- IC<sub>5</sub> :** CD4011 (4 portes NAND)
- 2 supports 8 broches
- 2 supports 14 broches
- 1 support 16 broches
- 1 transformateur 220V/12V/2VA
- HP : haut-parleur 4 ou 8 W Ø50
- 1 bornier soudable 2 plots

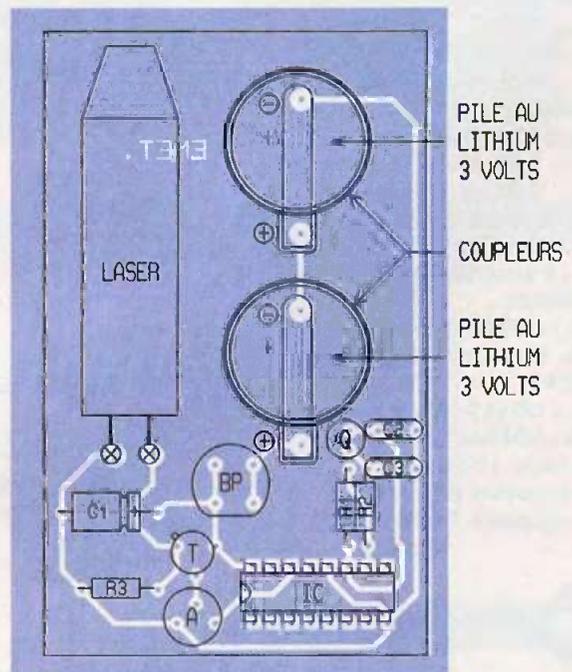
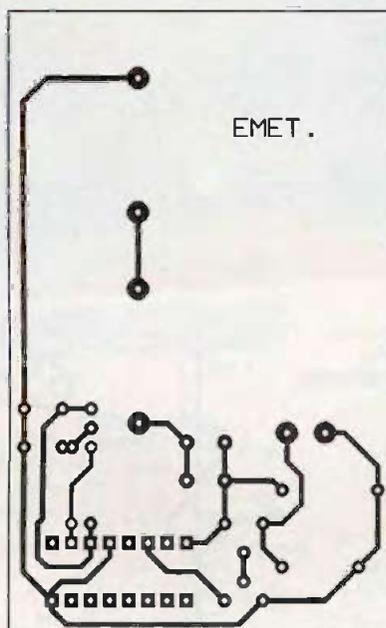
**7c** IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.

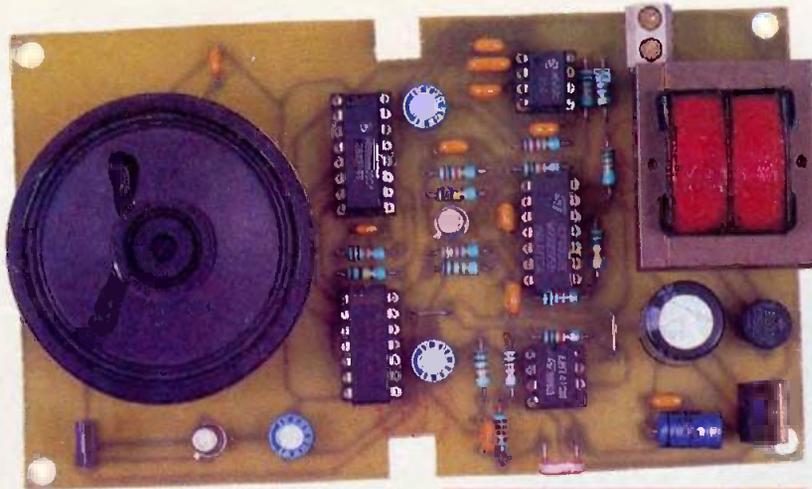
**6d** TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

**7d** IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.

**Module « minuterie »**

- 3 straps (1 horizontal, 2 verticaux)
- R<sub>1</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)





## LA SONNETTE

**C<sub>1</sub> : 47 µF/10V électrolytique**  
**C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>15</sub> : 0,1 µF céramique multicouches**  
**C<sub>5</sub> à C<sub>7</sub> : 1 µF céramique multicouches**  
**C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> : 0,47 µF céramique multicouches**  
**C<sub>10</sub> : 1 µF céramique multicouches**  
**C<sub>11</sub> : 1 nF céramique multicouches**  
**C<sub>12</sub> : 22 µF/10V électrolytique**  
**C<sub>13</sub> : 2,2 µF céramique multicouches**  
**C<sub>14</sub> : 0,22 µF/400V polyester**  
**T<sub>1</sub> : transistor PNP 2N2907**  
**T<sub>2</sub> : transistor NPN BC108, 2N2222**  
**IC<sub>1</sub> : LM741 (Ampli-OP)**  
**IC<sub>2</sub>, IC<sub>3</sub> : CD4001 (4 portes NOR)**  
**IC<sub>4</sub> : LM567 (filtre actif)**  
**IC<sub>5</sub> : CD4027 (double bascule bivalente)**  
**2 supports 8 broches**  
**2 supports 14 broches**  
**1 support 16 broches**  
**1 transformateur 220V/2x6V/1VA**  
**1 relais 12V/1RT NATIONAL**  
**1 bornier soudable 4 plots**

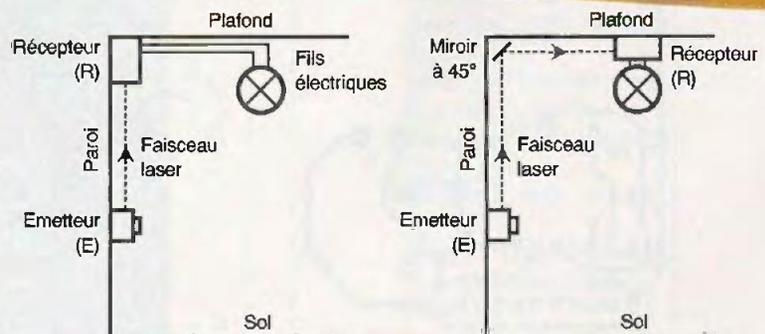
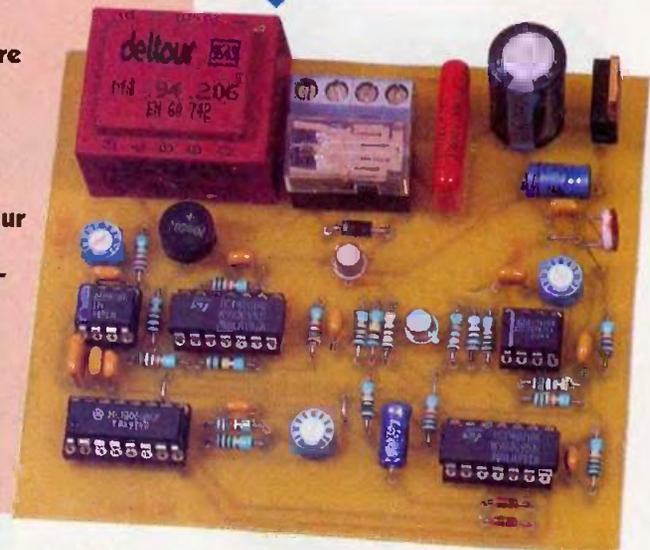
**R<sub>2</sub> à R<sub>4</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)**  
**R<sub>5</sub> à R<sub>13</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)**  
**R<sub>14</sub>, R<sub>15</sub> : 3,3 kΩ (orange, orange, orange)**  
**R<sub>16</sub>, R<sub>17</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)**  
**R<sub>18</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)**  
**R<sub>19</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)**  
**R<sub>20</sub> : 1 MΩ (marron, noir, vert)**  
**A<sub>1</sub> : ajustable 10 kΩ miniature**  
**A<sub>2</sub> : ajustable 100 kΩ miniature**  
**A<sub>3</sub> : ajustable 220 kΩ miniature**  
**Pont de diodes 500 mA**  
**REG : régulateur 5V 7805**  
**LDR : photorésistance**  
**D<sub>1</sub> : diode 1N4004**  
**D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> : diodes signal 1N4148**  
**C<sub>1</sub> : 2 200 µF/25V électrolytique, sorties radiales**  
**C<sub>2</sub> : 47 µF/10V électrolytique**  
**C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, C<sub>15</sub> : 0,1 µF céramique multicouches**  
**C<sub>5</sub> à C<sub>7</sub> : 1 µF céramique multicouches**  
**C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> : 0,47 µF céramique multicouches**  
**C<sub>10</sub> : 2,2 µF céramique multicouches**  
**C<sub>11</sub> : 1 nF céramique multicouches**  
**C<sub>12</sub> : 22 µF/20V électrolytique**  
**C<sub>13</sub> : 0,22 µF/400V polyester**  
**C<sub>14</sub> : 0,22 µF céramique multicouches**  
**T<sub>1</sub> : transistor PNP 2N2907**  
**T<sub>2</sub> : transistor NPN BC108, 2N2222**  
**IC<sub>1</sub> : LM741 (Ampli-OP)**  
**IC<sub>2</sub>, IC<sub>3</sub> : CD4001 (4 portes NOR)**  
**IC<sub>4</sub> : LM567 (filtre actif)**  
**IC<sub>5</sub> : CD4060 (compteur binaire 14 étages)**  
**2 supports 8 broches**  
**2 supports 14 broches**

**1 support 16 broches**  
**1 transformateur 220V/2x6V/1VA**  
**REL : relais 12V/1RT NATIONAL**  
**1 bornier soudable 4 plots**

### Module « télérupteur »

**3 straps (1 horizontal, 2 verticaux)**  
**R<sub>1</sub> : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)**  
**R<sub>2</sub> à R<sub>8</sub> : 10 kΩ (marron, noir, orange)**  
**R<sub>9</sub> à R<sub>11</sub> : 1 kΩ (marron, noir, rouge)**  
**R<sub>12</sub>, R<sub>13</sub> : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)**  
**R<sub>14</sub> à R<sub>16</sub> : 100 kΩ (marron, noir, jaune)**  
**R<sub>17</sub> : 15 kΩ (marron, vert, orange)**  
**R<sub>18</sub> : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)**  
**A<sub>1</sub> : ajustable 10 kΩ miniature**  
**A<sub>2</sub> : ajustable 100 kΩ miniature**  
**Pont de diodes 500 mA**  
**REG : régulateur 5V 7805**  
**LDR : photorésistance**  
**D : diode 1N4004**  
**C<sub>1</sub> : 2 200 µF/25V électrolytique, sorties radiales**

## LA MINUTERIE



# POUR EN SAVOIR PLUS SUR LE LM567

Le circuit LM567 est un filtre actif utilisé le plus fréquemment comme décodeur de fréquence. Il réagit à une fréquence donnée et prédéterminée par réglage. C'est un circuit très riche en applications diverses, notamment dans le domaine de la télécommande.

## Généralités

Son potentiel nominal d'alimentation est de 5V continu. Il consomme environ 7 mA. Il s'agit d'un composant extrêmement élevé qui ne comporte pas moins de 62 transistors ! À l'aide d'un minimum de composants périphériques, son utilisation est très simple. En particulier à l'aide d'un ajustable, il est possible de faire varier la plage de détection dans un rapport de 1 à 20. Sa sortie peut accepter un courant compatible avec la technologie TTL (jusqu'à plusieurs dizaines de mA). La bande passante est réglable de 0 à 14 %. Bien entendu, le circuit est équipé d'un efficace dispositif de réjection et d'immunité aux bruits et aux signaux parasites. Il se caractérise par une grande stabilité de la valeur de réglage de la fréquence. Celle-ci est, elle-même, réglable dans de très grandes proportions : de 0,01 Hz à 500 kHz.

### Brochage (figure 1)

Le circuit se présente sous la forme d'un boîtier rectangulaire comportant 8 broches « Dual In Line » (2 rangées de 4). Le « plus » de l'alimentation correspond à la broche 4 tandis que le « moins » est à relier à la broche 7. Le signal d'entrée est à présenter sur la broche 3 alors que la sortie est disponible sur la broche 8. Les broches 1 et 2 reçoivent des capacités de liaison avec le « moins » de l'alimentation. La première réalise le filtrage du signal de sortie et la seconde sert à déterminer la largeur de la bande passante. Enfin, les

broches 5 et 6 sont reliées respectivement à une capacité et à une résistance généralement réglable qui sont les paramètres déterminant de la fréquence de détection.

### Fonctionnement (figures 2 et 3)

Le signal présenté sur l'entrée peut se caractériser par une allure allant de la forme sinusoïdale à la forme carrée, symétrique ou non, mais le constructeur recommande une valeur RPS (efficace) comprise entre 5° et 200 mV. Rappelons que pour un signal sinusoïdal, cette valeur efficace se détermine par la relation :

$V_{eff} = 0,35 \times C$  (C étant la valeur de crête à crête).

S'il s'agit d'un signal de forme carrée, cette valeur se calcule par la relation :

$V_{eff} = \frac{C}{2}$  (C étant la différence de potentiel entre états haut et bas).

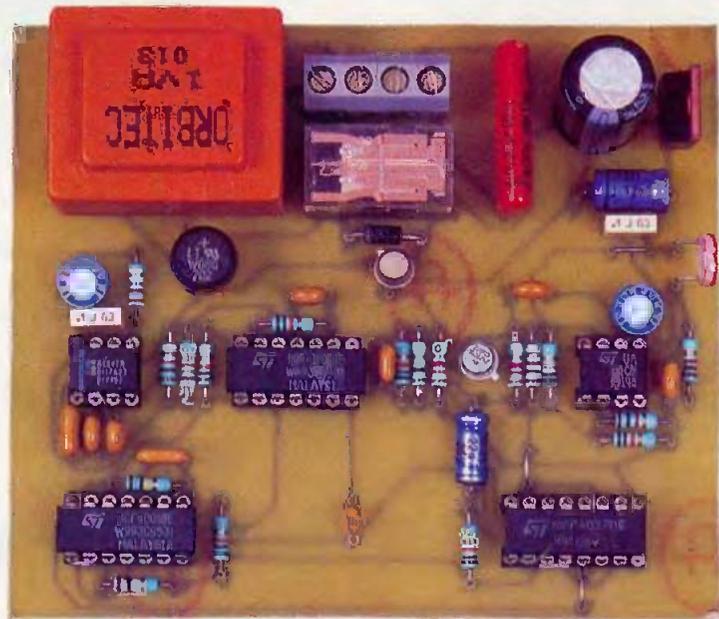
Bien entendu, si le signal comporte une composante continue, ce qui est le cas le plus fréquent, celle-ci doit être bloquée par la mise en œuvre d'une capacité de couplage. La broche 6 est à relier au « moins » par l'intermédiaire d'une capacité  $C_1$ . Les broches 5 et 6 sont reliées par une résistance (variable ou non) de valeur R. La fréquence de détection se détermine alors par la relation :

$$F_0 = \frac{1}{1,1 \times R \times C_1} \quad (R \text{ en } \Omega \text{ et } C_1 \text{ en Farads})$$

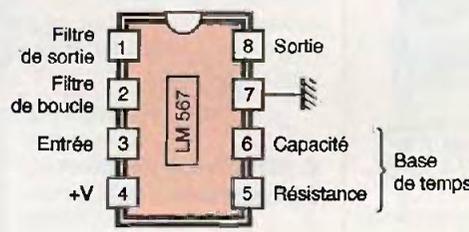
Le montage interne fait intervenir le principe de la boucle de phase. Grâce à la valeur d'une capacité  $C_2$  montée entre la broche 2 et le « moins », on peut déterminer la largeur de la bande passante, exprimée en pourcentage par rapport à  $F_0$  :

$$\text{Bande passante (\%)} = 1070 \frac{\sqrt{V_{eff}}}{F_0 \times C_2}$$

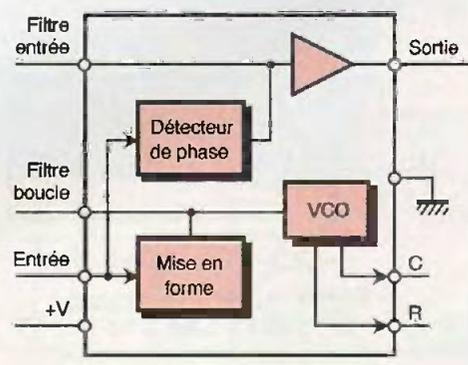
(avec  $V_{eff}$  exprimée en Volts,  $F_0$  en



## 1 BROCHAGE



## 2 STRUCTURE



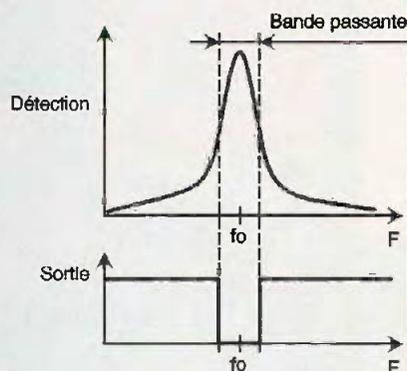


Hz et  $C_2$  en  $\mu\text{F}$ ). La capacité  $C_3$  reliant la broche 1 au « moins » permet de déterminer le nombre de cycles du signal d'entrée, nécessaires avant la confirmation de la détection. En choisissant  $C_3$  proche de la valeur de  $C_2$ , ce nombre de cycles varie en sens inverse de la largeur de la bande passante. Si cette dernière varie de 10 % à 0 % le nombre de cycles nécessaires au déclenchement varie de 30 à 300. Il s'agit en fait d'une possibilité supplémentaire d'élimination de tout signal conforme. Enfin, lorsqu'il y a détection de  $F_0$ , la sortie (broche 8) normalement forcée à l'état haut par une résistance de  $10\text{ k}\Omega$  à  $100\text{ k}\Omega$  reliée au « plus », passe à l'état bas de manière très franche.

### Exemple d'utilisation

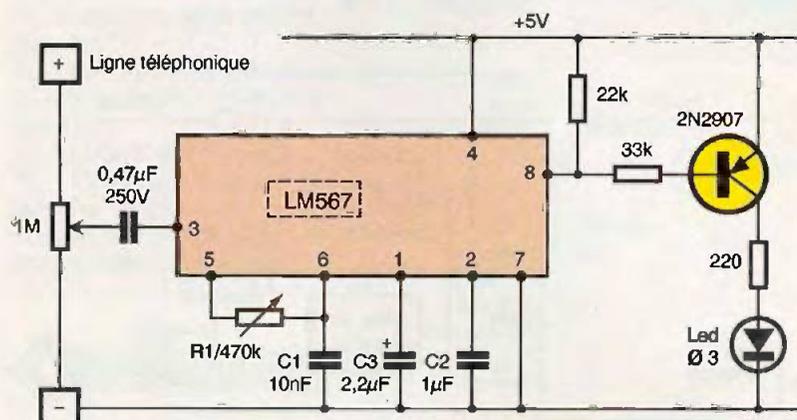
La figure 4 illustre une application particulière en téléphonie. Il s'agit de la détection du « LA » téléphonique caractérisé par une fréquence de 440 Hz.

### RÉCEPTION SUR LDR.



### 3 BANDE PASSANTE DE DÉTECTION.

### 4 APPLICATION EN TÉLÉPHONIE.



## TRANSMISSION NUMÉRIQUE MULTIMÉDIA

La transmission de l'information subit une mutation très rapide qui aboutit aux transmissions numériques multimédia, au confluent de l'électronique, de la physique et l'informatique. L'ouvrage met en lumière ce qui fait

Edouard Rivier

## Transmission numérique multimédia



Eyrolles

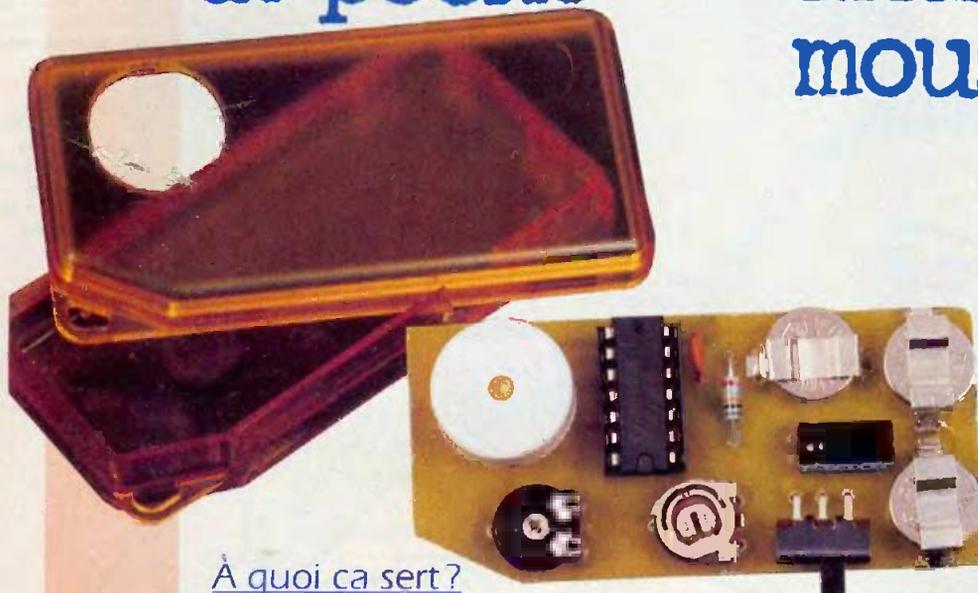
le cœur de tous les systèmes de transmission évolués : la modulation, la situation des différents processus physiques dans la chaîne de communication. Il explique le fonctionnement des systèmes de transmission hertzienne ou autres, basés sur des procédés souvent très récents et hiérarchise tout cet ensemble.

La présentation originale, en blocs fonctionnels, joue un rôle pédagogique important. Cette présentation, proche de celle des normes, permet de se repérer aisément et rapidement dans l'interpénétration, de plus en plus complexe, de ces systèmes de transmission. L'auteur fait appel au modèle OSI en couches et décrit ce qui se passe réellement sur le plan numérique et physique.

Ouvrage pour tous les étudiants en télécommunications (BTS, IUT, la filière EEA, grandes écoles en télécommunication). Les ingénieurs des bureaux d'études en tireront le plus grand profit.

E. RIVIER - EYROLLES  
344 pages - 215 F.

# Répulsif électronique de poche anti- moustiques



## À quoi ça sert ?

Les moustiques constituent une gêne certaine pour vos nuits d'été, surtout lorsque l'humidité règne. Les techniques électroniques peuvent venir à votre secours pour rendre, nous l'espérons, votre sommeil moins agité.

## Comment ça marche ?

Les moustiques, d'après des spécialistes reconnus, n'aimeraient pas certaines fréquences. Nous leur avons donc préparé un générateur de son pas très original il est vrai, mais simple et peu coûteux. Il s'alimente par trois piles de 1,5V de type bouton et se porte dans la poche. On pourra donc l'emmener un peu partout, les scouts souvent perturbés par ces insectes l'apprécieront particulièrement.

L'alimentation par piles de 1,5V nous donne une tension de 4,5V, un condensateur de découplage filtre l'alimentation. Il compense la haute résistance interne des piles utilisées ici. L'oscillateur reprend un montage classique, il utilise un trigger de Schmitt inverseur. La fréquence est réglable par le potentiomètre

P<sub>1</sub>, la plage de variation offerte ici va de 2 kHz à 28 kHz. Le condensateur est un modèle céramique certes moins précis qu'un MKT, sa précision est suffisante pour cette application.

Nous avons utilisé un circuit intégré CMOS en oscillateur, circuit intégré ayant l'intérêt d'une consommation très basse, qualité importante dans un équipement portatif. La sortie de l'oscillateur attaque une paire de trigger montés en parallèle, ce qui permet de doubler la capacité en courant. La sortie est également inversée par un second trigger qui, à son tour, commande une autre paire de trigger.

Nous aurons donc en sortie deux signaux en opposition de phase qui seront envoyés sur le transducteur piézo-électrique. Cette

technique dite du pont permet d'obtenir un signal de sortie d'amplitude double. L'amplitude du signal sera équivalente à celle d'un circuit alimenté par une seule pile de 9V. Nous avons ajouté ici un potentiomètre de réglage du niveau envoyé sur le transducteur, ce dernier est doué de résonance et sortira donc un signal plus important sur cette fréquence.

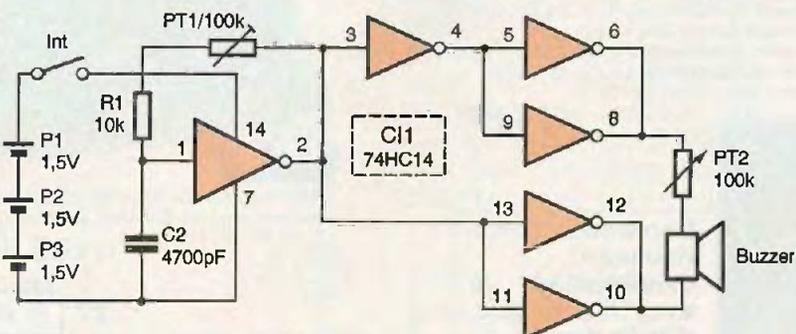
La consommation du montage varie entre 0,6 et 1,5 mA suivant la position du potentiomètre.

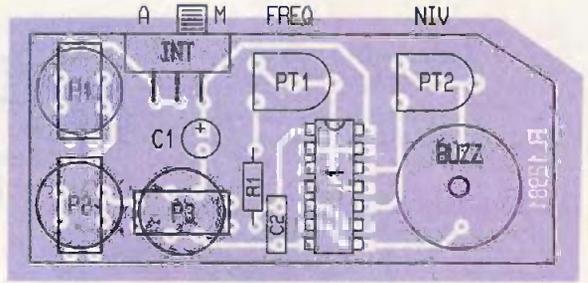
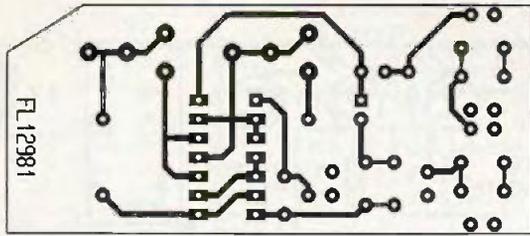
L'autonomie du montage sera d'une cinquantaine d'heures ou plus suivant la position de ce potentiomètre.

## Réalisation

Le circuit imprimé revêt une forme spéciale, il est en effet destiné à être installé dans un coffret DIPTAL 961, coffret type jerrican à boucle de fixation. Les piles sont fixées par des cavaliers soudés sur des brides soudées sur le circuit imprimé. Le support de circuit intégré n'est pas indispensable. On soudera le transducteur une fois le coffret percé. Nous avons prévu

### 1 SCHEMA DE PRINCIPE.





## 2 TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

## MISE EN PLACE DES PILES.

## 3 IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.



vous ne voulez pas vous lancer dans son encastrement, vous vous contenterez d'un trou de 4 à 5 mm de diamètre soigneusement ébavuré. Sinon, vous ferez un trou plus grand, à la fraise et la mini perceuse par exemple ou en utilisant une mèche à bois à trois pointes

poignée. Vous retirez l'élastique et vous visez l'animal, vous lâchez l'élastique et c'est fait... Le principe exploité ici est celui de la vitesse d'arrivée du projectile et du faible volume vu par le moustique. Il n'a pas le temps de s'envoler...

E. LEMERY

### Nomenclature

**R<sub>1</sub> : 10 kΩ 1/4 W 5 %**

**C<sub>1</sub> : 47 μF/6,3V chimique radial**

**C<sub>2</sub> : 4 700 pF céramique**

**CI : Circuit intégré SN74HC14**

**P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> : Potentiomètre ajustable horizontal 100 kΩ**

**Buzz : buzzer piézo-électrique 17 mm**

**Int : Interrupteur à glissière pour circuit imprimé sorties coudées**

**P<sub>1</sub> à P<sub>3</sub> : piles AG 12**

**Coffret DIPTAL 961, Contacts à pile en étrier**

pour les potentiomètres une double implantation permettant l'installation de potentiomètres ajustables de plus petite taille. La partie mécanique de la réalisation commence par la découpe de l'interrupteur. Ce dernier étant encastré (on évite un déclenchement intempestif), on creusera la matière autour du trou (couteau, fraise) pour faciliter sa manipulation. Ensuite, on installe le circuit au fond du coffret pour repérer le centre du transducteur. Si

de 17 mm de diamètre manipulée avec précaution. On réalise un trou de 2,5 mm de diamètre avant de terminer à la mèche.

En prime, nous avons ajouté un exterminateur. Nous n'avons pas découvert le moyen d'exterminer électroniquement ces animaux. Par contre, l'anneau du boîtier peut être utilisé pour installer un élastique assez long, il servira à accrocher le répulsif ou éventuellement à exterminer la bestiole, le coffret servant de

# Prolongateur de télécommande infrarouge

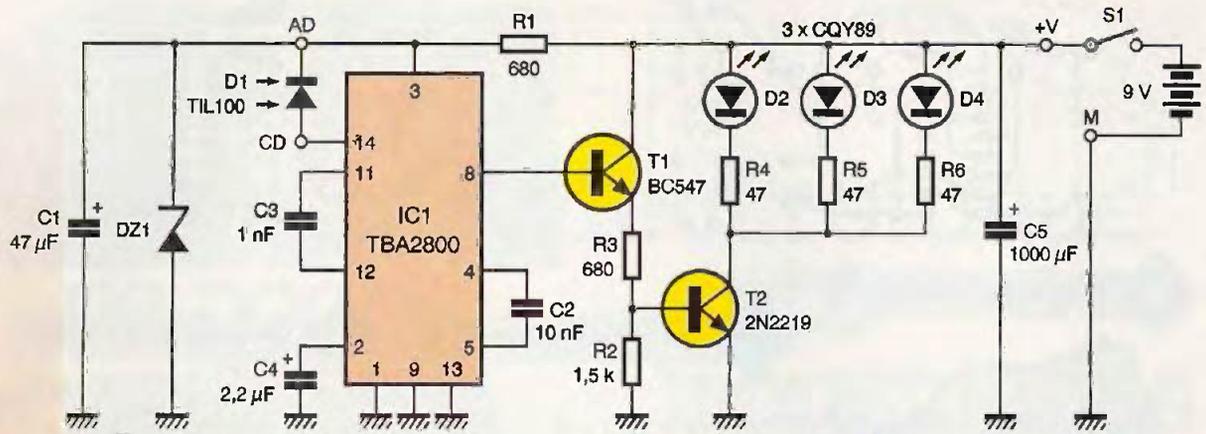
## À quoi ça sert ?

Les télécommandes à infrarouge sont omniprésentes dans nos habitations et sont de moins en moins réservées aux seuls appareils audiovisuels. On trouve en effet aujourd'hui des interrupteurs ou gradateurs d'éclairage, des climatiseurs, ou bien encore des volets roulants

électriques qui exploitent ce support. Malheureusement, et malgré leur invisibilité, les infrarouges ne sont pas des ondes radio mais sont bel et bien des rayons lumineux avec toutes les contraintes que cela impose; la plus importante d'entre elles étant

que l'émetteur et le récepteur doivent être en vue « optique » pour que les ordres puissent être correctement transmis. Comme ce n'est pas toujours le cas, surtout pour les applications non visuelles, nous vous proposons de réaliser cette « rallonge » de télécommande infrarouge qui permet





## 1 SCHÉMA DE PRINCIPE.

d'augmenter la portée d'une télécommande ordinaire, mais surtout de « tirer dans les coins ». Il suffit en effet de la placer judicieusement à l'angle d'une pièce ou dans l'encoignure d'une porte pour que, de votre fauteuil, vous puissiez commander le ou les appareils situés dans la pièce voisine. Comme il existe aujourd'hui une multitude de systèmes de codage, surtout dans les domaines autres que l'audiovisuel, notre télécommande est transparente vis-à-vis de ces derniers et reproduit fidèlement en sortie ce qu'elle reçoit en entrée.

### Comment ça marche ?

Le schéma reste extrêmement simple grâce à l'utilisation du circuit intégré spécialisé IC<sub>1</sub>, un TBA2800 de ITT. Les signaux de la télécommande à « rallonger » sont reçus par la diode infrarouge D<sub>1</sub>. Ils subissent une première amplification dans IC<sub>1</sub> avant d'être couplés à l'étage

suivant via C<sub>2</sub> puis, après une nouvelle amplification, sont couplés à l'amplificateur de sortie via C<sub>3</sub>. Les valeurs relativement faibles de ces condensateurs permettent au circuit d'être à peu près insensible au 50 Hz du secteur dont il est inondé si vous utilisez votre télécommande au voisinage de lampes halogènes ou à incandescence par exemple.

Le gain de l'ensemble des amplificateurs contenus dans IC<sub>1</sub> est très important puisqu'il atteint 80 dB environ. Le courant de sortie que peut fournir le circuit est, par contre, insuffisant pour piloter des LED ; il est donc amplifié par T<sub>1</sub> et T<sub>2</sub> avant de commander trois LED infrarouge D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub> et D<sub>4</sub>.

Ces LED sont attaquées au travers de résistances de faibles valeurs qui assurent un courant instantané de 100 mA par LED afin de disposer d'une portée suffisante. Malgré cela, les LED ne risquent rien car elles ne transmettent que des impulsions de courte durée. Le courant moyen qui les traverse n'excède donc pas leurs possibilités.

L'alimentation du montage peut être confiée à une pile de 9V car la consommation au repos est faible et que, même si elle croît en phase de

transmission d'ordres, ces périodes sont généralement très brèves.

### La réalisation

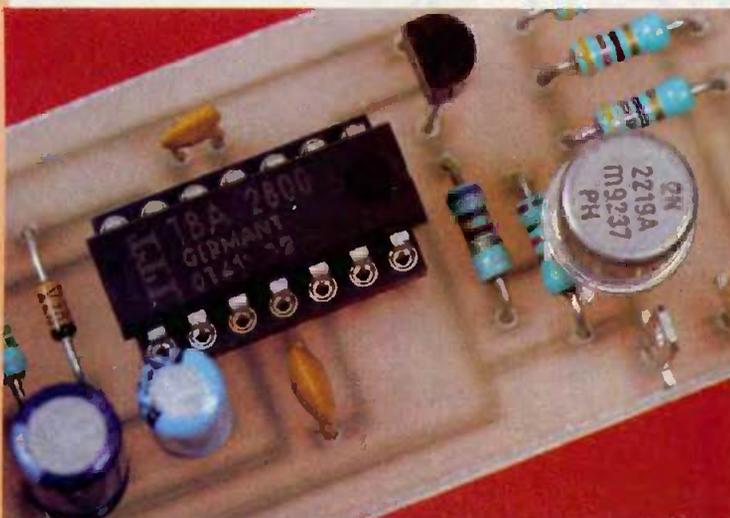
L'approvisionnement des composants ne doit pas poser de problème particulier. Les références indiquées pour les LED infrarouges, tant réceptrice qu'émettrices, n'ont rien d'impératif et tout modèle du marché peut convenir.

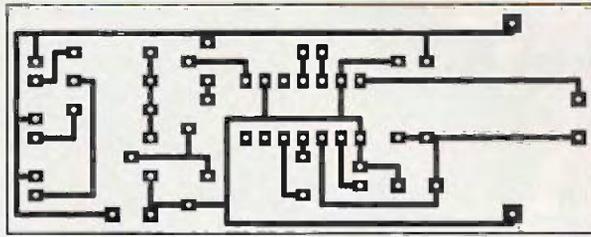
Le câblage ne présente aucune difficulté en utilisant le circuit imprimé que nous avons dessiné. Seul le brochage de la LED réceptrice peut vous causer quelques soucis ; le repère sensé être présent sur tous les boîtiers n'étant pas toujours très visible. Sachez donc qu'une telle LED se teste avec un ohmmètre, comme n'importe quelle diode, et qu'elle conduit lorsque la borne positive de l'ohmmètre est sur son anode. Veillez ensuite à la connecter dans le bon sens au montage car, dans le cas contraire, il fonctionnerait quand même mais avec une sensibilité de réception désastreuse.

Le fonctionnement est immédiat et ne nécessite aucun réglage. Pour une plus grande portée, les LED pourront être placées en arc de cercle ou bien encore être montées au foyer d'un réflecteur récupéré sur une lampe de poche ou un phare de vélo. De même, il est parfaitement envisageable de mettre plusieurs rallonges de ce type « à la queue leu leu » afin d'atteindre plusieurs pièces de votre domicile si nécessaire.

C. TAVERNIER

### UTILISATION D'UN TBA 2800.



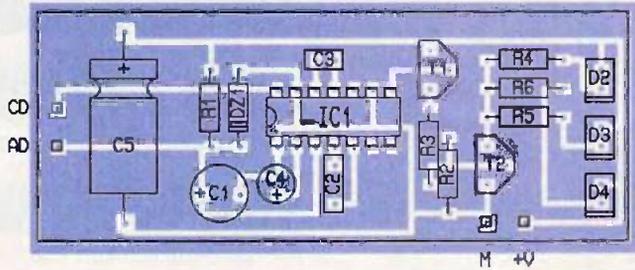


2

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

3

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.



**Nomenclature**  
IC<sub>1</sub> : TBA2800

T<sub>1</sub> : BC547  
T<sub>2</sub> : 2N2219 A  
D<sub>1</sub> : TIL100, BPW50 ou équivalent (diode

réceptrice infrarouge)  
D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, D<sub>4</sub> : CQY89, LD271 ou équivalent (diodes émettrices infrarouge de 5 mm)  
DZ<sub>1</sub> : zéner 4,7V 0,4 W  
R<sub>1</sub>, R<sub>3</sub> : 680 Ω 1/4 W 5 % (bleu, gris, marron)  
R<sub>2</sub> : 1,5 kΩ 1/4 W 5 % (marron, vert, rouge)  
R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> : 47 Ω 1/4 W 5 % (jaune, violet, noir)  
C<sub>1</sub> : 47 μF/25V chimique radial  
C<sub>2</sub> : 10 nF céramique  
C<sub>3</sub> : 1 nF céramique  
C<sub>4</sub> : 2,2 μF/25V chimique radial  
C<sub>5</sub> : 1 000 μF/15V chimique axial  
S<sub>1</sub> : commutateur 1 circuit 2 positions  
1 support de CI 14 pattes  
Réflecteur éventuel pour les LED (voir texte)

# « Champignon » pour jeux de société

À quoi ça sert ?

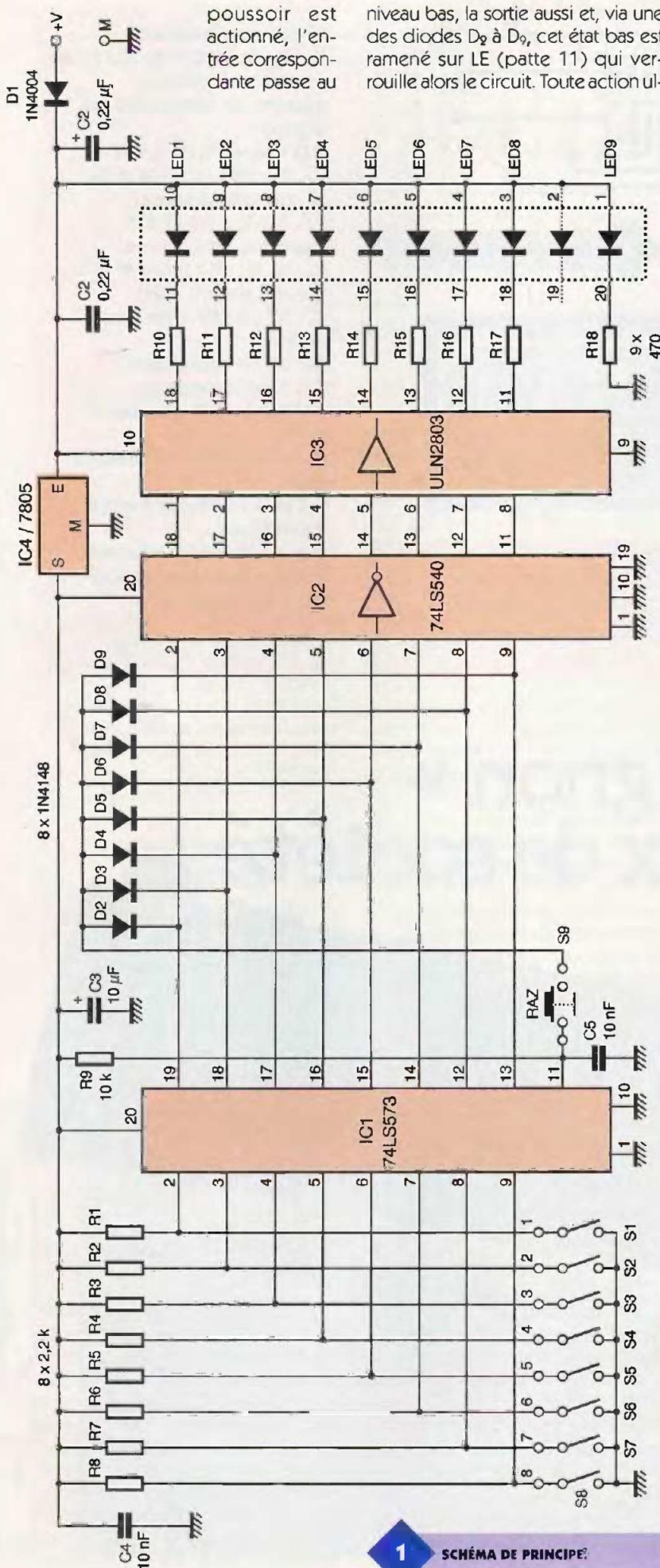
Ce n'est pas du légume comestible (ou non) de nos forêts dont nous allons vous parler maintenant mais plutôt de ce gros pousoir, en forme de champignon justement, que l'on trouve dans tous les jeux télévisés faisant intervenir la rapidité de réponse du candidat. Même si vous n'êtes pas un passionné de ces joutes télévisuelles, vous savez sans doute que c'est celui qui appuie le plus rapidement possible sur son champignon qui fait allumer la lumière correspondante et bénéficie ainsi du droit de répondre à la question posée. Nous vous proposons de réaliser la même chose pour animer vos jeux de société personnels et, pour que notre montage ne soit pas limité à un ou deux joueurs mais puisse servir lors de réunions de famille ou pour les anniversaires des enfants par exemple, nous avons prévu jusqu'à huit participants.



Malgré ce nombre relativement important, le montage reste très simple et ne fait appel qu'à quatre circuits intégrés très peu coûteux. Il faut dire que huit est un chiffre très utilisé en micro-informatique et que les boîtiers comportant huit circuits identiques sont légion sur le marché, ce qui nous a bien aidés.

Comment ça marche ?

La seule difficulté d'un tel montage consiste à verrouiller son état dès que le premier participant actionne son pousoir. Pour ce faire nous utilisons huit bascules D contenues dans le circuit intégré IC<sub>1</sub>. Tant qu'aucun des interrupteurs d'entrée n'est actionné, toutes les entrées sont au niveau haut et les sorties aussi car les bascules sont en mode transparent compte tenu du fait que LE est ramené au niveau haut. Dès qu'un



poussoir est actionné, l'entrée correspondante passe au niveau bas, la sortie aussi et, via une des diodes D<sub>2</sub> à D<sub>9</sub>, cet état bas est ramené sur LE (patte 11) qui verrouille alors le circuit. Toute action ul-

térieure, même quelques dizaines de ns plus tard seulement sur les autres poussoirs est donc sans effet. Pour ramener le montage dans son état initial, il suffit d'actionner le poussoir de RAZ qui libère la ligne LE et replace donc IC<sub>1</sub> dans le mode transparent. Comme la sortie de IC<sub>1</sub> correspondant au poussoir activé est au niveau logique bas; nous inversons son état grâce à IC<sub>2</sub> qui comporte huit amplificateurs inverseurs, et nous amplifions le courant de sortie grâce à IC<sub>3</sub> qui contient huit Darlington de puissance. Ces derniers sont surabondants ici pour commander de simples LED mais IC<sub>3</sub> coûte moins cher que les transistors et les résistances qu'il remplace alors...

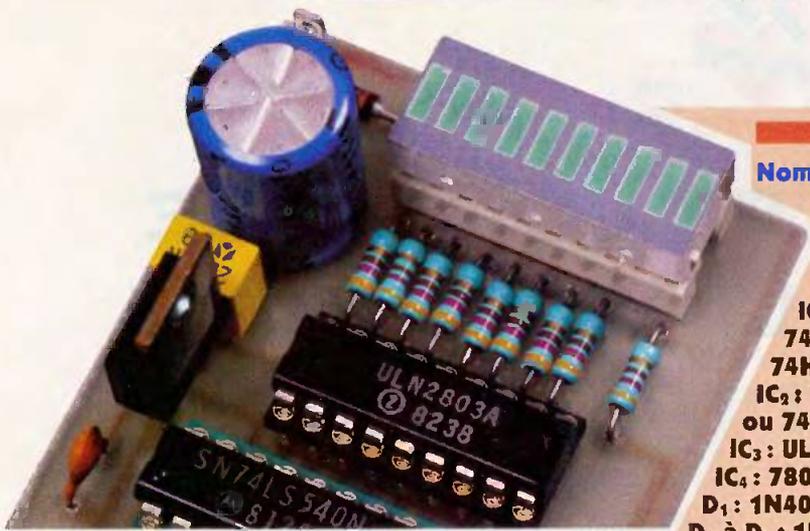
L'affichage est confié à un barreau de dix LED en boîtier DIL. La LED extrême sert de témoin de mise en marche via R<sub>18</sub> et la suivante sert de séparateur par rapport aux huit LED indicatrices du poussoir activé. L'alimentation est confiée à un bloc secteur « prise de courant » délivrant environ 9V sous 100 mA au moins. Elle est régulée à 5V grâce à IC<sub>4</sub> de manière très classique.

## La réalisation

Le tracé du circuit imprimé est fort simple car nous avons choisi des circuits intégrés dont le brochage est « intelligent » puisqu'entrées et sorties se font faces dans le boîtier. L'alimentation des composants ne doit poser aucun problème; pas plus d'ailleurs que le câblage à réaliser dans l'ordre traditionnel.

Les circuits intégrés sont montés sur supports pour permettre un échange éventuel et l'on peut faire de même pour l'afficheur à barreau de LED. Pour une mise en boîte plus « visuelle », cet afficheur peut évidemment être remplacé par neuf LED individuelles montées en face avant du boîtier recevant le montage. Aucune modification du schéma n'est à prévoir pour cela.

Les poussoirs destinés aux joueurs peuvent être de n'importe quels types pourvu qu'ils soient à contact travail, c'est-à-dire en appuyant, tandis que le poussoir de RAZ est à contact repos, c'est-à-dire que son contact s'ouvre quand on l'actionne. Le fonctionnement du montage est immédiat si aucune erreur de câblage n'a été commise. Remarquez que, compte tenu du principe utilisé, le montage autorise l'allumage de plus d'une LED à la fois dans le seul cas où la vitesse d'action sur les



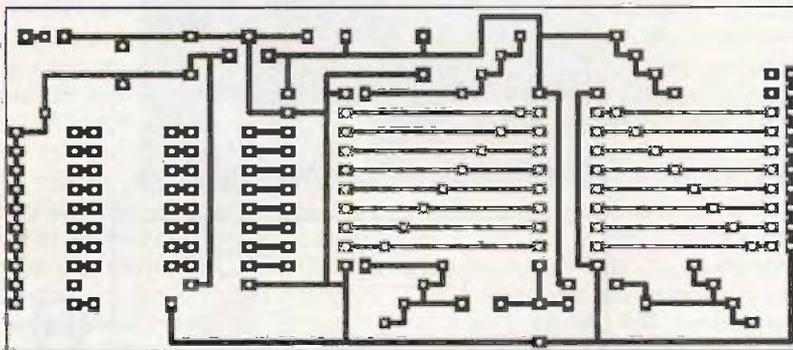
### Nomenclature

- IC<sub>1</sub> : 74LS573 ou 74HC573
- IC<sub>2</sub> : 74LS540 ou 74HC540
- IC<sub>3</sub> : ULN2803
- IC<sub>4</sub> : 7805
- D<sub>1</sub> : 1N4004
- D<sub>2</sub> à D<sub>9</sub> : 1N914 ou

**1** EMPLOI DE LED EN BOÎTIER.

**2** TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

- 1N4148
- LED<sub>1</sub> à LED<sub>9</sub> : 10 LED en boîtier DIL 20 pattes ou 9 LED individuelles de 3 ou 5 mm
- R<sub>1</sub> à R<sub>8</sub> : 2,2 kΩ 1/4 W 5 % (rouge, rouge, rouge)
- R<sub>9</sub> : 10 kΩ 1/4 W 5 %

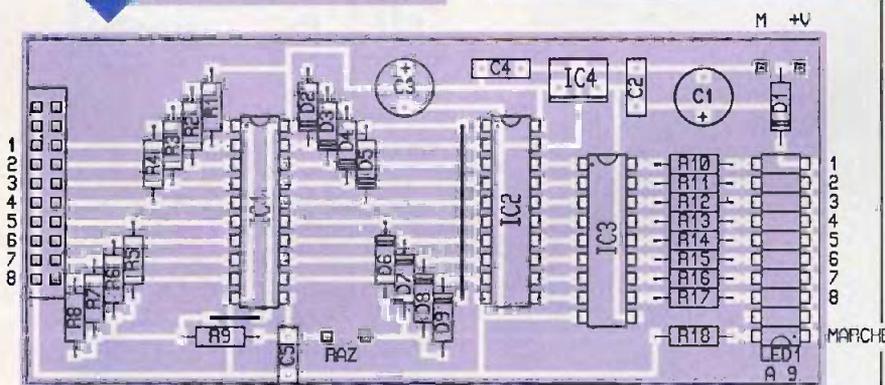


poussoirs a été rigoureusement identique aux quelques ns près qui correspondent en fait au temps de transfert de IC<sub>1</sub>. Nous n'avons pas considéré ce phénomène comme gênant car deux joueurs actionnant leurs poussoirs à quelques ns d'intervalle seulement peuvent être considérés comme ayant agit simultanément à notre échelle. Une nanoseconde représente, rappelons-le, un milliardième de seconde!

C. TAVERNIER

**1** IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.

- (marron, noir orange)
- R<sub>10</sub> à R<sub>18</sub> : 470 Ω 1/4 W 5 % (jaune, violet, marron)
- C<sub>1</sub> : 470 μF/25V chimique radial
- C<sub>2</sub> : 0,22 μF mylar
- C<sub>3</sub> : 10 μF/25V chimique radial
- C<sub>4</sub>, C<sub>5</sub> : 10 nF céramique ou mylar
- 3 supports de CI 20 pattes
- 1 support de CI 18 pattes
- S<sub>1</sub> à S<sub>8</sub> : poussoirs à 1 contact travail (contact en appuyant)
- S<sub>9</sub> : poussoir à 1 contact repos (contact en relâchant)



## PC ET CARTES À PUCE

Même si vous savez déjà lire et écrire dans les cartes à puce, ce livre va vous expliquer comment aller beaucoup plus loin !



Avec l'aide de votre PC, vous allez par exemple pouvoir lire le "relevé de compte" de votre carte bancaire ou savoir si on l'a utilisée à votre insu, et même décrypter les échanges de données entre les cartes et leurs lecteurs.

Vous apprendrez également à fabriquer vos propres cartes et à les programmer depuis le PC.

Et lorsque vous aurez réalisé les montages décrits et utilisé les logiciels réunis sur la disquette, les nouvelles télécarts françaises ou étrangères n'auront plus guère de secrets pour vous, que vous soyez ou non collectionneur.

### Configuration Minimale Recommandée

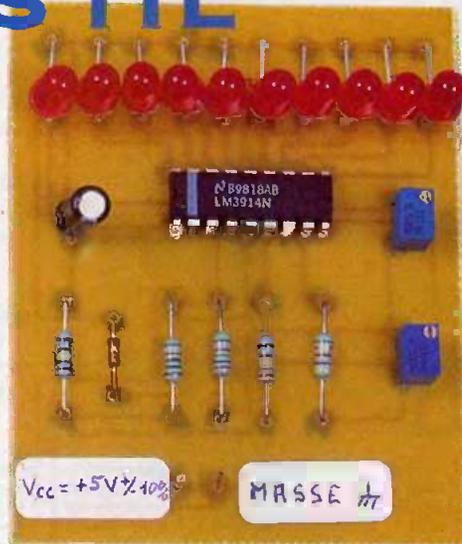
Processeur	8086	386 SX
Vitesse	8 MHz	25 MHz
RAM Disque dur	640 Ko / -	8 Mo ou + / 100 Mo ou +
Système	MS-DOS - Windows	3.30 ou supérieur Windows 3.X ou 95
Carte vidéo/moniteur	CGA/14"	VGA/14" ou +
Lecteur de disquettes	3 1/2 HD	3 1/2 HD
Lecteur de CD-ROM		
Périphériques		
- Carte son		
- Modem		
- Imprimante	Matricielle 9 aiguilles	Jet d'encre PIC 16C84
Langages	GWBASIC	GWBASIC, TURBO-BASIC
Programmation		ASSEMBLEUR PIC 16C84
Logiciels installés		ACROBAT READER V3

P. GUEULLE - E.T.S.F. / DUNOD  
160 Pages + disquette - 225 F.



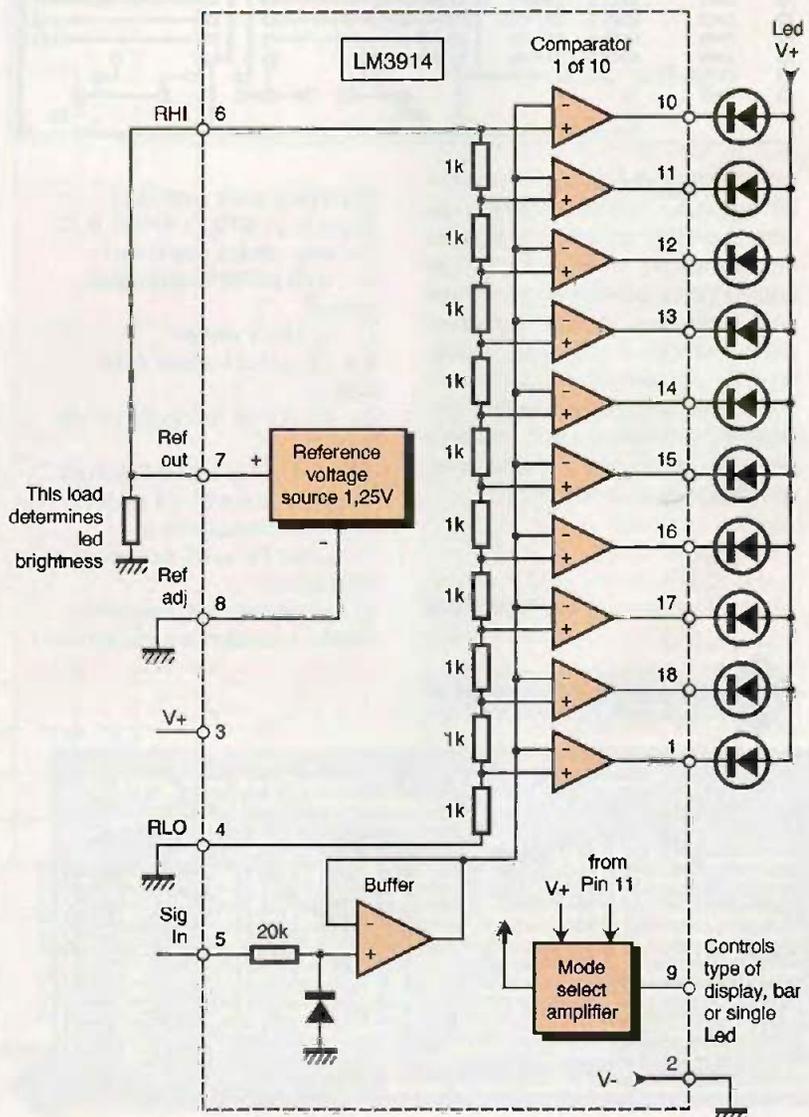
# VOLTMÈTRE DE CONTRÔLE POUR LES ALIMENTATIONS DES CIRCUITS TTL

En utilisant le LM3914 de chez « National Semiconductor » qui est un circuit pilotant des afficheurs, associé à quelques résistances et des LED, un simple voltmètre à échelle étendue peut être réalisé. De plus, il fonctionne avec la même et unique alimentation + 5V ± 10% que celle qu'il contrôle et peut fournir un avertissement contre toute surtension ou sous-tension pour des signaux compatibles TTL.

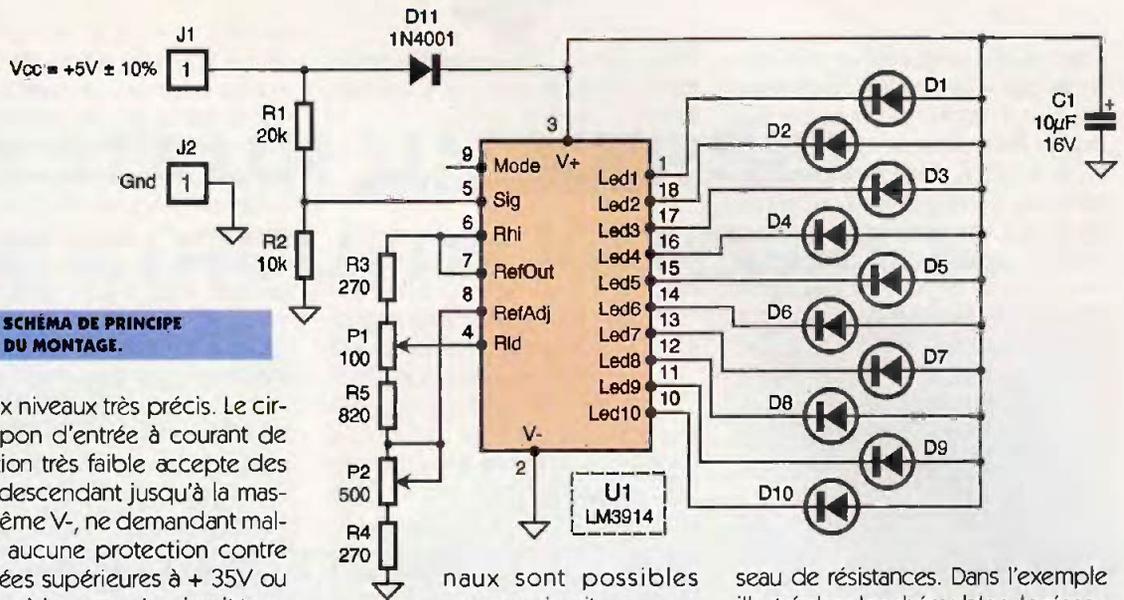


## Étude du montage

Le LM3914 est un circuit intégré monolithique qui détecte les tensions analogiques et pilote 10 LED, fournissant un affichage analogique linéaire. Une simple broche de ce circuit change l'affichage évoluant en un point qui se déplace vers un affichage de type bargraph. Le courant pilotant les LED est régulé et programmable, éliminant le besoin de résistances supplémentaires. Cette caractéristique est l'une de celles qui permet une opération du système complet à partir d'une tension inférieure à + 3V. Le circuit contient sa propre référence ajustable et son diviseur de ten-



1 STRUCTURE INTERNE DU LM3914



## 2 SCHEMA DE PRINCIPE DU MONTAGE.

sion à dix niveaux très précis. Le circuit tampon d'entrée à courant de polarisation très faible accepte des signaux descendant jusqu'à la masse, ou même  $V_-$ , ne demandant malgré tout aucune protection contre des entrées supérieures à  $+35V$  ou inférieures à la masse. Le circuit tampon pilote dix comparateurs individuels référencés par rapport au diviseur de précision. L'indication de non-linéarité peut être par conséquent tenu pour  $1/2\%$  en valeur typique, même sur une grande gamme de température. La souplesse d'utilisation fut étudiée dans le LM3914; ainsi, le contrôleur, l'alarme visuelle et les fonctions d'échelle étendue ont facilement été ajoutées sur le système d'affichage. Le circuit peut piloter des LED de différentes couleurs ou des lampes à incandescence possédant un faible courant. Plusieurs LM3914 peuvent être chaînés pour former des afficheurs allant de vingt à cent segments de lumière. Chaque fin de diviseur de tension est accessible extérieurement si bien que deux pilotes d'afficheurs successifs peuvent être associés pour former un appareil de mesure à zéro central.

Le LM3914 est très facile à appliquer en tant que circuit de mesure analogique. Un appareil mesurant à pleine échelle  $1,2V$  ne demande qu'une seule résistance et une alimentation unique pouvant aller de  $+3V$  à  $+15V$  en plus des dix LED. Si la résistance est un potentiomètre, ce dernier devient le contrôle de luminosité des LED. Le schéma bloc simplifié de la **figure 1** illustre ce circuit extérieur extrêmement simple de conception.

Lorsque le mode du point qui se déplace sur la rampe des LED est sélectionné, il y a une petite quantité de recouvrement ou « fade » (d'environ  $1\text{ mV}$ ) entre les segments. Ceci assure qu'à aucun moment toutes les LED seront éteintes ou « OFF » et ainsi tout affichage ambigu est écarté. De nombreux affichages origi-

naux sont possibles avec ce circuit.

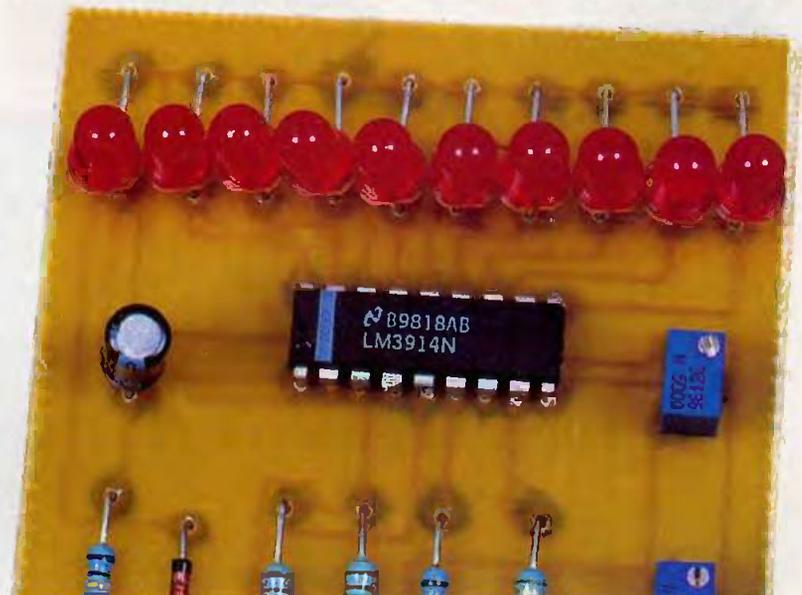
Une des causes principales de la flexibilité de ces afficheurs vient du fait que toutes les sorties sont individuelles avec une régulation en courant continu. Divers effets peuvent être atteints en modulant ces courants. Les sorties individuelles peuvent piloter un transistor aussi bien qu'une LED en même temps; des fonctions de contrôle incluant l'éta-ge de contrôle peuvent ainsi être remplies. Le LM3914 peut aussi fonctionner en tant que programmeur ou encore séquenceur. Ce circuit est considéré comme pouvant opérer de  $+0^\circ\text{C}$  à  $+70^\circ\text{C}$ .

Le schéma bloc simplifié du LM3914 représenté à la figure 1 donne une idée générale du mode opératoire de ce circuit. Un étage tampon d'entrée à haute impédance travaille avec des signaux allant de la masse à  $+12V$  et est protégé contre les signaux inverses et les signaux de surtension. Le signal est ensuite appliqué à une série de dix comparateurs; chacun d'eux est polarisé à un niveau de comparaison différent grâce à un ré-

seau de résistances. Dans l'exemple illustré dans le schéma bloc, le réseau de résistances est connecté à une référence de tension interne de  $+1,25V$ . Dans ce cas, pour chaque augmentation du signal d'entrée égale à  $125\text{ mV}$ , un comparateur commutera sur une LED indiquant le nouveau niveau de tension. Ce diviseur de résistances peut être connecté entre deux tensions quelconques, en s'assurant qu'elles sont de  $+1,5V$  en dessous de  $V_+$  et pas inférieures à  $V_-$ . Si un appareil de mesure à affichage et à échelle étendue est désiré, le diviseur total de tension peut être aussi petit que  $200\text{ mV}$ . Les appareils de mesure à affichage et à échelle étendue sont plus précis et les segments s'allument uniformément seulement si le mode du point qui se déplace sur une rampe de LED est sélectionné. A  $50\text{ mV}$  ou plus par échelon, le mode du point qui se déplace sur une rampe de LED est utilisable.

Le circuit de notre montage est représenté à la **figure 2**; Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  atténuent  $V_{CC}$  par un facteur de trois sur la broche d'entrée du LM3914 assurant une polarisation

## LE CIRCUIT EN QUESTION.



correcte du circuit avec un VCC aussi bas que +4V. La référence interne du circuit établit la tension aux bornes de la série de résistances R<sub>3</sub>, P<sub>1</sub>, R<sub>5</sub> à 1,25V, établissant une référence de charge induisant un courant de 1 mA. Ce courant est réuni avec le faible et constant courant provenant de la broche de référence ajustable (75 µA en typique) et s'écoule vers la masse à travers P<sub>2</sub> et R<sub>4</sub>, introduisant une chute de tension. L'ajustage de P<sub>2</sub> fait varier cette chute de tension et, par conséquent, la tension sur la broche 7 qui est nominalement de 1,803V (= 5,41V/3). La broche 7 est connectée au sommet du diviseur de tension par palier interne du LM3914 par l'intermédiaire de la broche 6. Le bas de ce diviseur (broche 4) est connecté au point milieu du potentiomètre P<sub>1</sub>. En faisant varier ce potentiomètre, on peut établir une tension de 1,47V (= 4,41V/3) sans affecter de façon significative le potentiel sur la broche 7. La diode D<sub>11</sub>, qui est optionnelle, protège le circuit contre une inversion des polarités lors du branchement de l'alimentation. En fonctionnement, les dix comparateurs internes du LM3914 compare le signal d'entrée, VCC/3, à la tension de référence sur le diviseur, allumant chaque LED successive pour chaque augmentation de 100 mV pour VCC à partir de 4,5V. Le LM3914 régule les courants dans les LED à dix fois le courant de charge de référence, qui est ici d'environ 10 mA; ainsi, aucune résistance extérieure de limitation de courant est requise. Avec la broche 9 non connectée, le circuit fonctionne en mode du point qui se déplace sur la rampe de LED (une seule LED s'allume à la fois). Si on l'avait voulu, l'affichage en mode bargraph aurait pu être obtenu si on avait connecté la broche 9 au

VCC, mais ce mode semble moins bien convenir pour notre application.

## Réalisation pratique

Le câblage ne pose pas de problème; il n'y a pas de strap à placer. Il est recommandé de mettre un support pour le LM3914 dans le cas où une « expérience » destructrice surviendrait pour ce composant. La **figure 3** représente le circuit côté soudures et la **figure 4** le circuit côté composants. Pour calibrer notre circuit, mettre VCC à 5,41V et ajuster

P<sub>2</sub> jusqu'à ce que les LED D<sub>9</sub> et D<sub>10</sub> soient allumées de manière égale (un système de dépassement interne d'environ 1 mV assure que toutes les LED ne dépassent pas leur seuil propre à chacune). Puis, déconnecter R<sub>1</sub> de VCC et connecter cette résistance à une référence de tension précise. Puis, à 4,5V de tension de référence précise, ajuster P<sub>1</sub> jusqu'à ce que la LED D<sub>1</sub> commence juste à s'éclairer. Il y a une faible interaction entre ces deux réglages à cause de la résistance finie (de 10 kΩ) du diviseur de tension du LM3914; aussi, il est conseillé de répéter cette opération une seconde fois.

VCC (en Volts) = 4,51 - 4,60 -->	LED éclairée : D <sub>1</sub>
VCC (en Volts) = 4,61 - 4,70 -->	LED éclairée : D <sub>2</sub>
VCC (en Volts) = 4,71 - 4,80 -->	LED éclairée : D <sub>3</sub>
VCC (en Volts) = 4,81 - 4,90 -->	LED éclairée : D <sub>4</sub>
VCC (en Volts) = 4,91 - 5,00 -->	LED éclairée : D <sub>5</sub>
VCC (en Volts) = 5,01 - 5,10 -->	LED éclairée : D <sub>6</sub>
VCC (en Volts) = 5,11 - 5,20 -->	LED éclairée : D <sub>7</sub>
VCC (en Volts) = 5,21 - 5,30 -->	LED éclairée : D <sub>8</sub>
VCC (en Volts) = 5,31 - 5,40 -->	LED éclairée : D <sub>9</sub>
VCC (en Volts) = 5,41 - au-dessus -->	LED éclairée : D <sub>10</sub>

## Conclusion

Grâce au LM3914 associé à peu de composants externes, on peut réaliser un appareil de mesure à affichage très utile dans de nombreuses applications de laboratoire. De même, ce circuit peut aussi être utilisé en prenant les étages de sortie pilotant les LED pour piloter directement une

porte TTL; ainsi, les LED D<sub>1</sub> et D<sub>10</sub> peuvent servir comme signal d'alarme contre toute sous-tension ou toute surtension. Ce procédé peut être utilisé par exemple pour initialiser une chute d'alimentation programmée par logiciel ou encore pour sommer un opérateur.

M. LAURY

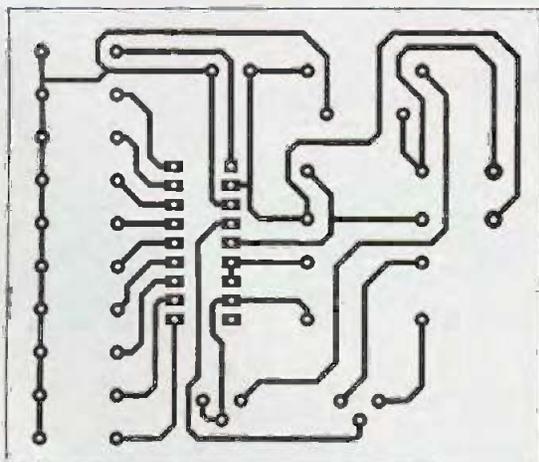
### Nomenclature

U<sub>1</sub> : LM3914  
 D<sub>1</sub> à D<sub>10</sub> : diodes LED  
 D<sub>11</sub> : diode 1N4001  
 C<sub>1</sub> : 10 µF/16V  
 R<sub>1</sub> : 20 kΩ 1/4 W  
 (rouge, noir, jaune)  
 R<sub>2</sub> : 10 kΩ 1/4 W  
 (marron, noir, jaune)

R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> : 270 Ω 1/4 W  
 (rouge, violet, marron)  
 R<sub>5</sub> : 820 Ω 1/4 W  
 (gris, rouge, marron)  
 P<sub>1</sub> : potentiomètre 100 Ω  
 P<sub>2</sub> : potentiomètre 500 Ω  
 1 support DIL 18 broches  
 2 prises de test un point

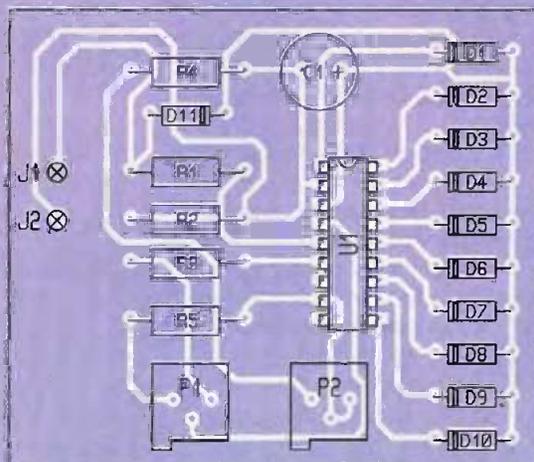
3

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.



4

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.

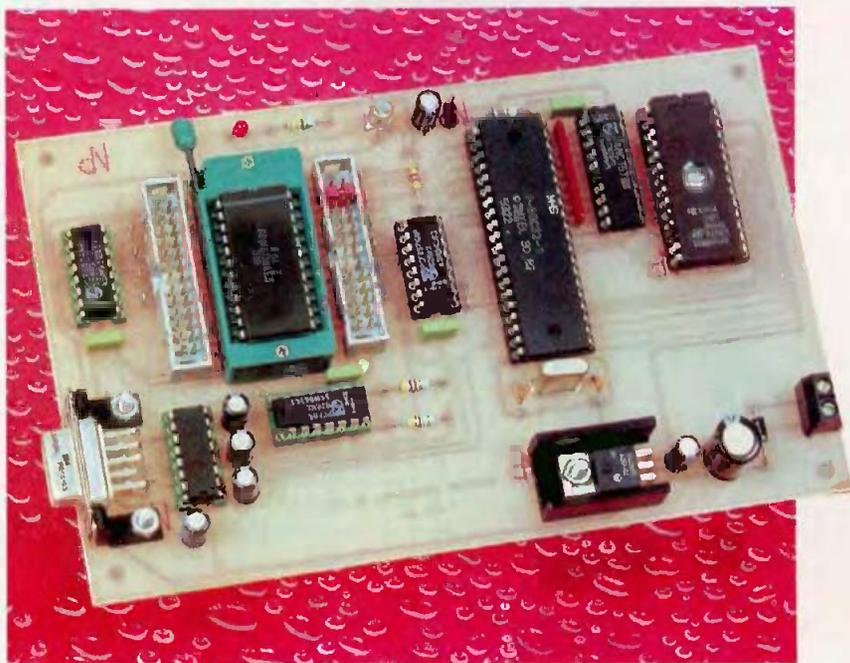


# TESTEUR UNIVERSEL DE CIRCUITS INTÉGRÉS.

**Si vous êtes un adepte de la récupération des circuits intégrés ou si vous possédez des fonds de tiroirs bien remplis, il vous est sûrement arrivé d'avoir des doutes à propos du fonctionnement d'un circuit intégré avant de l'utiliser dans un montage. C'est pour palier à ce problème que nous vous proposons de réaliser le testeur de composants présentés dans ces pages. L'appareil est capable de tester des circuits de 8 à 28 broches. Il est accompagné d'un programme prévu pour Windows qui vous permettra de concevoir vous-même les 'stimuli' à imposer au circuit sous test.**

## Schéma

Les schémas de notre montage sont reproduits en figures 1 et 2. Le microcontrôleur retenu pour ce montage est le modèle habituel auquel il faut associer une EPROM externe et un latch. Le montage doit vous être familier maintenant. L'oscillateur du microcontrôleur est mis en œuvre au moyen du quartz QZ<sub>1</sub> auquel sont associés les condensateurs C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub>. Les signaux issus du port série intégré dans le microcontrôleur sont



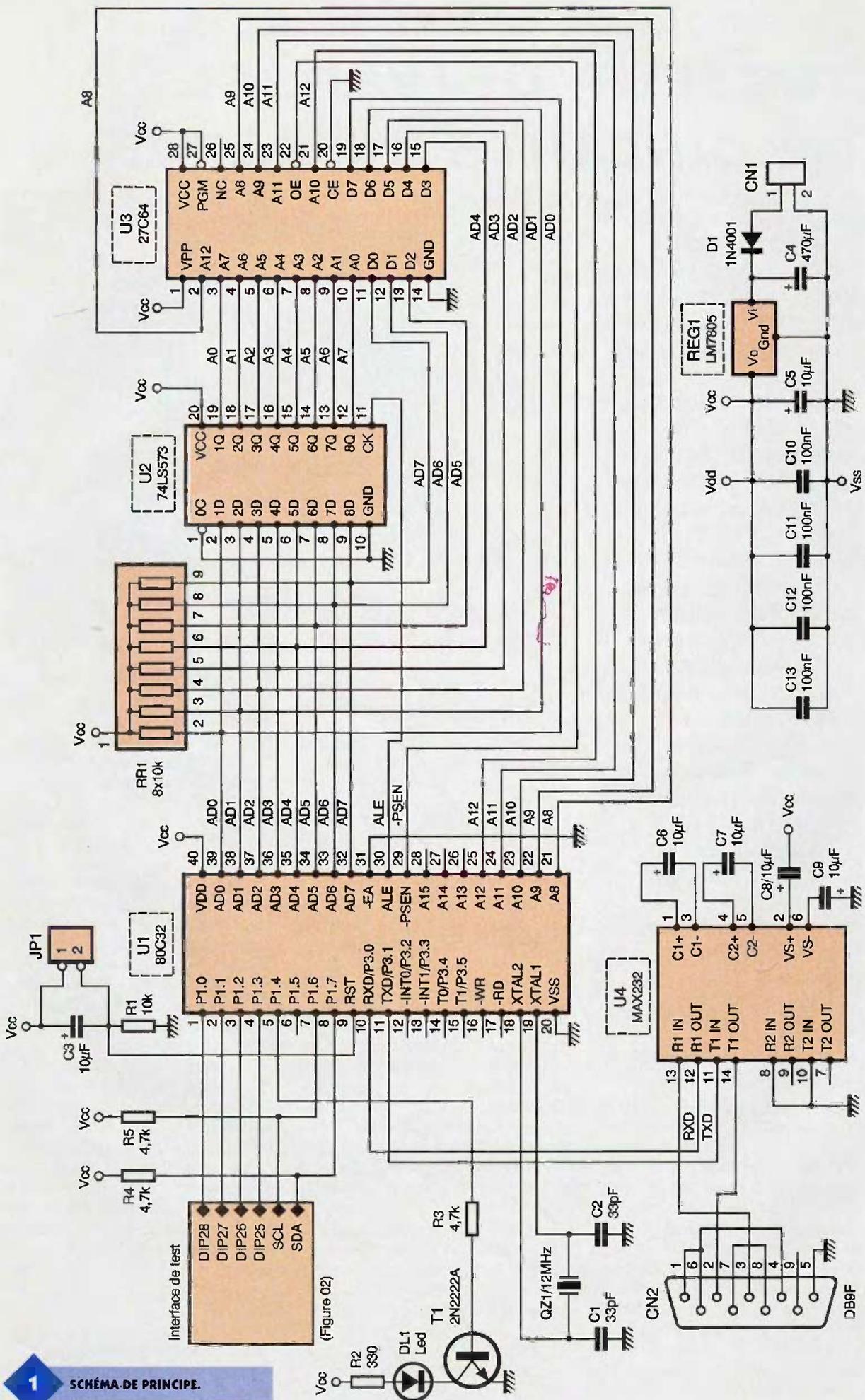
transformés par le circuit U<sub>4</sub> afin de disposer des niveaux adéquats pour piloter une ligne RS232.

Le montage sera alimenté par une tension de 12VDC correctement filtrée, sous un courant maximum de 300 mA. La diode D<sub>1</sub> permet de protéger le montage en cas d'inversion du connecteur d'alimentation. Une diode LED est pilotée par le microcontrôleur au moyen d'un simple transistor NPN pour informer l'utilisateur que le circuit testé est bon. La connexion du microcontrôleur avec le support de test se fera au moyen de 4 bits du port P1 utilisé en I/O standard et 2 bits utilisés pour former d'un bus I2C. Le microcontrôleur retenu pour ce montage étant dépourvu de logique I2C. La figure 2 dévoile les circuits qui pilotent les broches du support sur lequel seront installés les composants à tester. Tout le problème de ce genre d'appareil réside dans le rôle bidirectionnel que doivent assurer les circuits d'interface. Car, à moins de 'cibler' une famille de composants dont le rôle des broches est relativement identique d'une référence à une autre, les broches du circuit à tester pourront être des entrées, des sorties, voire les deux à tour de rôle. Dans le cas d'un circuit 74LS00, par exemple, le rôle des broches est relativement simple à gérer. Mais dans

le cas d'une mémoire, les lignes de données peuvent être tour à tour des entrées puis des sorties, selon l'état des signaux de sélection du composant. En plus du rôle bidirectionnel que doivent assurer les circuits d'interface, il convient de distribuer les tensions d'alimentations pour faire fonctionner le circuit à tester.

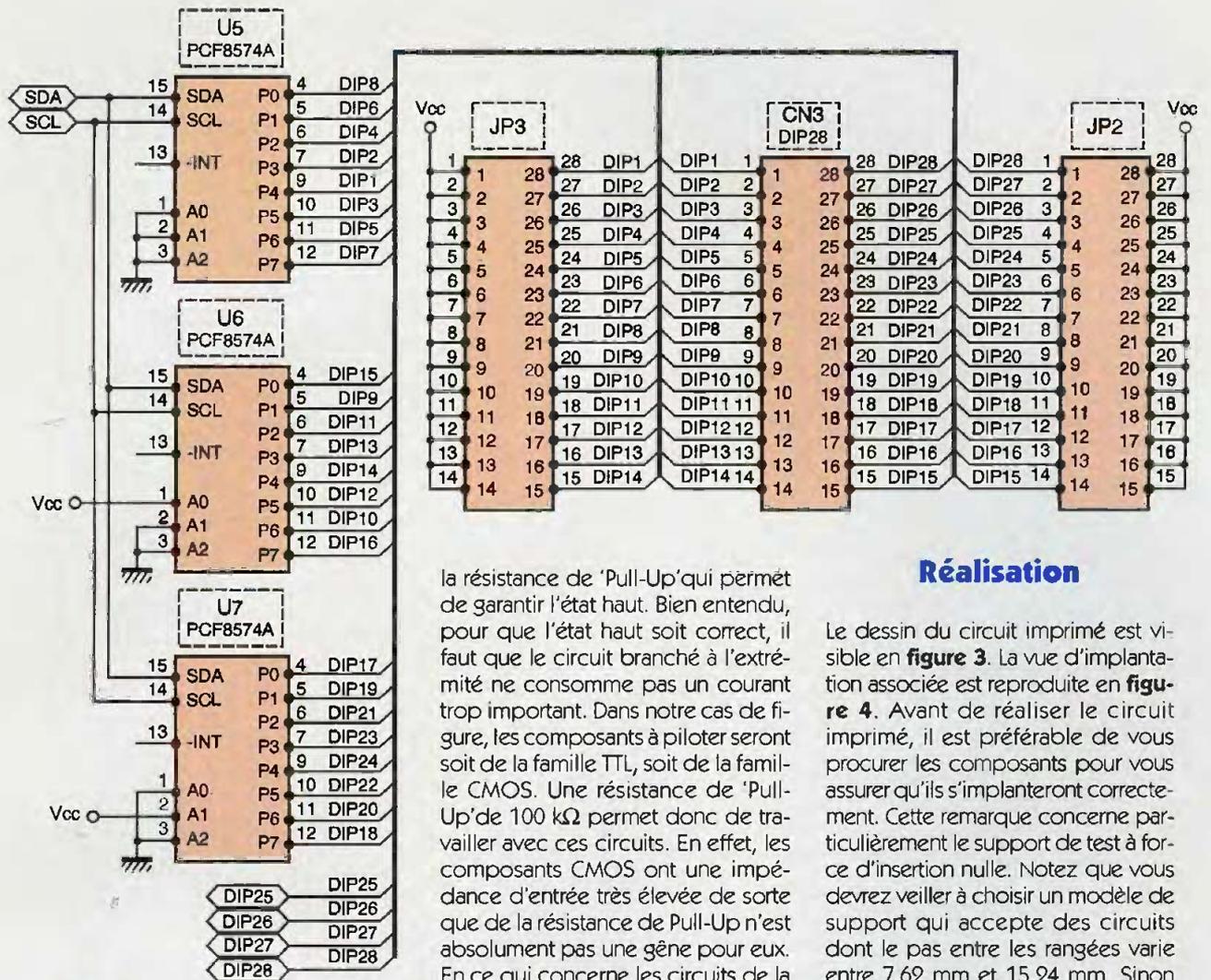
Pour notre montage nous avons préféré séparer les problèmes, en confiant à l'utilisateur le soin d'alimenter lui-même le circuit à tester au moyen d'un ou plusieurs straps mis en place sur des connecteurs adjacents au support. Pour vous aider à placer correctement les straps, le programme qui accompagne cette réalisation affiche une représentation du composant à tester installé sur le support, avec les straps matérialisés au côté des broches. Nous y reviendrons dans les paragraphes consacrés à l'utilisation du montage.

Il nous reste donc à réaliser une interface bidirectionnelle entre le microcontrôleur et le circuit à tester. Les ports du microcontrôleur savent déjà fonctionner dans ce mode, puisque chaque port est équipé d'une sortie à collecteur ouvert et d'une entrée reliée en permanence. Selon l'usage que l'on souhaite faire du port, il suffit de programmer la sortie en haute impédance ou pas.



(Figure 02)

**1** SCHEMA DE PRINCIPE.



**2** SCHEMA DE PRINCIPE.

Si l'on souhaite utiliser le port comme une entrée, il faut demander au microcontrôleur de programmer sa sortie à 1. Dans ce cas le transistor de la sortie correspondante passe en collecteur ouvert, et seule une résistance de 'Pull-Up' maintient le port à l'état haut. Les résistances intégrées dans le microcontrôleur (disponibles seulement sur certains ports) sont de valeur relativement forte (de l'ordre de 100 kΩ) ce qui permet de piloter la ligne très facilement à l'aide d'un circuit externe. Le port se comporte alors comme une entrée dont l'impédance d'entrée est de l'ordre de 100 kΩ, dont le microcontrôleur sait relire l'état. Pour utiliser le port en sortie c'est aussi simple. Si l'on veut que la sortie passe à zéro, il suffit de programmer le microcontrôleur pour que le transistor de la sortie soit actif. Par contre, si l'on souhaite que la sortie soit au niveau haut, il suffit de programmer le microcontrôleur pour que le transistor de sortie au reste en collecteur ouvert. Dans ce cas, c'est

la résistance de 'Pull-Up' qui permet de garantir l'état haut. Bien entendu, pour que l'état haut soit correct, il faut que le circuit branché à l'extrémité ne consomme pas un courant trop important. Dans notre cas de figure, les composants à piloter seront soit de la famille TTL, soit de la famille CMOS. Une résistance de 'Pull-Up' de 100 kΩ permet donc de travailler avec ces circuits. En effet, les composants CMOS ont une impédance d'entrée très élevée de sorte que de la résistance de Pull-Up n'est absolument pas une gêne pour eux. En ce qui concerne les circuits de la famille TTL, lorsque les entrées sont laissées en l'air, l'état correspondant est un niveau haut. Pour ce circuit, la résistance de 'Pull-Up' permet simplement de maintenir plus facilement l'état haut. Tout ceci serait parfait si nous disposions de suffisamment de ports de libres pour notre application. Seulement voilà, pour relier notre EPROM au microcontrôleur, il nous a fallu abandonner les deux ports P0 et P2. La solution la plus simple à mettre en œuvre dans ce cas de figure consiste à utiliser des extensions de port, comme c'est le cas des circuits PCF8574A prévus pour le bus I2C. Pour nos besoins (28 broches), nous avons fait appel à 3 circuits PCF8574A, plus 4 bits du port P1. Les sorties des circuits U5 à U7 sont raccordées aux broches du support dans un ordre un peu particulier afin de simplifier le tracé du circuit imprimé. En contre partie, il sera nécessaire de remanier les données à transmettre aux circuits U5 à U7 afin de tenir compte de ce branchement spécial. Par souci de facilité, cette tâche a été confiée au programme qui gère les échanges du côté du PC.

### Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est visible en **figure 3**. La vue d'implantation associée est reproduite en **figure 4**. Avant de réaliser le circuit imprimé, il est préférable de vous procurer les composants pour vous assurer qu'ils s'implanteront correctement. Cette remarque concerne particulièrement le support de test à force d'insertion nulle. Notez que vous devrez veiller à choisir un modèle de support qui accepte des circuits dont le pas entre les rangées varie entre 7,62 mm et 15,24 mm. Sinon vous ne pourrez tester que des circuits 24 et 28 broches. Soyez donc vigilant au moment d'acheter le support, car son coût est le poste le plus important du budget nécessaire à cette réalisation. Notez également que les circuits PCF8574A ne peuvent pas être remplacés par des circuits PCF8574 car ils ne répondent pas aux mêmes adresses sur le bus I2C. Il y a 23 straps sur la carte, par lesquels il est préférable de débiter l'implantation. Respectez bien la nomenclature et surtout respectez scrupuleusement le découplage des lignes d'alimentations, si vous voulez éviter de mauvaises surprises. Veillez bien à choisir un connecteur femelle pour CN2, car un modèle mâle s'implante parfaitement mais les points de connexions se retrouvent inversés par symétrie par rapport à l'axe vertical. Dans ce cas, il n'y a aucune chance pour que votre montage dialogue avec votre PC, à moins de fabriquer un câble spécial pour rétablir l'ordre voulu. Le régulateur REG1 sera monté sur un radiateur ayant une résistance thermique inférieure à 18 °C/W pour éviter d'atteindre une température de jonction trop élevée.

L'EPROM U<sub>3</sub> sera programmée avec le contenu d'un fichier que vous pourrez vous procurer par téléchargement sur notre site Internet. Le fichier 'TESTCOM.ROM' qui est le reflet binaire du contenu de l'EPROM tandis que le fichier 'TESTCOM.HEX' qui correspond au format HEXA INTEL. Si vous n'avez pas la possibilité de télécharger les fichiers vous pourrez transmettre votre demande dans un courrier adressé à la rédaction, accompagnée d'une disquette formatée et d'une enveloppe self-adressée convenablement affranchie (tenez compte du poids de la disquette).

Le programme implanté dans l'EPROM associée au microcontrôleur se contente d'imposer les états qui lui sont transmis par le port série et de relire le résultat que produit le circuit sous test. Le programme du microcontrôleur est absolument incapable de reconnaître la fonction du circuit sous test. La partie 'intelligente' du programme qui s'occupe de déterminer si le circuit sous test réagit correctement est confiée au programme Windows associé au montage.

En raison du mode de raccordement du montage au PC, le test de circuits complexes, tels que des boîtiers mémoire, risque de prendre beaucoup de temps. Tout sera fonction du nombre de stimuli nécessaires au test complet du circuit. Pour minimiser le temps de test, nous avons augmenté la vitesse de dialogue du port série qui s'établit à

38400 bauds (8 bits de données, 1 bit de stop, pas de parité).

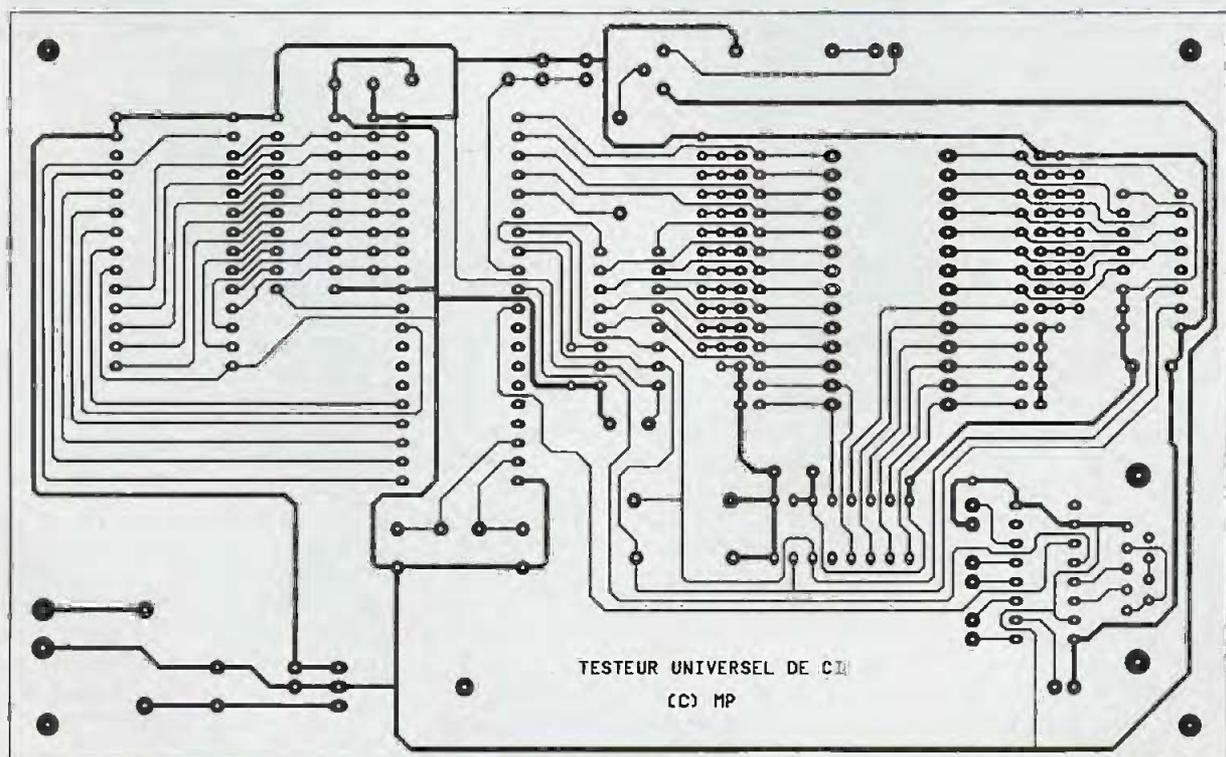
Si vous souhaitez créer votre propre programme de test sur PC, la syntaxe des commandes que le montage accepte est très simple. Vous pouvez d'ailleurs vérifier le bon fonctionnement du montage à l'aide de l'émulation de terminal qui accompagne Windows 95 ou Windows 98 qui se nomme HYPERTERMINAL. A la mise sous tension, le montage émet un message d'accueil qui ne sert qu'à indiquer que le microcontrôleur fonctionne correctement. Après la phase d'initialisation, toutes les broches du support doivent être à l'état haut. Cet état de repos peut sembler étrange à première vue, mais c'est le seul qui permette d'éviter les dégâts si d'aventure un circuit est resté sur le support ou si le strap associé à l'alimentation est mal placé. En effet, si toutes les broches sont à l'état haut, aucun courant ne pourra circuler entre les broches du support. Si nous avons choisi de mettre les broches à l'état bas au repos, il y aurait eu un risque de court-circuit avec le strap du VCC.

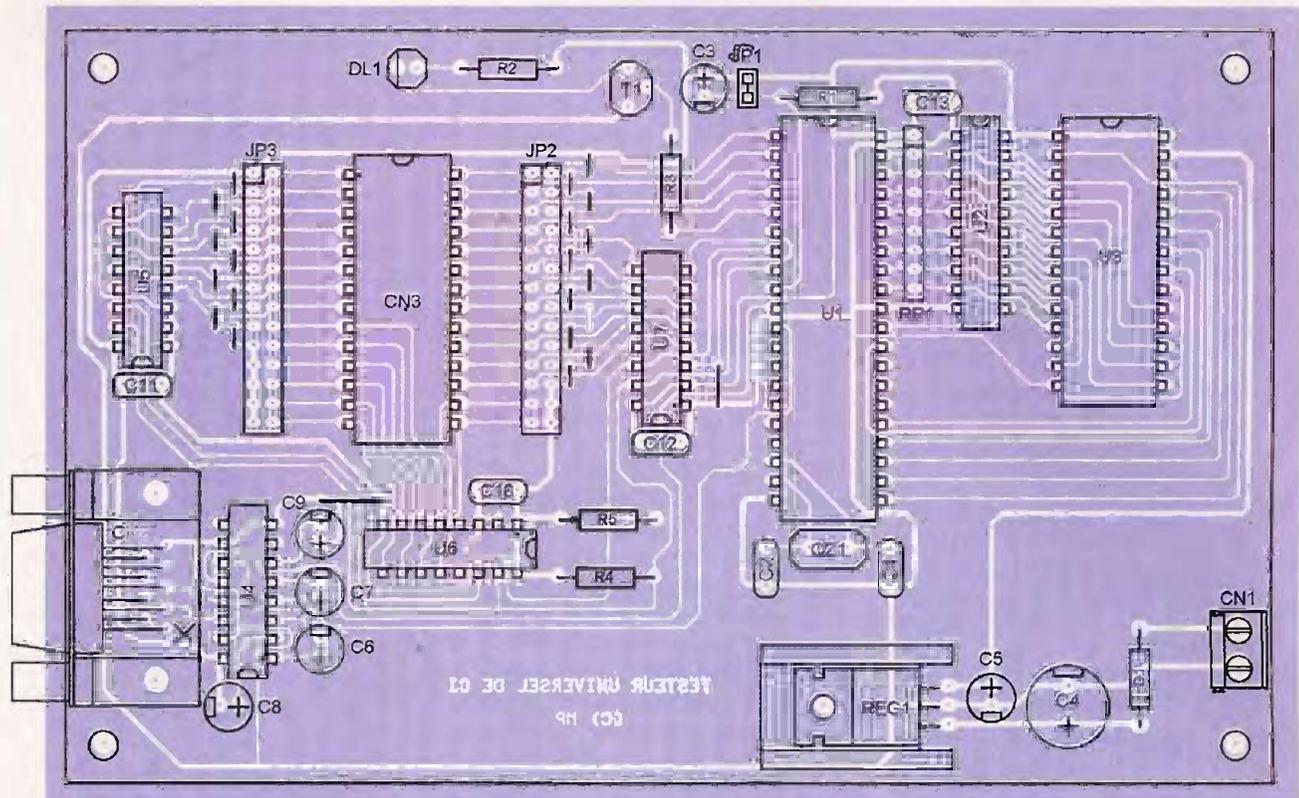
Revenons aux commandes que reconnaît le montage. Si vous souhaitez remettre le montage dans l'état de repos initial (toutes les broches du support à l'état haut et la diode LED éteinte), il vous suffit d'envoyer le caractère 'R' au montage (R est mis ici pour RAZ). Si vous souhaitez allumer la diode LED, envoyez le caractère 'A'. Pour éteindre la diode LED, il suffit d'envoyer le caractère 'E'.

Pour les deux dernières commandes qui restent, l'utilisation d'un terminal est quasiment inexploitable car les données à transmettre doivent être envoyées en binaire et groupées en moins de 200 ms, tandis que les données reçues sont également en binaire. Si vous envoyez le caractère 'L' au montage, ce dernier vous retourne 4 octets qui décrivent l'état des broches du support. Le 1er octet renvoyé provient du circuit U<sub>5</sub>, le deuxième provient du circuit U<sub>6</sub>, le troisième provient du circuit U<sub>7</sub> et enfin le quatrième provient du port P1 du microcontrôleur (avec les 4 bits de poids forts masqués à 0 puisqu'ils ne sont pas utilisés pour le support). Pour imposer l'état des broches du support, il faut envoyer le caractère ':' suivi de 4 octets qui ont la même signification que pour la lecture. Notez que, comme nous l'avons déjà souligné, le raccordement des circuits U<sub>5</sub> à U<sub>7</sub> est désordonné. Les données correspondantes sont lues et transmises à l'état 'brut' par le montage. En conséquence, les données devront être remises en forme par le programme du PC. Notez également un point très important qui concerne le synchronisme des signaux qui sont appliqués au support. En raison du mode de fonctionnement des circuits U<sub>5</sub> à U<sub>7</sub> et du port P1, il est impossible d'imposer au même instant un état sur les broches du support. Il s'écoule

3

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.





4

**IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.**

quelques millisecondes entre le moment où les circuits U<sub>5</sub>, U<sub>6</sub> et U<sub>7</sub> et le port P1 sont mis à jour. Il faudra en tenir compte au moment de concevoir les 'stimuli' de test. Par exemple, pour tester une bascule de type 'D', il faut prendre soin de demander à ce que l'entrée D soit à l'état voulu avant de générer le front d'horloge. Dans un tel cas de figure, il sera nécessaire de décomposer les opérations en plusieurs stimuli de façon à ne faire évoluer qu'un seul signal à la fois. Pour certains circuits complexes, cela peut aboutir à un temps de test très long. Par exemple, si vous jetez un coup d'œil au fichier '6116.DEF' qui contient les 'stimuli' nécessaires au test complet d'une mémoire RAM 6116 (le fichier vous sera remis avec les fichiers des programmes qui accompagnent ce montage), vous constaterez que le nombre de stimuli nécessaires dépasse le nombre de 16000! Même avec une vitesse de communication de 38400 bauds, à raison de 5 octets transmis pour une commande et 5 octets reçus pour une lecture, le temps d'un test complet d'une RAM 6116 prend quasiment 15 minutes. Le fichier source du programme ayant servi à générer le fichier de stimuli vous sera remis également. Vous pourrez l'adapter facilement pour tester d'autres boîtiers mémoires, quitte à supprimer certains

états de test pour raccourcir le temps nécessaire.

Si vous souhaitez créer votre propre programme de test, soyez bien attentif au fait que le montage du microcontrôleur ne contrôle absolument rien. Les états que votre programme transmettra au montage seront appliqués tels quels sur le support. Si vous demandez un niveau bas sur une broche qui est mise à VCC par un strap, le circuit qui pilote la ligne en question risque d'être endommagé définitivement. Une amélioration du montage à ce niveau consisterait à produire l'alimentation du support (distribuée au niveau de JP<sub>2</sub> et JP<sub>3</sub>) au moyen d'un montage limité en courant à 10 ou 20 mA (par exemple au moyen d'un transistor monté en générateur de courant). Ce montage ayant été développé un peu précipitamment, cette amélioration n'a pas pu être implantée. Ceci dit, avec un peu d'attention le montage n'est pas trop difficile à utiliser pour autant. Avec le programme Windows associé, il suffit de bien vérifier la position du strap avant de lancer les tests.

Maintenant que vous êtes conscients des difficultés qui vous attendent, vous apprécierez sûrement le programme 'TESTCOMP.EXE' qui vous sera remis avec les fichiers qui accompagnent ce montage. Ce programme fonctionne sous Windows 95/98 ou Windows NT4. A la première mise en service, le programme vous demande quel port série vous

comptez utiliser pour dialoguer avec le montage. Par la suite, vous n'aurez plus à ressaisir cette information, car le programme l'enregistre pour vous dans la base des registres. De même, le nom du dernier fichier ouvert sera également enregistré dans la base des registres, ce qui vous évitera de parcourir toute l'arborescence de votre disque dur pour retrouver vos fichiers de définition des stimuli.

Dans la fenêtre principale du programme apparaît la représentation du support 28 broches. Lorsque vous aurez chargé un fichier de définition (le fichier qui définit les stimuli de test), en passant par le menu 'Fichier/Ouvrir', le nom des broches utilisées apparaîtra. Pour toutes les broches nommées VCC ou VDD, le programme affichera deux signes moins mis entre crochets, pour vous indiquer où vous devrez placer les straps (sur JP<sub>2</sub> et JP<sub>3</sub>). Soyez bien attentif à cette information et assurez-vous que les straps sont bien placés avant de lancer un test (revoir les explications données plus haut à ce sujet).

Abordons maintenant la création des fichiers de définition. L'idéal aurait été, bien sûr, que l'auteur fournisse des fichiers de définitions pour tous les circuits des familles CMOS et TTL. Si c'est la moindre des choses pour un produit commercial, l'auteur espère que les lecteurs voudront bien être indulgents à son égard dans le cadre de leur revue préférée. Car comme vous allez le

constater, même si pour une référence donnée la tâche est raisonnable, étant donné le nombre de composants existants dans ces familles, la constitution d'un ensemble de fichiers couvrant la majorité des composants utiles est une tâche très longue et fastidieuse. L'auteur a donc jugé, en accord avec lui-même, qu'il serait préférable que les lecteurs participent à la mise en œuvre de leur montage en se constituant les fichiers dont ils ont besoin, au fur et à mesure. Et quoi de plus didactique que de constituer soi-même les fichiers de stimuli. Car, pour cela, il est nécessaire d'avoir bien compris le fonctionnement du composant à tester, ce qui est très formateur (sur ce coup là, l'auteur s'en sort bien!). A titre d'exemple les fichiers '6116.DEF' et '74LS00.DEF' vous seront remis avec les programmes qui accompagnent ce montage.

Pour constituer un fichier de définition, il vous suffit d'utiliser un éditeur de texte ASCII, tels que NOTEPAD fourni avec Windows. La syntaxe retenue est relativement simple, comme vous pourrez le voir dans le fichier d'exemple qui se nomme '74LS00.DEF'. Un fichier de définition se compose de plusieurs sections définies par un mot clef commençant par le caractère '#'. En dehors de la section '# NBPIN' qui doit apparaître avant les sections '#PIN-DEF' et '#PATTERN', l'ordre d'apparition des sections n'a pas d'importance. Pour faciliter la relecture du contenu de ces fichiers vous pouvez placer des commentaires derrière le caractère point-virgule jusqu'à la fin de la ligne. Les éléments d'une section sont définis par une ligne qui commence par le caractère deux points.

La section '#NAME' permet de définir le nom du composant qui sera affiché par le programme. Le nom du circuit ne doit pas comporter d'espace, sinon il sera tronqué. La section '#NBPIN' permet d'indiquer au programme le nombre de broches du composant à tester. Cette information est très importante car elle permet au programme d'ajuster les données de façon à toujours positionner le circuit à tester en bas du support. C'est ainsi, par exemple, qu'un circuit de 14 broches sera placé sur le support de façon à ce que sa

broche 7 (généralement GND) se retrouve en correspondance de la broche 14 du support. Le programme se chargera de traiter les données pour que les stimuli apparaissent sur les broches adéquates.

La section '#PINDEF' permet de définir le nom des broches du circuit. Après le caractère deux points vous devez indiquer le numéro de la broche. Puis vous indiquez le nom de la broche en le séparant du numéro par un (ou plusieurs) caractère espace ou tabulation. Notez que le nom de la broche est tronqué à 3 caractères, pour des questions de représentation dans la fenêtre principale du programme. N'oubliez pas de citer les broches d'alimentations, en particulier les broches VCC ou VDD, afin que le programme puisse vous rappeler la position des straps d'alimentation (sur JP<sub>2</sub> et JP<sub>3</sub>).

Enfin la section la plus complexe est la section '#PATTERN'. Cette section vous permet de définir les stimuli que vous souhaitez appliquer aux broches du composant, et quelle réponse vous attendez de ce dernier. Pour cela, les états des différentes broches du circuit sont représentés par un caractère '0' ou '1', en commençant par l'état de la broche numéro 1 à gauche du caractère ':' placé en début de ligne. Vous pouvez séparer les '1' et les '0' par autant de caractères espace ou tabulation que vous le souhaitez afin de grouper visuellement les données. La seule chose qui compte c'est que vous avez autant de caractères significatifs ('1' ou '0') que de broches déclarées pour le composant. Notez tout de même que les lignes sont limitées à 128 caractères par le programme. Sur la même ligne vous

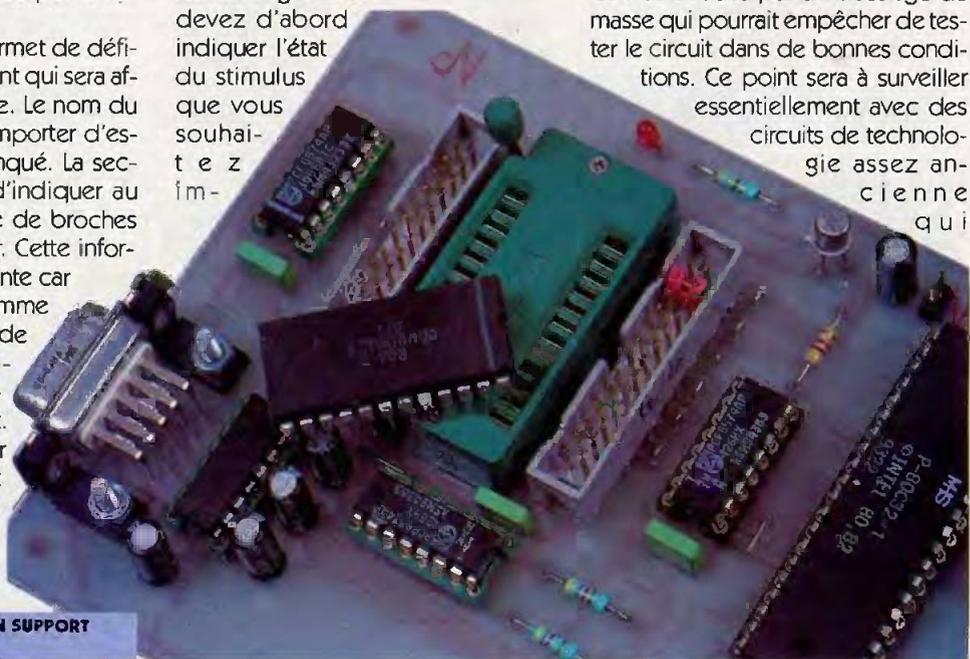
devez d'abord indiquer l'état du stimulus que vous souhaitez

poser au circuit, puis vous devez indiquer le résultat attendu en lecture. Si vous ajoutez plus de caractères significatifs que nécessaires sur la ligne, ils seront ignorés.

N'oubliez pas qu'en raison de la structure des ports qui pilotent les broches du circuit, vous devrez imposer un état '1' pour placer une ligne en lecture. Pour chaque broche du circuit à tester qui se comporte en sortie (soit de façon fixe, soit en fonction de l'état des autres broches) n'oubliez pas d'imposer un '1' dans le stimulus, même si vous attendez à relire un 0. Vous indiquerez que vous vous attendez à relire un 0 au niveau des caractères significatifs associés à la réponse.

Notez au passage une information intéressante et importante. Vous devez inclure l'état des broches d'alimentations dans vos stimuli et vos réponses (aussi bien pour VCC qui doit être à '1' que GND qui doit être à '0'). Le courant d'alimentation du composant à tester est fourni par le régulateur du montage via les straps placés sur JP<sub>2</sub> et JP<sub>3</sub>, tandis que la mise à la masse des broches GND ou VSS est assurée par les ports qui pilotent les lignes du support. Dans le cas des composants CMOS et TTL-LS classiques, la consommation des circuits reste limitée à quelques milliampères, ce que savent absorber les ports du microcontrôleurs ou les ports des circuits PCF8574A. Mais pour une consommation du circuit en test de l'ordre de 10 mA à 20 mA, ne soyez pas étonné si le potentiel de sa broche GND augmente aux alentours de 800 mV ou plus, car les ports du montage présentent une tension VCESat qui n'est pas nulle. Cela se traduira par un décalage de masse qui pourrait empêcher de tester le circuit dans de bonnes conditions. Ce point sera à surveiller

essentiellement avec des circuits de technologie assez ancienne qui



**UTILISATION D'UN SUPPORT DE TEST.**

consomment énormément, telle que la première famille de circuit TTL ou encore les familles de composants rapides TTL-FAST. Les familles TTL-LS, HCT ou CMOS ne devraient pas être concernées par ce point.

N'oubliez pas également ce que nous avons dit à propos du synchronisme du rafraîchissement des circuits  $U_5$  à  $U_7$  et du port P1. L'état des ports est rafraîchi dans l'ordre suivant :  $U_5$ , puis  $U_6$ , puis  $U_7$  et enfin

P1, à quelques millisecondes d'intervalle. En cas de doute, vous serez obligé de décomposer les états à appliquer aux circuits en stimuli ne faisant varier l'état qu'une seule broche à la fois.

En cas d'erreur dans un fichier de définition, le programme affichera une boîte de dialogue vous indiquant le numéro de la première ligne fautive qu'il aura trouvée. Maintenant vous savez tout, ou presque,

à propos du fonctionnement de ce montage. Les fichiers sources des programmes qui accompagnent ce montage vous seront remis avec les fichiers nécessaires à la réalisation, ce qui vous permettra d'approfondir le fonctionnement du système, et même d'y apporter des améliorations si vous le souhaitez.

P. MORIN

### Nomenclature

**CN<sub>1</sub>**: Bornier de connexion à vis 2 plots au pas de 5,08 mm à souder sur circuit imprimé, profil bas  
**CN<sub>2</sub>**: Connecteur SubD 9 points, femelle, sorties coudées à souder sur circuit imprimé (par exemple référence HARTING 09 66 112 7601)  
**CN<sub>3</sub>**: Support de test 28 broches  
**C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>**: 33 pF céramique au pas de 5,08 mm  
**C<sub>3</sub>, C<sub>5</sub> à C<sub>9</sub>**: 10 μF/25V sorties radiales  
**C<sub>4</sub>**: 470 μF/25V sorties radiales

**C<sub>10</sub> à C<sub>13</sub>**: 100 nF  
**DL<sub>1</sub>**: Diode LED rouge 3 mm  
**D<sub>1</sub>**: 1N4001 (diode de redressement 1A/100V)  
**JP<sub>1</sub>**: Jumper au pas de 2,54 mm  
**JP<sub>2</sub>, JP<sub>3</sub>**: Barrettes sécables double rangée 28 contacts, broches droites ou bien connecteur série HE10, 28 contacts mâles, sorties droites à souder sur circuit imprimé  
**QZ<sub>1</sub>**: Quartz 12 MHz en boîtier HC49/U  
**REG<sub>1</sub>**: Régulateur LM7805 (5V) en boîtier TO220 + Dissipateur thermique 18 °C/W (par exemple SHAFFNER référence RAWA 400 9P)

**RR<sub>1</sub>**: Réseau résistif 8x10 kΩ en boîtier SIL  
**R<sub>1</sub>**: 10 kΩ 1/4 W 5 % (marron, noir, orange)  
**R<sub>2</sub>**: 330 Ω 1/4 W 5 % (orange, orange, marron)  
**R<sub>3</sub> à R<sub>5</sub>**: 4,7 kΩ 1/4 W 5 % (jaune, violet, rouge)  
**T<sub>1</sub>**: 2N2222A  
**U<sub>1</sub>**: Microcontrôleur 80C32 (12 MHz)  
**U<sub>2</sub>**: 74LS573 ou 74HC573  
**U<sub>3</sub>**: EPROM 27C64, temps d'accès 200 ns  
**U<sub>4</sub>**: Driver de lignes MAX232  
**U<sub>5</sub> à U<sub>7</sub>**: PCF8574A (Attention, un modèle PCF8574 ne répond pas à la même adresse)

## Commandez vos circuits imprimés pour vos montages flash

## ELECTRONIQUE PRATIQUE

Les circuits imprimés que nous fournissons concernent uniquement les montages flash. Ils sont en verre époxy et sont livrés étamés et percés. Les composants ne sont pas fournis, pas plus que les schémas et plans de câblage. Vous pouvez également commander vos circuits par le biais d'internet :

<http://www.eprat.com>

### COMMANDEZ VOS CIRCUITS IMPRIMES

NOUS VOUS PROPOSONS CE MOIS-CI :

- |                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| • Répulsif anti-moustiques        | réf. 01991 |
| • Prolongateur télécommande IR    | réf. 01992 |
| • Champignon pour jeux de société | réf. 01993 |
| • Séquenceur                      | réf. 12981 |
| • Micro karaoké                   | réf. 12982 |
| • Potentiomètre                   | réf. 12983 |
| • Synchro beat                    | réf. 12984 |
| • Synthétiseur stéréo standard    | réf. 11981 |
| • Commande vocale                 | réf. 11982 |
| • Relais statique                 | réf. 11983 |
| • Préampli RIAA multimédia        | réf. 10981 |
| • Ecouteur d'ultra-sons           | réf. 10982 |
| • Fréquence-mètre 50 Hz           | réf. 10983 |

### BON DE COMMANDE CIRCUITS IMPRIMES MONTAGES FLASH

NOM : ..... PRENOM : .....

ADRESSE : .....

CODE POSTAL : ..... VILLE : ..... PAYS : .....

INDIQUEZ LA REFERENCE ET LE NOMBRE DE CIRCUITS SOUHAITES :

• Réf. : ..... Nombre : .....

• Réf. : ..... Nombre : .....

• Réf. : ..... Nombre : .....

TOTAL DE MA COMMANDE (port compris) PRIX UNITAIRE : 35 FF + port 5 FF (entre 1 et 6 circuits) 10 FF (entre 7 et 12 circuits) etc. ....FF

REGLEMENT :  chèque bancaire  CCP à l'ordre d'Electronique Pratique

carte bleue

expire le : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Signature : \_\_\_\_\_

Retournez ce bon à : Electronique Pratique (service circuits imprimés)  
2 à 12, rue de Bellevue, 75940 Paris Cedex 19



MESURES

# MULTIMÈTRE NUMÉRIQUE 235 WAVETEK À SORTIE RS232

La société WAVETEK commercialise un nouvel appareil : le multimètre numérique modèle 235. Outre les excellentes caractéristiques que présentent les appareils de cette marque, une nouvelle fonction très appréciable y a été ajoutée qui consiste en une sortie RS232. Ce connecteur permet de relier le multimètre à un ordinateur de type PC.

WAVETEK nous a habitué à l'utilisation d'appareils simples d'emploi, robustes et fiables. Le nouveau multimètre modèle 235, avec ses 11 fonctions (automatiques), ne déroge pas à cette règle. Des améliorations, comme le rétro-éclairage Digi-Glo, font de cet appareil un produit unique sur le marché. La très grande lisibilité de cet afficheur rétro éclairé de forme en "T" offre la possibilité de lecture des mesures sous n'importe quelles conditions d'éclairage. C'est la forme spécifique de l'appareil qui permet de disposer de caractères plus grands. De plus, un bargraph offre un affichage analogique des valeurs mesurées. En appuyant sur de simples touches très accessibles, on pourra sélectionner des fonctions très appréciables comme le maintien de la mesure (mémoire), la mémorisation des valeurs MAX/MIN, la mesure relative ou le verrouillage des gammes. Celles-ci sont, par ailleurs, automa-

tiques, ce qui offre un confort d'utilisation supplémentaire. Des indications visuelles et sonores alertent l'utilisateur lors de la mesure des tensions élevées dangereuses pour l'utilisateur. Des fusibles protègent les entrées de mesure des courants augmentant ainsi la sécurité d'utilisation. D'autre part, une coupure automatique de l'alimentation de l'appareil après 30 secondes de non-utilisation permet de prolonger l'autonomie de l'appareil en cas d'oubli de mise hors tension. De plus, le rétro-éclairage consommant beaucoup de courant, ce qui dimi-

ne u e  
tr è s  
sen si-  
ble -  
ment la  
durée de  
vie de la pi-  
le, se coupe  
après une mi-  
nute d'utili-  
sation. La **figure 1**  
représente la face  
avant de l'appareil.



Menu Functions, see page 25  
Menüfunktionen - siehe "Menüfunktionen", Seite 26  
Barra de menú - ver "Funciones de menú", página 26  
Barre de menu - voir "Fonctions de Menu", page 26

RS-232 socket  
RS-232 Schnittstelle  
Salida RS-232  
Borne RS-232

3-3/4 digit LCD  
with bargraph &  
unit indicators  
3-3/4 Digit LCD  
mit Bargraf &  
Einheitsanzeigen  
LCD de 3-3/4  
digits; barra  
analógica,  
indicadores de  
unidades  
LCD 3-3/4  
digits; bargraphe,  
indicateurs  
d'unités

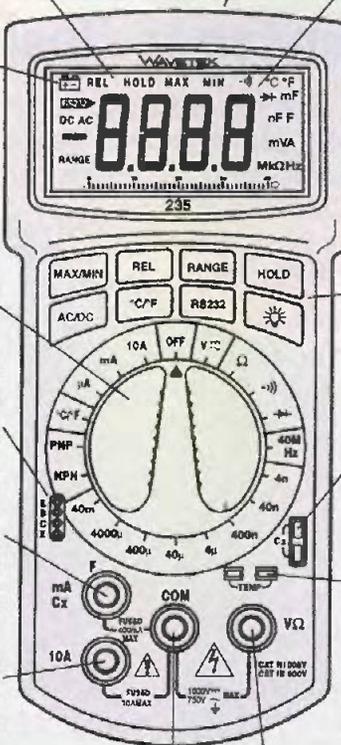
Low Battery  
Batterie entladen  
Pila baja  
Pile déchargée

Function/Range  
Selector,  
Funktions-/Bereichs-  
Schalter  
Selector de  
Función/Escala  
Sélecteur fonctions/  
calibres

Transistor Test Socket  
Transistor test Eingang  
Zócalo de compro-  
bación de transistores  
Entrée de test de  
transistors

mA/Cx Input  
mA/Cx Eingang  
Entrada mA/Cx  
Entrée mA/Cx

10A Input  
10A Eingang  
Entrada 10A  
Entrée 10A



Menu Buttons, (p. 25)  
Menütasten (S. 26)  
Teclas de menú  
(p. 26)  
Boutons de menu  
(p. 26)

Capacitor Jack  
Kapazitätsingang  
Conector para  
condensadores  
Entrée pour  
condensateurs

K Type Thermocouple  
Jack  
Typ K Thermokupfel-  
eingang  
Conector para  
termopar del tipo K  
Entrée pour Thermo-  
couple de type K

COM Input - common or low input for all measurements  
COM Eingang - Referenzpunkt für alle Messungen  
COM- entrada común o "baja" para todas las medidas  
Entrée COM - commun ou bas pour toutes mesures

High input for voltage and resistance  
V-Ω Eingang. Plus für Spannung und  
Widerstand  
Entrada "alta" para tensión y resistencia  
Entrée V-Ω. Haut pour tension et résistance



LES COMMANDES DE L'APPAREIL

## Spécifications générales

Afficheur : LCD 3 3/4 digits, 4 000 points avec bargraph à 41 segments et indicateurs d'unités et de fonctions  
Indication de polarité : automatique  
Indication de dépassement de calibre : "OL"  
Indication de pile déchargée : lorsqu'un sigle représentant une batterie apparaît sur l'afficheur, il reste une autonomie de 50 heures à l'appareil. Cependant, la précision n'est plus garantie  
Vitesse de mesure : 2 par seconde nominal et 20 par seconde pour le bargraph  
Température de fonctionnement : 0 °C à +50 °C sous une humidité relative sans condensation comprise entre 0 % et 80 %  
Coefficient de température : < 0,1X (préc. spécif.) par °C (0 °C à 18 °C et 28 °C à 50 °C)  
Fusibles : 0,5A/500V-pouv. 10 kA 15A/600V-pouv. coup. 100 kA, 0,1A/250V  
Alimentation de l'appareil : pile 9 V standard, NEDA 1604, JIS 006P, IEC 6F22  
Coupe automatique après 30 secondes d'inactivité ; cette mise hors tension peut, par ailleurs être désactivée  
Autonomie avec une pile de type alcaline : 300 heures  
Port série : opto isolée par LED infrarouge  
Dimensions : 183X84X47 en mm ; avec gaine et extensions : 197X90X55  
Poids avec pile : 505 g  
Accessoires : paire de cordons de mesure, fusible de mesure (0,5A/500V), pile, câble thermocouple perlé de type K, 2 manuels d'utilisation, câble série et logiciel PC avec manuel  
Matériau du boîtier : thermoplastique résistant au feu et aux chocs  
Sécurité : conforme à 61010-1 : 1993 + A2 : 1995. Cat II — 1000V ; Cat III — 600V  
Degré de pollution 2  
EMC : selon EN55011 : 1993 et EN500082 — 2 : 1995 89/336/EEC (compatibilité électromagnétique) et 73/23/EEC (basse tension), modifiée par 93/68EEC (marquage CE)  
Il est bien évident que des bruits électriques ou des champs électromagnétiques intenses pourront influencer le circuit de mesure. Des signaux parasites pourront également perturber le circuit mesuré. Il faudra donc que l'utilisateur prenne les précautions nécessaires pour éviter des résultats erronés lorsque les mesures seront prises en présence d'interférences électromagnétiques.

## Spécifications électriques

Précision à 23 °C  $\pm 5$  °C, < 80 % d'humidité relative (sans condensation), garantie pour un an

### Tension continue

Gammes : 400 mV, 4, 40, 400, 1000V  
Précision, toutes gammes :  $\pm 0,25$  % lect. +2 digits  
Résolution gamme 400 mV : 100  $\mu$ V  
Impédance d'entrée 400 mV : > 100 M $\Omega$   
Impédance d'entrée 4V : 10 M $\Omega$   
Impédance d'entrée 40V — 1000V : 9,1 M $\Omega$   
NMMR (50 Hz — 60 Hz) : > 60 dB  
CMMR (jusqu'à 1000 Vcc) : > 120 dB  
Protection de surcharge : 1 000 Vcc/750 Veff.

### Tension alternative

Gammes : 400 mV, 4, 40, 400, 750V  
Précision (% lect., + digit) :  
gamme 400 mV, 45 — 100 Hz :  $\pm 1,5$  %, +15  
gamme 4V, 45 — 900 Hz :  $\pm 1,0$  %, +8  
gamme 40, 400V, 45 — 500 Hz :  $\pm 1$  %, +4  
gamme 4 — 40V : 500 Hz — 5 kHz,  $\pm 2$  %, +5  
gamme 400V, 500 Hz — 2 kHz :  $\pm 2$  %, +5  
gamme 750V, 45 — 60 Hz :  $\pm 1$  %, +4  
gamme 750V, 60 — 500 Hz :  $\pm 2$  %, +5  
Impédance d'entrée : voir les caractéristiques des tensions continues  
Protection de surcharge : 1000Vcc/750V eff.  
Il est à remarquer que le rétro-éclairage ne doit pas être utilisé lors de mesures dans les gammes 400 mV et 4V car la précision pourrait être diminuée.

### Courant continu

Gammes : 400  $\mu$ A, 4 mA, 40 mA, 10A  
Précision :  
gamme 400  $\mu$ A, 40 mA :  $\pm 0,8$  % lect., +2 digits  
gamme 10A :  $\pm 2$  % lect., +3 digits  
Résolution gamme 400  $\mu$ A : 100nA  
Chute de tension gammes 400  $\mu$ A, 40 mA : 300mVDC, gammes 4mA, 40 mA : 2VDC, gamme 10A : 300mVDC  
Protection de surcharge entrée mA : fusible céramique rapide 0,5A/500V ; puissance de coupure 10 kA ; entrée 10A : fusible rapide 15A/600V, puissance de coupure 100 kA

### Courant alternatif

Gammes : 400  $\mu$ A, 4, 40, 400, 10A  
Précision :  
gamme 400  $\mu$ A-400 mA, 45 Hz-500 Hz :  $\pm 1,2$  % lect., 5 digits  
gamme 400  $\mu$ A-400 mA, 500 Hz-1 kHz :  $\pm 1,2$  % lect., +7 digits

### LES ACCESSOIRES ET LE LOGICIEL.



gamme 10A :  $\pm 2,5$  % lect., 7 digits 45 Hz-1 kHz  
 Résolution gamme 400  $\mu$ A : 100nA  
 Chute de tension :  
 gamme 400  $\mu$ A-40 mA : 300 mV RMS  
 gammes 4 mA-400 mA : 2V RMS  
 gamme 10 A : 300 mV RMS  
 Protection de surcharge : voir courant cc

### Résistance

Gammes : 400  $\Omega$ , 4, 40, 400 k $\Omega$ , 4, 40 M $\Omega$   
 Précision :  
 gamme 400  $\Omega$  :  $\pm 0,8$  % lect., +4 digits  
 gamme 4 k $\Omega$ -400 k $\Omega$  :  $\pm 0,7$  %, +2 digits  
 gamme 4 M $\Omega$  :  $\pm 1$  % lect., +4 digits  
 gamme 40 M $\Omega$  :  $\pm 2$  % lect., +4 digits  
 Résolution gamme 400  $\Omega$  : 100 M $\Omega$   
 Protection de surcharge toutes gammes : 500Vcc (ou ca) eff.  
 Tension maximum en circuit ouvert -1,2Vcc en gamme 400  $\Omega$  et -0,45V cc dans les autres gammes

### Test de continuité

Indication sonore dans la gamme 400  $\Omega$   
 Seuil de déclenchement : < 40  $\Omega$   
 Temps de réponse : < 100 ms  
 Tension en circuit ouvert : -1,2Vcc (typique)  
 Protection de surcharge : 500Vcc (ou ca) eff.

### Test de diodes

Courant de test : 1mAcc typique  
 Tension de test : 3,2VDC typique  
 Précision :  $\pm 1,5$  % lect., +2 digits  
 Protection de surcharge : 500Vcc (ou ca) eff.

### Mesure de fréquence

Gammes : 4, 40, 400 kHz, 4, 400 MHz  
 Précision :  $\pm 0,1$  % lect., +2 digits  
 Résolution : 1 Hz en gamme 4 kHz  
 Sensibilité : 4 Hz — 4 MHz, > 1Vrms; 4 — 40 MHz, > 2Vrms < 5Vrms  
 Rapport cyclique : > 30 % et < 70 %  
 Protection de surcharge : 500Vcc (ou ca) eff.

### Mesure de capacité

Gammes, bornes Cx : 4, 40, 400 nF, 4, 40  $\mu$ F  
 Entrées mA/Cx-COM : 400, 4000  $\mu$ F, 40 MF  
 Précision :  
 gammes 4 nF-4  $\mu$ F :  $\pm 2$  % lect., 4 digits  
 gammes 40  $\mu$ F-4000  $\mu$ F :  $\pm 3$  % lect., +4 digits  
 gamme 40 MF :  $\pm 3$  % lect., +15 digits  
 Résolution : 1 pF en gamme 4 nF  
 Fréquence de test/temps de réponse :  
 gammes 4 nF-40  $\mu$ F : 1,3 Hz/2s

Le logiciel fourni avec le multimètre modèle 235 permet d'allier sa précision à la puissance de l'ordinateur PC. Il donne la possibilité de traiter, d'afficher et d'enregistrer les données de mesures de différentes manières. Une durée de temps déterminée peut être par exemple utilisée afin de suivre une mesure, ou bien encore déclencher une alarme quand une mesure dépasse une limite établie. Toutes les mesures peuvent être enregistrées pour un traitement ou une utilisation ultérieure.

L'ordinateur nécessaire pour l'installation du logiciel est un IBM ou compatible de type 486 ou mieux, disposant de 8 Mb d'espace sur le disque dur, 2 Mb de RAM et bien sûr d'un port série pour la réception des données. Le programme nécessite WINDOWS 95, WINDOWS NT ou WINDOWS 98. L'interface utilisateur est très fonctionnelle et agréable d'emploi puisqu'elle permet l'affichage de courbes ainsi que la mesure sur un bargraph des tensions ou courants présents à l'entrée de l'appareil.



gammes  
 400  $\mu$ F-4000  $\mu$ F : 7,8 Hz/10s  
 gamme 40 MF : 7,8s/30s  
 Protection de surcharge :  
 gammes 400  $\mu$ F-40mF (entrées mA/Cx/COM) fusible 0,1A/250V 5X20 mm  
 gamme 4 nF-40  $\mu$ F (bornes Cx) N/A

### Température

Gammes mode  $^{\circ}$ C -20  $^{\circ}$ C à 1300 $^{\circ}$ C et mode  $^{\circ}$ F -4 $^{\circ}$ F à 2372 $^{\circ}$ F  
 Précision mode  $^{\circ}$ C :  
 -20  $^{\circ}$ C à 400  $^{\circ}$ C :  $\pm 2$  % lect., +2  $^{\circ}$ C  
 400  $^{\circ}$ C à 1300 $^{\circ}$ C :  $\pm 3$  % lect., +2  $^{\circ}$ C  
 Précision mode  $^{\circ}$ F :  
 -4  $^{\circ}$ F à 400  $^{\circ}$ F :  $\pm 2$  % lect., +2  $^{\circ}$ F  
 400  $^{\circ}$ F à 2372 $^{\circ}$ F :  $\pm 3$  % lect., +4  $^{\circ}$ F  
 Résolution : 1  $^{\circ}$ C/1  $^{\circ}$ F  
 Protection d'entrée : 60Vcc et 24 Vca

### Transistor BETA

Type de transistors : NPN et PNP  
 Gamme hFE : 0-1000  
 Courant de base hFE : 10  $\mu$ A cc  
 Tension C-E : 30Vcc

Nous avons beaucoup apprécié le confort d'utilisation de l'appareil surtout dû à l'affichage rétro-éclairé, aux gammes automatiques et à la connexion au PC. Les accessoires livrés avec le multimètre en font un instrument de mesure complet qui permet d'effectuer les principaux tests nécessaires au contrôle d'un circuit électronique.

P. OGUIC

# UNE SERRURE À CLÉ OPTIQUE

La protection des biens et des personnes passe souvent par la pose de nombreuses serrures, verrous ou cadenas avec, pour conséquence, un trousseau de clés impressionnant et lourd. Nous vous proposons d'en réaliser une autre version plus originale qui fait appel à la lumière visible modulée en guise de clé. Elle ne nécessite que quelques composants ordinaires et la clé électronique n'a même pas besoin d'une alimentation pour délivrer son sésame. Il ne s'agit pourtant pas de construire une serrure inviolable, mais plutôt d'agrandir la collection déjà importante des serrures dites électroniques.

## Clé et serrure

La serrure traditionnelle conserve ses adeptes car elle a fait ses preuves depuis des siècles déjà. Ce mécanisme, plus ou moins complexe, nécessite une clé mobile dont le panton est la pièce principale, parfaitement adapté à la serrure qu'il doit ouvrir. Les modèles de clés sont variés, de la bérarde à gorges à la clé de sûreté cannelée, à pompe ou paracentrique, sans oublier le crochet ou rossignol en guise de fausse clé. On trouve de nos jours des serrures électriques à électro-aimant, électroniques avec clavier codé ou à car-

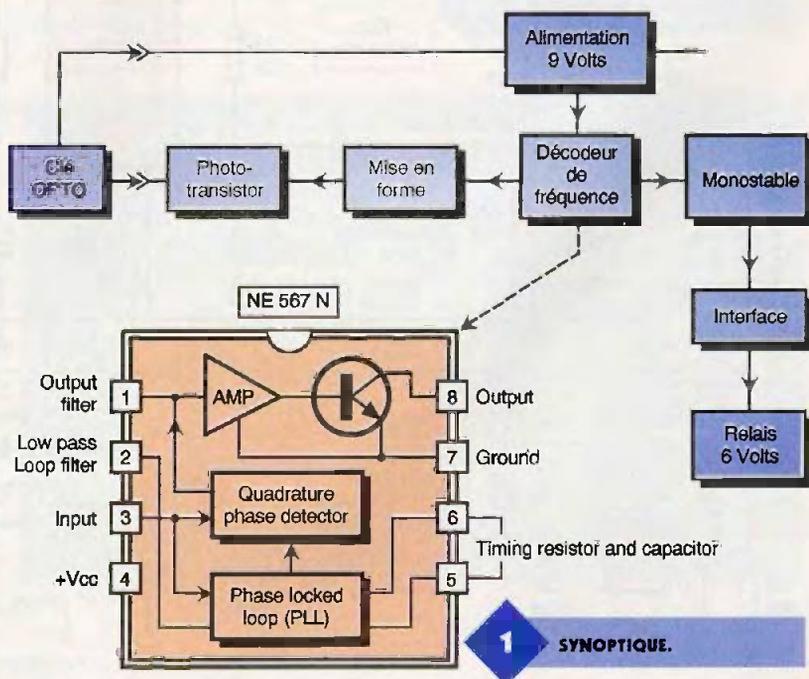


te magnétique pour accès restreint ou payant. C'est ainsi par exemple que la barrière du parking autorise la sortie du véhicule qui se présente. L'originalité d'une serrure électronique passe souvent par le fait qu'elle utilise un moyen inhabituel pour l'ouverture d'une porte ou l'accès à un lieu. Notre réalisation, si elle ne mérite pas le label A2P attribué aux produits testés en laboratoire pour leur résistance à l'effraction et donc préconisé par les compagnies d'assurance, n'en constitue pas moins une solution valable pour remplacer la clé traditionnelle. Elle exploite une

propriété opto-électronique, à savoir la réception et l'émission de lumière codée.

## Principe du montage

Dans notre réalisation, la clé et la serrure qui lui convient sont remplacés respectivement par un émetteur de lumière visible et par un récepteur optique capable d'activer le relais de sortie si le code détecté est considéré comme valide. En somme, c'est exactement ce qui se pas-



se avec votre boîtier de télécommande du téléviseur qui, travaille en lumière infrarouge invisible selon un processus de codage complexe dit code RC5. Nous allons donc mettre en œuvre fort peu de moyens, et un simple circuit intégré à 8 broches va nous permettre de générer une fréquence quelconque en guise d'émetteur qu'il suffira de lui appliquer à nouveau en entrée pour activer sa sortie. L'astuce consiste à associer une simple diode électroluminescente à l'émission avec un phototransistor à la réception, mais de bien dissocier la

LED en l'éloignant du circuit principal pour lui faire jouer le rôle de la clé. C'est simple, efficace et suffisamment dissuasif pour dérouter les curieux éventuels qui ne pourront pas, bien entendu, faire usage de leur passe ou outils divers pour forcer votre serrure new look. L'alimentation électrique de la clé émetteur sera prélevée au moyen d'un simple connecteur à deux broches qu'il suffira de choisir parmi les nombreux modèles mâle et femelle du commerce. Nous avons opté pour un ensemble de fiches et prises normalisées pour haut-parleur,

insérer la LED et le phototransistor placés face à face. La lumière du jour ne perturbe pas notre serrure qui ne répond qu'en présence de la fréquence qu'elle génère, mais retransmise par la clé opto. Vous comprendrez que le réglage est nul, ce qui devrait vous inciter à construire ce module original.

## Analyse du schéma électronique (figure 2)

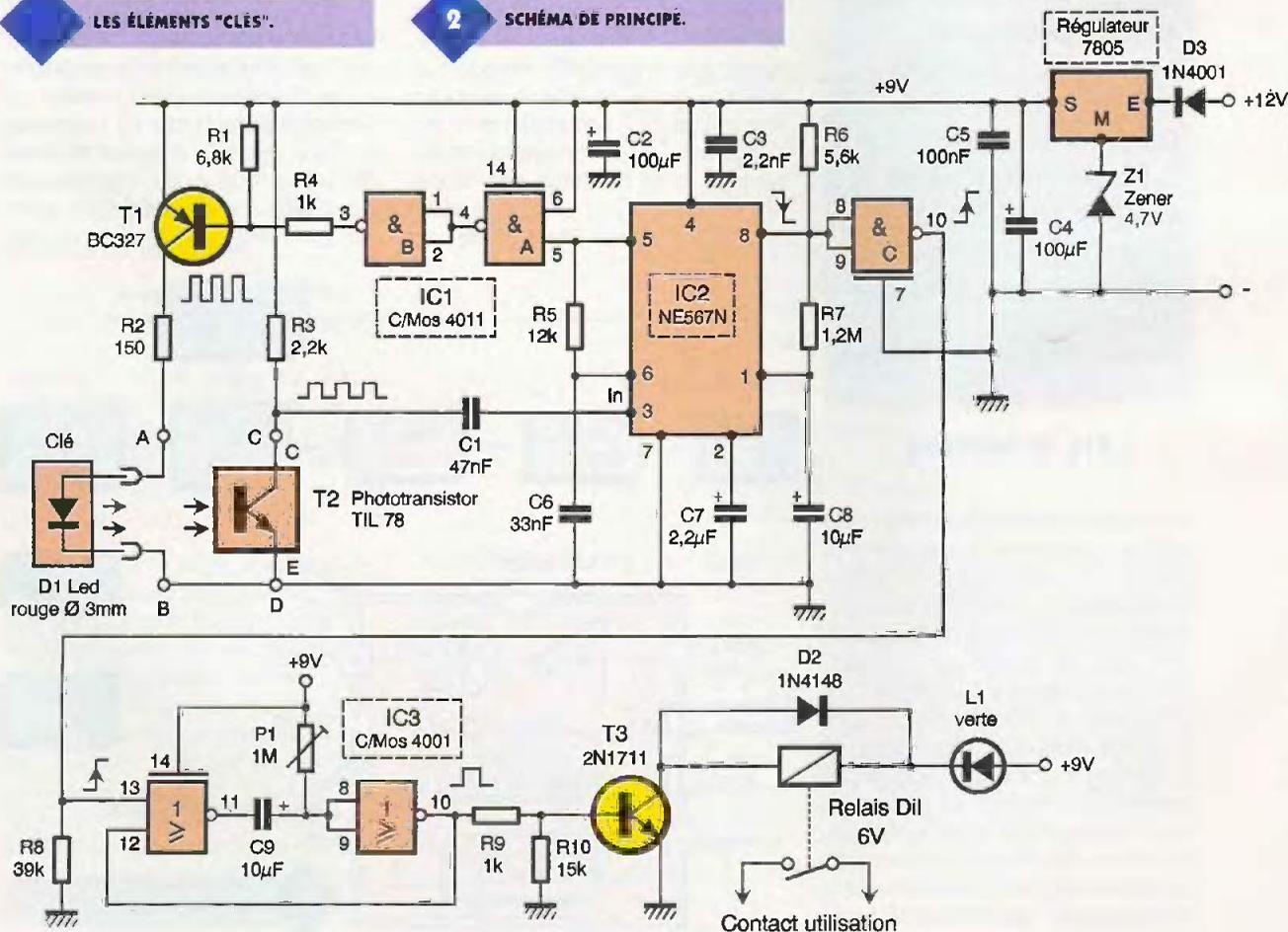
On retrouve sur le schéma synoptique de la figure 1 les principales fonctions de notre serrure optique. Le cœur du dispositif fait appel au petit circuit IC<sub>2</sub>, un décodeur de fréquence à PLL portant la référence NE567N. Ce composant possède un oscillateur interne qu'il suffit de compléter par un couple R-C, en l'occurrence R<sub>5</sub> et C<sub>6</sub> sur notre schéma. La fréquence produite n'a guère d'importance et sera de l'ordre de quelques kHz (Fréquence =  $1/R_5 \times C_6$ ). Lorsque la fréquence du signal d'entrée appliqué sur la broche 2 de IC<sub>2</sub> est identique ou du moins très proche de la fréquence de base, la sortie 8 du circuit décodeur transite du niveau haut vers un niveau bas. La largeur de bande tolérée est réglable égale-

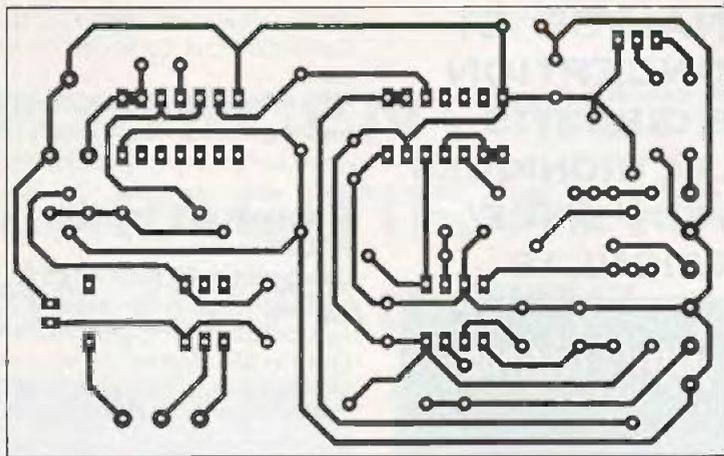


offrant un petit espace libre pour y

### 1 LES ÉLÉMENTS "CLÉS".

### 2 SCHÉMA DE PRINCIPE.





3

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

LA CARTE PRINCIPALE.



ment et dépend en grande partie de la valeur du condensateur  $C_7$  relié sur la broche 2. Le signal rectangulaire généré par  $IC_2$  est disponible sur sa broche 5 et appliqué à travers une première porte NAND A qui forme avec l'autre porte B une classique porte AND. On retrouve sur la broche 3 de cette dernière le signal du départ, pilotant la base du transistor  $T_1$  à travers la résistance  $R_4$ . L'espace collecteur/émetteur de  $T_1$  alimente à travers  $R_2$  la diode électroluminescente d'émission, notre clé lorsqu'elle est insérée dans le corps d'une fiche HP. La fréquence de modulation en lumière visible est appliquée nez à nez sur la base du phototransistor  $T_2$  placé, lui, dans le support femelle fixe jouant le rôle de serrure. Un signal certes très atténué, mais parfaitement conforme en fréquence (et pour

cause!) est disponible au point C et immédiatement appliqué à travers le condensateur  $C_1$  sur l'entrée de comparaison du circuit  $IC_3$ . La cohérence des signaux aller et retour est forcément parfaite et c'est ainsi que le décodeur de fréquen-

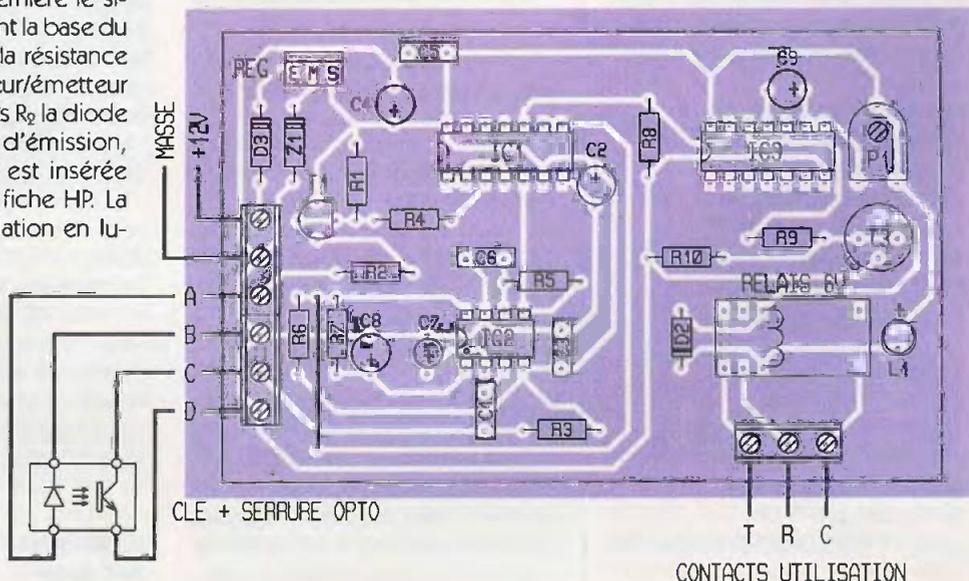
ce pourra valider sa sortie 8 normalement forcée au niveau haut à travers la résistance  $R_6$ . Une inversion du front négatif est opérée grâce à la porte NAND C, de manière à obtenir un front montant capable de déclencher une bascule monostable en aval. Elle exploite deux portes NOR selon un schéma désormais bien connu. L'impulsion de sortie est réglable par l'ajustable  $P_1$ . Le relais d'utilisation, piloté par le transistor  $T_3$ , est mis sous tension lors que la diode  $L_3$  s'illumine. Il ne reste plus qu'à faire bon usage des contacts du relais choisi, par exemple pour alimenter une gâche électrique. L'alimentation de cet ensemble est confiée à un régulateur intégré, aidé sur sa broche de masse par une diode zéner de 4,7V. La diode  $D_3$  évitera les dégâts d'une éventuelle inversion de polarité de la source de 12V à prévoir en amont.

### Réalisation pratique

Nous proposons à la figure 3 le tracé à l'échelle 1/1 des pistes de cuivre. La plaquette imprimée regroupe tous les composants (figure 4), hormis la clé incluse dans une fiche de HP (voir photo). Nous vous conseillons de monter tous les circuits intégrés sur des supports de bonne qualité, à broches tulipe de préférence. La confection de la serrure opto exige un parfait alignement de la LED rouge  $D_1$  face au phototransistor  $T_2$ . On veillera à ne pas inverser les polarités des condensateurs chimiques et autres

4

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.



semi-conducteurs, ainsi que pour les points A, B, C et D. Le réglage du monostable par l'ajustable  $P_1$  permettra de valider le petit relais pendant une durée plus ou moins longue. Il est possible de faire suivre le dispositif d'une bascule bistable pour obtenir un fonctionnement similaire à celui du télérupteur bien connu en éclairage.

G. ISABEL

#### Nomenclature

**IC<sub>1</sub>** : quadruple NAND CMOS 4011

**IC<sub>2</sub>** : décodeur de fréquence à PLL NE567N boîtier DIL 8

**IC<sub>3</sub>** : quadruple NOR CMOS 4001 régulateur intégré 5V positif, boîtier TO 220

**T<sub>1</sub>** : transistor PNP BC 327

**T<sub>2</sub>** : phototransistor TIL78 ou équivalent

**T<sub>3</sub>** : transistor NPN 2N1711

**D<sub>1</sub>** : diode électroluminescente 3 mm rouge

**D<sub>2</sub>** : diode commutation 1N4148

**D<sub>3</sub>** : diode redressement 1N4001

**L<sub>1</sub>** : diode électroluminescente 5 mm verte

**Z<sub>1</sub>** : diode zéner 4,7V

**R<sub>1</sub>** : 6,8 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>2</sub>** : 150  $\Omega$  1/4 W

**R<sub>3</sub>** : 2,2 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>** : 1 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>6</sub>** : 12 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>7</sub>** : 5,6 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>8</sub>** : 1,2 M $\Omega$  1/4 W

**R<sub>9</sub>** : 39 k $\Omega$  1/4 W

**R<sub>10</sub>** : 15 k $\Omega$  1/4 W

**P<sub>1</sub>** : ajustable horizontal 1 M $\Omega$

**C<sub>1</sub>** : 47 nF/63V plastique

**C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub>** : 100  $\mu$ F/25V chimique vertical

**C<sub>3</sub>** : 2,2 nF/63V plastique

**C<sub>5</sub>** : plastique 100 nF/63V

**C<sub>6</sub>** : 33 nF/63V

**C<sub>7</sub>** : chimique vertical

2,2  $\mu$ F/ou tantale 25V

**C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub>** : 10  $\mu$ F/25V chimique vertical

2 supports à souder

14 broches

1 support à souder

8 broches tulipe

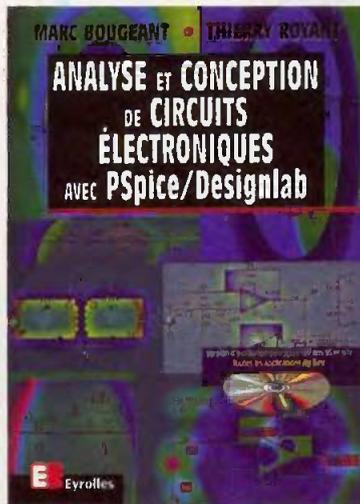
relais DIL16, bobine 6V

3 blocs de 3 bornes vissésoudé, pas de 5 mm

câble souple 4 fils

prise et fiche plastique pour HP

## ANALYSE ET CONCEPTION DE CIRCUITS ÉLECTRONIQUES AVEC PSpice/DESIGNLAB



MicroSim/DesignLab est un logiciel de CAO qui intègre différents outils nécessaires à l'élaboration d'un circuit électronique : saisie de schémas (Schematics), simulation du circuit (PSpice AD) routage du circuit imprimé (PCBoards) pour la version d'évaluation livrée avec l'ouvrage, et, dans la version complète, des outils pour la synthèse des composants logiques programmables (PLSyn et MicroSim FPGA). La simulation de circuits non seulement permet la validation de ces derniers, mais est un réel outil pédagogique.

L'objectif de cet ouvrage est double :

- donner des éléments et des méthodes pour développer une réelle compétence dans la conduite d'une étude de simulation,
- étudier un grand nombre de structures ou fonctions électroniques classiques par la simulation.

La première partie de l'ouvrage donne une description de l'environnement de développement des applications. Toutes les étapes de la conduite d'une simulation sont découvertes. Création d'un projet, saisie d'un schéma, simulation et exploitation graphique des résultats. La deuxième partie présente un grand nombre d'applications de complexité graduelle. Chaque structure est analysée de façon théorique et son fonctionnement validé. Des applications originales mettent en œuvre une démarche de modélisation. Les annexes contien-

nent un guide de référence pour l'utilisation des composants standard.

Ce livre est destiné aux étudiants de tous niveaux, aux enseignants, aux ingénieurs intéressés par ce domaine.

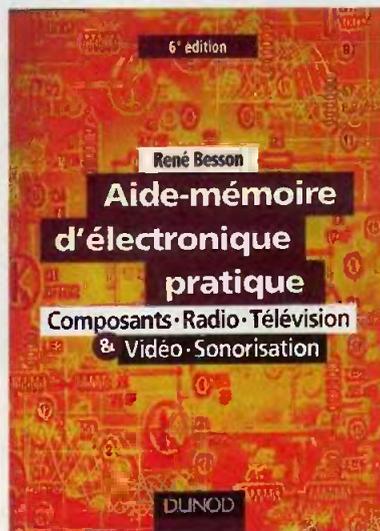
**M. BOUGEANT / T. ROYANT - EYROLLES**

**336 pages + CD Rom - 185 F.**

(CD-Rom contenant la version d'évaluation de PSpice/DesignLab V8 (Version Win 95 et NT de MicroSim) et toutes les applications du livre).

## AIDE-MÉMOIRE D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE

**COMPOSANTS - RADIO - TÉLÉVISION - VIDÉO - SONORISATION**



Toutes les connaissances indispensables aux techniciens, étudiants ou amateurs qui s'intéressent à l'électronique et aux dernières évolutions techniques de ce domaine, ont été rassemblées dans cet ouvrage :

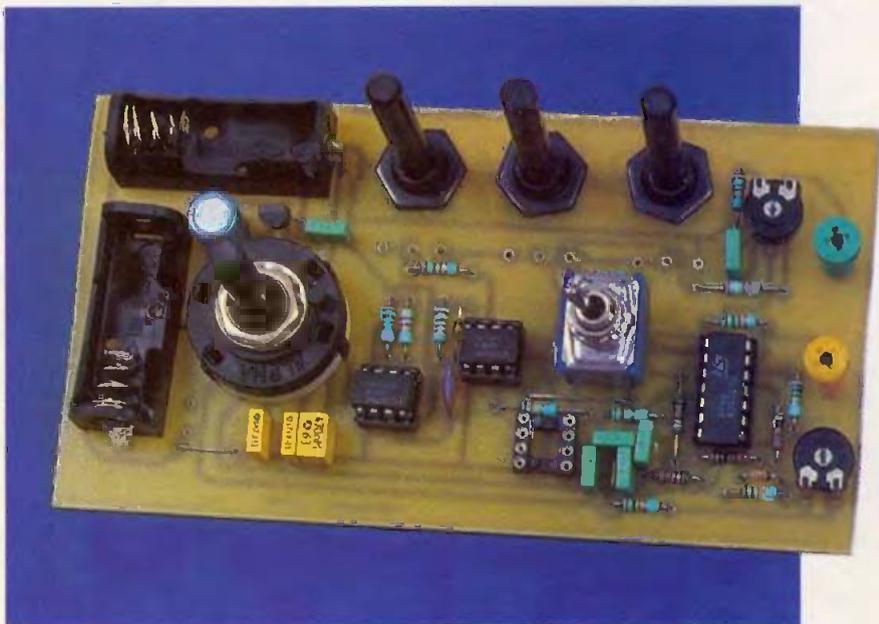
- le rappel de toutes les formules de base de l'électronique,
- la description des caractéristiques technologiques des composants actifs,
- l'étude des principes de base de la radio, de la télévision (jusqu'à la haute définition au format 16/9), de l'audio et de la vidéo (magnétoscopes, caméscopes), de l'acoustique, de la sonorisation et de la haute-fidélité.

**R. BESSON - DUNOD**  
**360 pages - 128 F.**

# POURCENT MÈTRE CAPACITIF, APPARIEUR DE CAPACITÉS

Certains montages électroniques, comme les filtres de précision, requièrent parfois des condensateurs de valeurs rigoureusement identiques pour que leur fonctionnement soit satisfaisant. La tolérance des condensateurs pouvant atteindre 20 % suivant la technologie utilisée pour leur réalisation, on ne peut en aucun cas se fier à leur marquage. Quand la précision requise pour ces composants est capitale pour le bon fonctionnement d'un montage ou quand on veut appairer deux éléments d'un lot, le tri au capacimètre devient une étape incontournable.

Pour ce qui est de l'appairage, il faut de la rigueur et de la patience, car après chaque mesure, le composant en cours de test doit être classé et sa valeur notée avec soin sur une feuille de papier, jusqu'à ce qu'on en trouve deux de valeurs identiques ou tout au moins très proches. Le montage proposé offre une solution différente pour l'appairage, qui donne le même résultat, sans qu'il soit nécessaire de connaître la valeur exacte



te des composants testés puisque celle-ci ne fait pas appel à un capacimètre. Le principe retenu repose sur la mesure de l'écart relatif existant entre les valeurs de 2 condensateurs. Le montage est par conséquent un pour-cent mètre capacitif que l'on peut utiliser en tant qu'apparieur de capacités. Ajoutons pour terminer cette présentation, que moyennant quelques condensateurs de valeur déjà connue, cet instrument fonctionne aussi en capacimètre.

## Rappels sur les tolérances

Puisque l'application envisagée concerne les condensateurs, nous baserons nos exemples sur ces composants. Si la mesure d'un condensateur  $C_0$  marqué 100nF donne  $C_m=104nF$ , nous dirons que ce condensateur présente une tolérance absolue  $\Delta C=C_m-C_0=4nF$  par rapport à l'indication du fabricant. Pour obtenir la tolérance relative, il faut comparer la tolérance absolue DC à la valeur théorique  $C_0$  du composant, et exprimer le résultat en %. La formule de la tolérance relative est :  $T=100 \times \Delta C / C_0$ , soit ici 4%. Le

calcul ne présente aucune difficulté d'autant que la valeur de 100nF prise en exemple simplifie les calculs. Pour comparer la valeur de 2 composants  $C_1$  et  $C_2$  et exprimer l'écart relatif existant entre ces 2 composants, on utilise la même formule que ci-dessus, en précisant lequel des 2 composants est pris comme référence. Avec  $C_1=102nF$  comme référence, si  $C_2$  vaut 96nF, la tolérance de  $C_2$  par rapport à  $C_1$  est égale à :  $100 \times (C_1 - C_2) / C_1 = 600 / 102 = 5,88\%$ . Notons que la tolérance de  $C_1$  relativement à  $C_2$  donne un résultat supérieur ( $100(C_2 - C_1) / C_2 = 6,25\%$ ) puisque  $C_2$  est plus petit que  $C_1$ . Les écarts numériques observés sur ces deux exemples montrent que l'on a tout intérêt à bien définir la référence de la comparaison.

## Principe de fonctionnement du pour-cent mètre capacitif

Les 2 condensateurs à comparer  $C_1$  ( $=50nF$ ) et  $C_2$  ( $=51nF$ ) sont successivement placés dans un convertisseur "capacité-tension". On introduit en premier celui qui sert de référen-

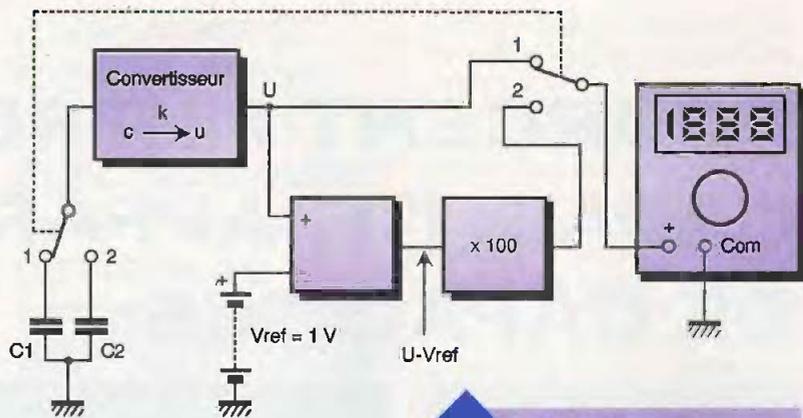
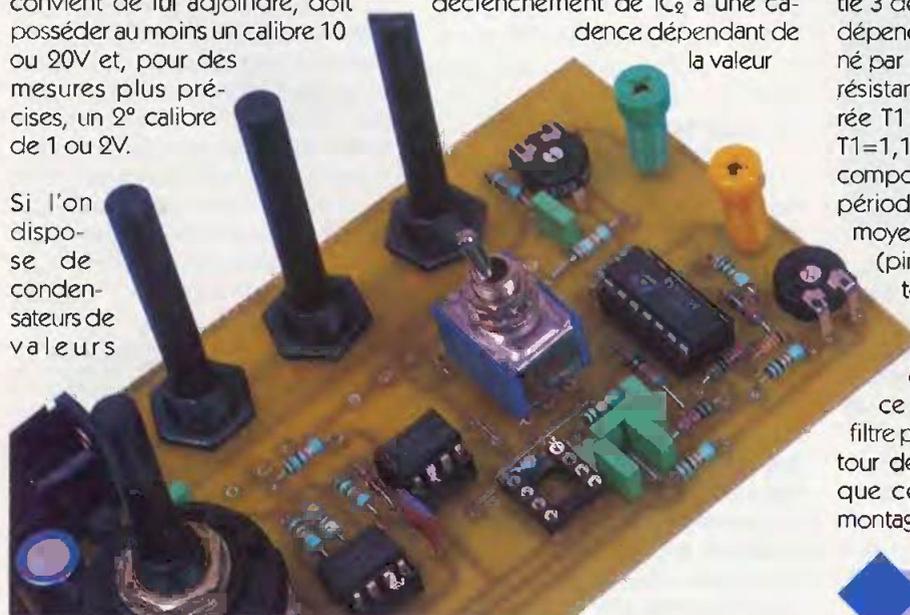
ce ( $C_1$  par exemple) et on adapte le coefficient de conversion de façon à ce que le résultat de la conversion "capacité-tension" soit ramené à une valeur unitaire (par exemple  $U_1=1V$  soit un coefficient de conversion  $k=20mV/nF$  pour cet exemple). On introduit ensuite le 2<sup>o</sup> condensateur dans le convertisseur, en conservant le même coefficient de conversion. Le résultat pour  $C_2$  est  $U_2=kC_2=1,02V$ . Les tensions images des 2 condensateurs sont alors soustraites ( $U_2-U_1=20 mV$ ). Pour éviter tout calcul fastidieux à l'opérateur, un soustracteur se charge d'effectuer l'opération ( $U_2-U_1$ ), la tension  $U_1$  étant remplacée pour ce calcul par une tension de référence de 1V. En faisant suivre le soustracteur par un amplificateur de gain 100, les 20mV sont convertis en une tension de 2V qui, si l'on fait abstraction de l'unité, représente la tolérance de  $C_2$ , par rapport à  $C_1$ , exprimée en %. En effet  $100\Delta C/C_1$  donne bien 2% avec les valeurs de notre exemple.

Le principe retenu correspond au schéma synoptique de la **figure 1**. Le nombre réduit de sous-ensembles prouve, de toute évidence, que le montage peut rester fort simple. Le multimètre, que tout amateur possède pour ses mesures courantes, est utilisé comme instrument de mesure associé à cet appareil.

### Caractéristiques du module

Le montage permet d'appairer en 3 gammes, des condensateurs de valeurs comprises entre 47pF et 470nF. Le voltmètre analogique (à aiguille ou numérique) qu'il convient de lui adjoindre, doit posséder au moins un calibre 10 ou 20V et, pour des mesures plus précises, un 2<sup>o</sup> calibre de 1 ou 2V.

Si l'on dispose de condensateurs de valeurs



1 SCHEMA SYNOPTIQUE.

connues, cet appareil peut servir de capacimètre, car il est très facile de passer de la tolérance T (exprimée en %) à la valeur du composant inconnu, en inversant la formule conduisant à celle-ci (soit  $C_2=C_1\pm C_1\times 0,01T$ ). Il est évident que le signe de la tolérance que nous avons éludé jusque là, en travaillant sur la valeur absolue des écarts ( $C_1-C_2$ ), doit être connu si l'on veut accéder à la valeur exacte du condensateur  $C_2$ . Qu'on se rassure, le montage proposé donne le signe de T. L'alimentation du module sera assurée par 2 piles 12V (du même type que celles utilisées dans de nombreuses télécommandes) ou par une alimentation symétrique de même valeur, en cas d'utilisation intensive.

### Schéma structurel (figure 2)

Le convertisseur capacité-tension fait intervenir le monostable bâti autour de  $IC_2$ . Ce circuit est un classique 555, de même que  $IC_1$ , qui lui, fonctionne en astable et assure le déclenchement de  $IC_2$  à une cadence dépendant de la valeur

du condensateur sélectionné par  $K_{1c}$ . Chacun des 3 condensateurs  $C_4$  à  $C_6$  est associé à une gamme de mesure ( $C_4$  pour les capacités allant de 10 à 470 nF,  $C_5$  pour la fourchette 1 à 47 nF, et enfin  $C_6$  pour les valeurs allant de 47 pF à 4,7 nF). En doublant la valeur de  $C_4$  on peut, si nécessaire, étendre la première gamme de mesure jusqu'à 1  $\mu F$ . Le recouvrement des différentes gammes est bien assuré comme le montrent les données ci-dessus. La précision de l'appareil n'étant plus assurée en dessous d'une cinquantaine de picofarads, cette valeur constitue la limite inférieure de fonctionnement du module. Le déclenchement de  $IC_2$  s'effectuant sur fronts descendants, le signal carré présent sur la patte 3 de  $IC_1$  subit une dérivation grâce aux éléments  $R_3$  et  $C_7$ . Les surtensions qui risqueraient d'endommager  $IC_2$  au moment des fronts positifs sont éliminées par la diode  $D_1$  (voir les chronogrammes de la **figure 3**). Les deux condensateurs que l'on souhaite comparer sont notés  $C_{ref}$  et  $C_x$ .

La durée  $T_1$  pendant laquelle la sortie 3 de  $IC_2$  passe à l'état haut (8V), dépend du condensateur sélectionné par  $K_{2a}$  et de la valeur totale de la résistance ( $R=P_1+P_2+P_3+R_4$ ). La durée  $T_1$  est donnée par la formule  $T_1=1,1RC$ . R et C représentent les composants précités. En notant T la période de l'astable  $IC_1$ , la valeur moyenne du signal de sortie de  $IC_2$  (pin 3) vaut  $V_{moy}=8\times T_1/T$ . Cette tension est donc proportionnelle soit à  $C_{ref}$  soit à  $C_x$ . La valeur moyenne du signal de sortie de  $IC_2$  est extraite de ce signal par l'intermédiaire du filtre passe bas du 2<sup>o</sup> ordre, bâti autour de  $IC_{3b}$ . Précisons au passage que ce filtre est un exemple de montage pour lequel il peut être né-

UN SUPPORT CI COMME ÉLÉMENT DE CONNEXION.

cessaire d'appairer les capacités  $C_8$  et  $C_9$ , lorsque la fréquence de coupure et le coefficient d'amortissement du circuit doivent posséder des valeurs bien déterminées. La précision du filtrage assuré par cet étage n'étant pas capitale, on se contentera de travailler avec des

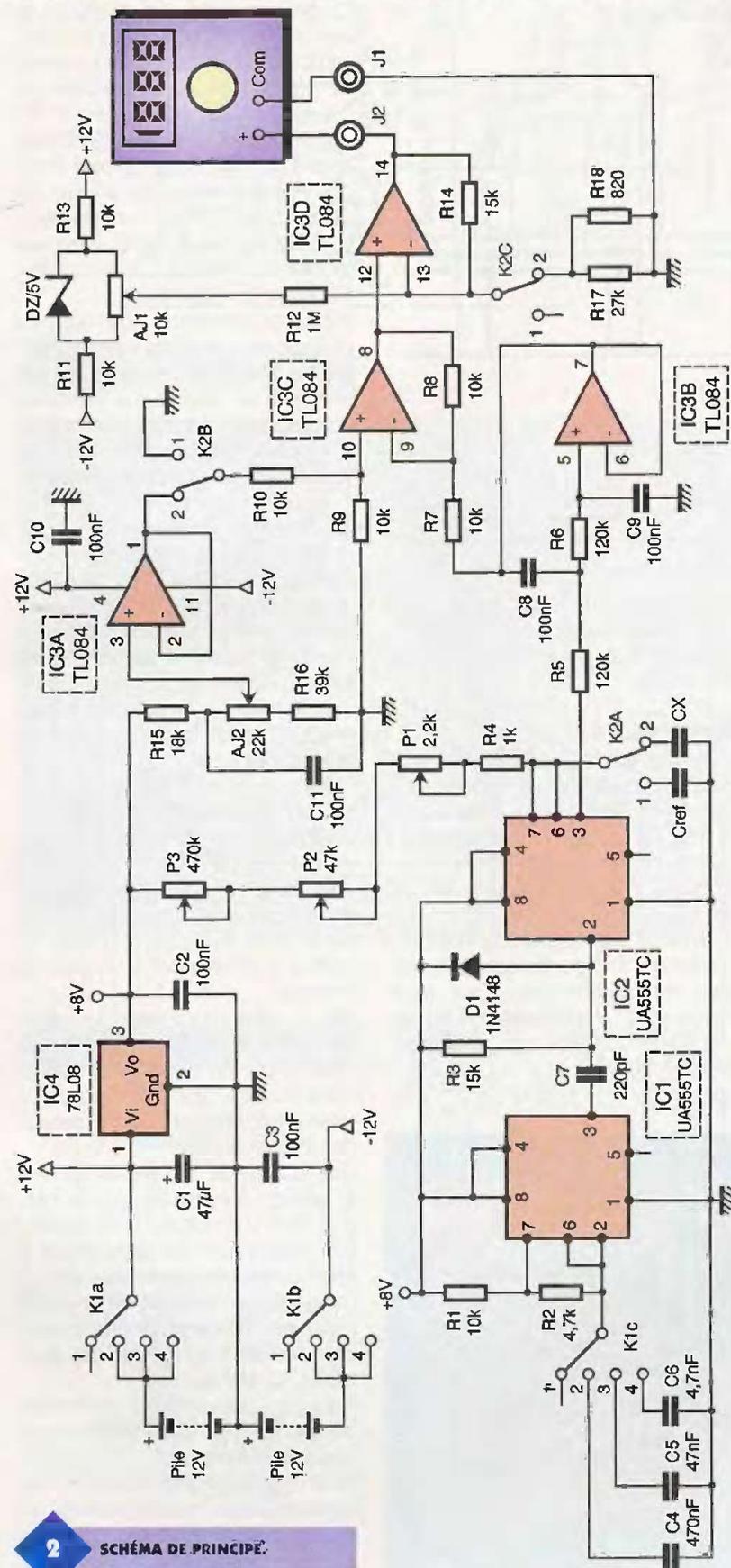
condensateurs marqués 100 nF. Lorsque  $K_2$  est en position "1", les AOP IC3c et d fonctionnent respectivement en inverseur et en suiveur. Le multimètre relié aux bornes  $J_1$  et  $J_2$  mesure la valeur moyenne de la tension image de  $C_{ref}$ . L'inversion de signe liée à l'amplificateur IC3c n'est

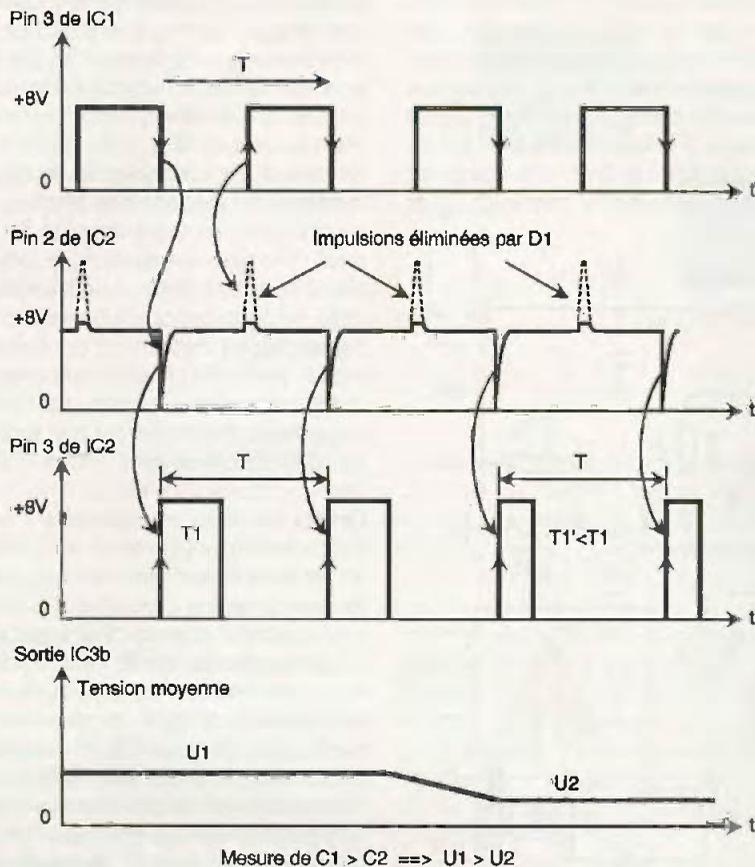
absolument pas gênante et pourra être ignorée. C'est grâce aux 3 potentiomètres  $P_1, P_2, P_3$  que l'on peut amener cette tension à prendre exactement la valeur de référence que nous avons fixée à 5V. Pour bénéficier d'une précision de réglage identique en tout point de l'étendue de chacune des 3 gammes de mesures, afin que la précision globale de l'instrument terminé soit excellente, l'auteur a adopté un mode de réglage faisant intervenir 3 potentiomètres au lieu d'un seul. La conséquence de cette solution est une souplesse d'étalonnage parfaite, pendant la phase de "mesure" de  $C_{ref}$ .

Quand  $K_2$  bascule en position 2, IC3c fonctionne en soustracteur et IC3d en amplificateur ( $A=1+R_{14}/(R_{17}/R_{18})$ ). La tension de référence de 5V que l'on doit soustraire à la tension image de  $C_x$ , est prélevée sur le curseur de  $AJ_2$ . Cette tension n'est appliquée au soustracteur qu'après tamponnage par IC3a. La précision du montage dépend de la tension de référence de 5V, de la valeur des 4 résistances qui entrent dans la réalisation du soustracteur mais aussi du rapport  $A=R_{14}/(R_{17}/R_{18})$  qui définit l'amplification de IC3d. Pour minimiser les sources d'erreur à bas niveau, on compense l'offset de IC3d en agissant sur  $AJ_1$ . Les éléments a et b de l'inverseur  $K_1$  servent d'interrupteur d'alimentation. Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  découplent les alimentations positive et négative. Pour que les fluctuations de la tension d'alimentation n'induisent aucune erreur de mesure, la tension d'alimentation commune au monostable et à l'astable est prélevée à la sortie du régulateur IC4.

## Réalisation pratique et réglages

Le dessin du circuit imprimé qui supporte la totalité des composants est présenté à la **figure 4**. Une fois le circuit gravé et percé, on implante les composants en respectant les indications de la **figure 5**. Après avoir disposé les 5 straps, que nous n'avons pu éviter en effectuant le routage de cette carte, on place et on soude dans l'ordre, les résistances (voir les remarques ci-dessous), les diodes, les supports de circuits intégrés et pour terminer les condensateurs, les connecteurs de piles, les commutateurs et les bornes de liaison au multimètre. Cet ordre à priori arbitraire, facilite le câblage car les



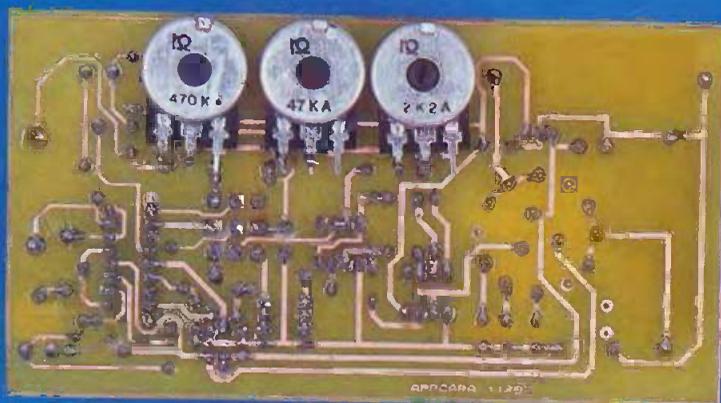


### 3

#### CHRONOGRAMMES.

composants de même épaisseur sont tous placés en même temps puis soudés après retournement du circuit imprimé sur le plan de travail. En adoptant cette technique, les composants sont toujours placés contre le circuit imprimé au moment de la soudure. Il en résulte une fiabilité bien supérieure à celle d'un circuit dont l'écartement entre les composants et le circuit imprimé suit une loi aléatoire. Sur le plan

#### MISE EN PLACE DES POTENTIOMÈTRES.



esthétique, les deux techniques n'ont aucun point de comparaison possible comme vous pouvez vous en douter.

#### Remarques

Les 4 résistances  $R_7$  à  $R_{10}$  devant avoir des valeurs identiques, il est recommandé de prendre des composants à 1%, ou de trier un lot de résistances de 10 k $\Omega$  (5%) avec un ohmmètre à 4 digits minimum (calibre 20 k $\Omega$ ).

La référence de tension du montage, image de la valeur du condensateur pris comme référence ( $C_{ref}$ ) étant égale à 5V, l'amplification de l'étage de sortie doit être rigoureusement égale à 20, pour que la correspondance 1V=1% soit assurée. Cette

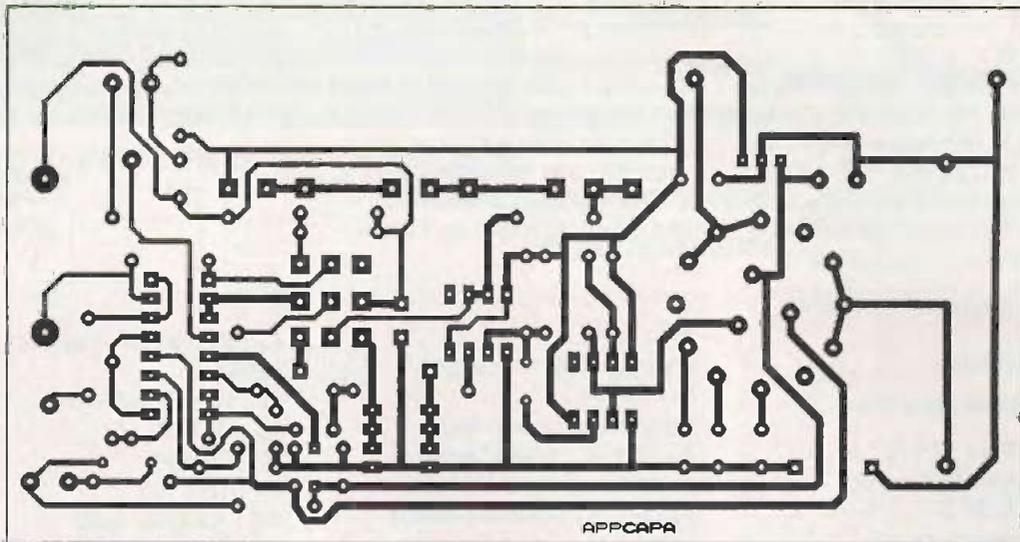
condition impose  $R_{14}/(R_{17}/R_{18})=19$ . Pour parvenir à ce résultat, on commence par mesurer  $R_{14}$  à l'ohmmètre (calibre 20 k $\Omega$ ) et on détermine la valeur de l'équivalent parallèle  $R'=R_{17}/R_{18}=R_{14}/19$ . En supposant par exemple que  $R_{14}=15120\Omega$ , on en déduit que  $R'=15120/19=795,8\Omega$ . On prend pour  $R_{18}$  une résistance de valeur normalisée supérieure à  $R'$ , soit ici 820 $\Omega$ , et on cherche la valeur de  $R_{17}$  qui, placée en parallèle sur  $R_{18}$ , donne un équivalent  $R'$  de 795,8 $\Omega$ . Le calcul donne  $R_{17}=27$  k $\Omega$ . Le tri à l'ohmmètre est encore indispensable pour  $R_{17}$  et  $R_{18}$ . D'autres triplets de valeurs pouvant convenir, vous pouvez modifier ces valeurs du moment que l'amplification du dernier étage est égale à 20. Sur notre prototype, nous utilisons un support tulipe pour circuit intégré à 8 pattes (dual in line) comme élément de connexion pour les condensateurs  $C_{ref}$  et  $C_x$ . Cette solution donnant toute satisfaction nous vous recommandons son adoption.

Pour pouvoir fixer l'inverseur  $K_2$  directement sur le circuit imprimé, il convient de souder un fil de câblage de 0,6 mm de diamètre (queue de composant par exemple) sur chacune de ses 9 pattes. Après avoir formé une boucle passant dans le trou de chaque patte (figure 6), on soude le fil sur celle-ci, en laissant dépasser environ 1 cm de fil. Ce sont les 9 fils (beaucoup moins volumineux que les pattes de l'inverseur) qui seront insérés dans les pastilles cuivrées. Cette solution offre en outre la possibilité d'adapter la hauteur de l'inverseur à celle des bornes  $J_1$ ,  $J_2$ , ou à la taille du boîtier, si on en a prévu un pour ce montage.

Dans la version proposée, les corps des 3 potentiomètres sont disposés côté cuivre du circuit imprimé. Si cette solution ne convient pas à la mise en coffret, on pourra prévoir des liaisons filaires.

Une fois que le câblage est terminé et vérifié, on insère les circuits intégrés dans leurs supports en respectant l'orientation rappelée figure 5 (même remarque pour les piles ou l'alimentation stabilisée). Pour que le montage soit opérationnel, il faut encore procéder au réglage des ajustables  $AJ_1$  et  $AJ_2$ .

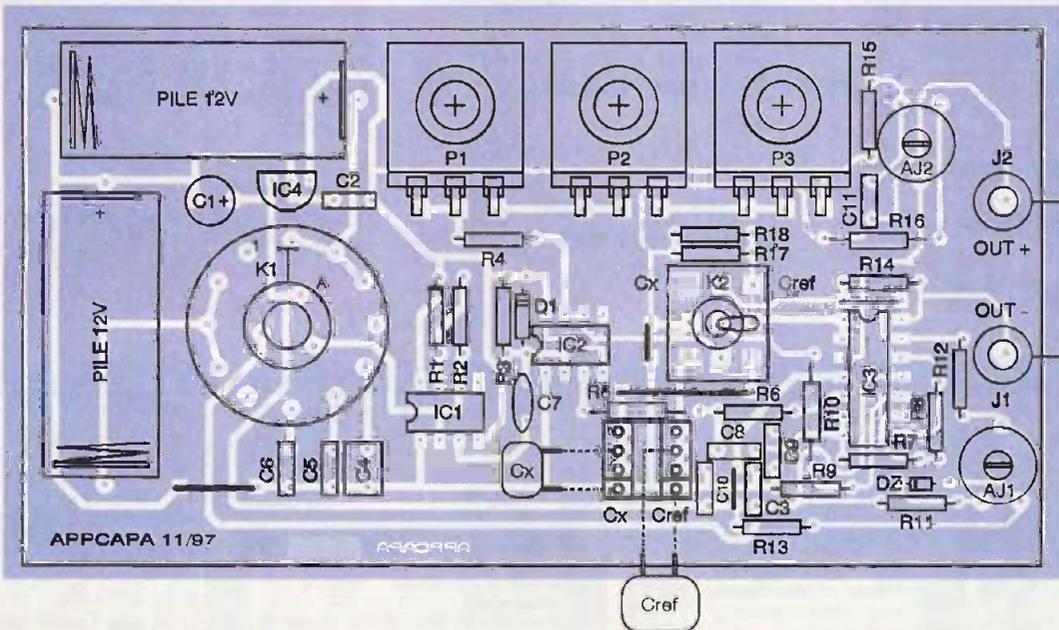
Pour  $AJ_2$  : on place un voltmètre continu (calibre 10 ou 20V) entre la masse et la sortie de  $IC_{3b}$  et on modifie le réglage jusqu'à ce que le voltmètre indique exactement 5V ( $K_1$  peut occuper l'une quelconque des positions 2, 3 ou 4 pour ce réglage).



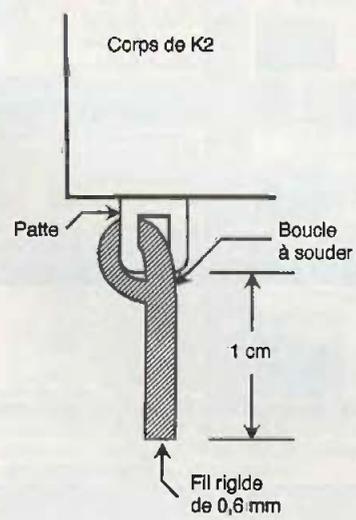
APPCAPA

**4 TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.**

**5 IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.**



**6 TRAVAIL À EFFECTUER SUR LES PATTES DE K2.**

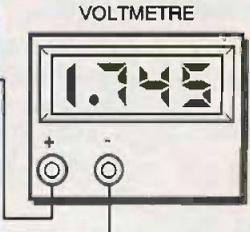


Pour régler AJ<sub>1</sub> : on dispose le multimètre entre les bornes J<sub>1</sub> et J<sub>2</sub> (calibre 200mV continu). On ôte IC<sub>2</sub>, on établit une liaison entre la masse et la patte 3 de IC<sub>2</sub> puis on bascule K<sub>2</sub> en position 2. Il ne reste plus qu'à agir sur AJ<sub>1</sub> pour annuler la tension d'offset mesurée par le multimètre.

**Utilisation**

Le montage étant réglé, si l'on veut appairer deux condensateurs, on insère ceux-ci (verticalement) dans le support prévu à cet effet entre le point le plus bas du support de circuits intégrés (masse) et l'un quelconque des 3 points restants. Le support utilisé permet la mesure des condensateurs dont les connexions sont écartées de 2,5mm, 5 ou

7,5mm. C'est le condensateur situé le plus à droite qui est considéré comme référence. Après avoir sélectionné le calibre approprié par K<sub>1</sub>, placé le multimètre (calibre 10 ou 20V) dans les bornes J<sub>1</sub> et J<sub>2</sub>, on bascule K<sub>2</sub> en position "1".  
 1°) En partant de la position initiale dans laquelle les potentiomètres P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub> sont tous en butée à droite dans le sens horaire, on modifie ce réglage (en commençant par P<sub>3</sub> (réglage grossier) et en affinant avec P<sub>2</sub> et P<sub>1</sub>) pour que le multimètre indique exactement 5,00V. C'est là que l'on apprécie la finesse du réglage procuré par P<sub>2</sub> et P<sub>1</sub> pour arriver exactement à 5,00V.  
 2°) En prenant soin de ne pas modifier ce réglage, on bascule K<sub>2</sub> en position "2". L'indication du multimètre en volts correspond à la tolérance



relative de Cx par rapport à Cref en pour-cent (une tension de 1,25V correspond à 1,25%).

On notera que si la tension relevée est positive, cela traduit le fait que Cx possède une valeur inférieure à Cref (Tension négative → Cx > Cref). Si l'on dispose de condensateurs de valeur connue, en utilisant ceux-

ci en tant qu'élément de référence (Cref), et en s'appuyant sur la tolérance (signe compris), relevée pour des composants inconnus "Cx" on peut déterminer la valeur de ces condensateurs en appliquant la formule citée plus avant dans l'article. Ce n'est certes pas la destination première de ce montage, essentiel-

lement destiné à des appareillages, mais c'est un mode d'utilisation à ne pas négliger si l'on ne dispose pas d'un capacimètre.

F. JONGBLOET

## Nomenclature

### Résistances 1/4W 5%

**R<sub>1</sub>, R<sub>11</sub>, R<sub>13</sub> : 10 kΩ**  
(marron, noir, orange)  
**R<sub>2</sub> : 4,7 kΩ**  
(jaune, violet, rouge)  
**R<sub>3</sub>, R<sub>14</sub> : 15 kΩ**  
(marron, vert, orange)  
**R<sub>4</sub> : 1 kΩ**  
(marron, noir, rouge)  
**R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub> : 120 kΩ**  
(marron, rouge, jaune)  
**R<sub>7</sub> à R<sub>10</sub> : 10 kΩ/1%**  
(marron, noir, rouge)  
**R<sub>12</sub> : 1 MΩ**  
(marron, noir, vert)  
**R<sub>15</sub> : 18 kΩ**  
(marron, gris, orange)  
**R<sub>16</sub> : 39 kΩ**  
(orange, blanc, orange)

**R<sub>17</sub> : 27 kΩ**  
(rouge, violet, orange)  
**R<sub>18</sub> : 820 Ω**  
(gris, rouge, marron)  
**P<sub>1</sub> : 2,2 kΩ potentiomètre**  
rotatif axe 6mm linéaire  
**P<sub>2</sub> : 47 kΩ potentiomètre**  
rotatif axe 6mm linéaire  
**P<sub>3</sub> : 470 kΩ potentiomètre**  
rotatif axe 6mm linéaire  
**AJ<sub>1</sub> : 10 kΩ ajustable**  
horizontal pas 5,08 PIHER  
**AJ<sub>2</sub> : 22 kΩ ajustable**  
horizontal pas 5,08 PIHER  
**C<sub>1</sub> : 47 µF/25V chimique**  
radial  
**C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>8</sub> à C<sub>11</sub> : 100 nF/63V**  
MKT  
**C<sub>4</sub> : 470 nF/63V MKT**  
**C<sub>5</sub> : 47 nF/63V MKT**  
**C<sub>6</sub> : 4,7 nF/63V MKT**

**C<sub>7</sub> : 220 pF céramique**  
disque  
**IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> : UA555TC**  
**IC<sub>3</sub> : TL084**  
**IC<sub>4</sub> : 78L08**  
**D<sub>1</sub> : 1N4148**  
**DZ : BZX55c 6,2V**  
**K<sub>1</sub> : commutateur rotatif**  
3 circuits 4 positions  
**K<sub>2</sub> : inverseur à bascule** (axe  
6mm) 3 circuits 2 positions  
**J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> : douilles banane**  
femelle 2mm pour châssis  
3 supports pour CI 8 pattes  
dual in line dont un support  
tulipe  
1 support pour CI 14 pattes  
dual in line  
2 connecteurs pour pile  
bâton 12V.

## ETRANGE

**Hypnotiseur Electronique**  
• Le système met rapidement  
sujet sous contrôle Pht : 799 frs  
**Globe Plasma Pht : 1299 frs**  
• Sphère Diamètre 200 mm  
créé des effets spectaculaires



## DÉTECTEUR D'ÉCOUTE

Détecte les enregistrements radios,  
en série, en parallèle, l'impédance  
anormale ligne, etc...



**Al 6600 2299 frs ht**

## REPERAGE D'UNE FLOTTE DE VEHICULES

• Méthode GPS (satellite)  
• Aucune redevance  
• Carte et programme sur PC  
• Intéressant pour société  
de transport



à partir de 7.900 fht  
(par véhicule)

## MINI CAMÉRA CAMOUFLÉE

Cette merveille de la technologie est  
camouflée dans un bracelet  
Cartouches film 8x11 standard  
Réf. P950



## STATION METEOROLOGIQUE

• température (ext. et int.)  
• Vitesse, direction du vent  
• Pression **PU HT 6990 frs**  
• Humidité  
• Pluviométrie  
• Minimal et Maximal



## MODIFICATEUR DE VOIX

Modificateur de voix digitale,  
permet la modification de la  
voix en homme, femme et  
enfants 16 niveaux  
**P 8955 1590 frs ht**



## REPRESAILLES

• Autophone Dialer : Recompose continuellement le  
même numéro de téléphone **1290 frs ht**  
• **Sonic Nausee**  
Mini système électronique qui donne des envies de  
vomissements, beaucoup d'autres produits  
disponibles

## BROUILLEUR DE CONVERSATION

• Toutes les conversations téléphoniques  
peuvent être brouillées  
Modèle standard p 6020 **1990 frs ht**  
Modèle cellulaire p 6030 **1990 frs ht**



## RÉCEPTEURS GPS

• Pour itinéraires sur carte  
• Pour randonnées en  
montagne, désert, etc  
• Pour navigation Marine



## HACKER'S COMPANION CD-ROM

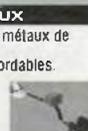
Comment casser les codes secrets, comment  
modifier les codes de téléphones portables,  
BBS, des serveurs,  
etc... tout est dans **CD-ROM de 552 Mb**  
**PC-HACKER'S 990 frs ht**  
Manuel Technique Happy Hacker **390 frs ht**

## DÉTECTEURS DE MÉTAUX

• Ces modèles de détecteurs de métaux de  
haute qualité sortent à des prix abordables.

**MÉTAL TRACK**

**TREASURE TRACK**



## LUNETTES DE SURVEILLANCE

• Caméra camouflée  
• Son de qualité  
• Image de qualité  
• Haute résolution - Lux faible  
• Grand angle de prise



## PRODUITS ACOUSTIQUES

Pour l'écoute de bruits distants et faibles  
**PM 5 2349 frs ht**  
Laser de détection par vibration  
**LS70 3990 frs ht**  
Micro Directionnel  
**SDC 1002 2990 frs ht**



## ENREGISTREUR LONGUE DURÉE

Enregistreur automatique avec adaptateur  
téléphonique inclus. Une cassette standard  
120 mm peut enregistrer 5 heures de com.  
L'appareil se déclenche et s'arrête  
automatiquement à chaque appel.  
**P 5016 1499 frs ht**



## TRANSMETTEUR VIDÉO MINIATURE

Système de transmission sans fils sur plus de  
300 mètres, se branche directement sur  
moniteur ou TV. Dim. : 3 x 2 x 0,5 cm  
**TV - 200 3999 frs ht**  
Camera Vidéo  
format rouge à lèvres **2490 fht.**



## CAR TRACKER

• Permet de suivre à la trace les directions  
prises par un véhicule mobile.  
Différents modèles  
à partir de **11.990 frs ht**  
Modèles GPS disponibles



## WALKIE TALKIE

DIVERS MODÈLES DISPONIBLES  
• Pour amateurs  
• Pour administrations  
• Pour Gardiennage  
• Pour chantiers  
• Pour transporteurs



## VISION DE NUIT

Lunette de vision de nuit  
**NV 100 prête à l'emploi 3490 frs ht**  
avec Laser Illuminator pour  
éclairage en nuit profonde  
Divers modèles disponibles



## STYLO ENREGISTREUR

Enregistreur qui se déclenche grâce au stylo  
Très petit format  
**P - 5046 1290 frs ht**  
• Modèle pour téléphone ou  
déclenchement à la voix  
**P - 50 - 45 1290 frs ht**



## AUTRES PRODUITS

• CD-ROM Virus Collection **1590 f. ht**  
• Illuminateur Infrarouge **990 f. ht**  
• Télescope détecteur de chaleur **1990 f. ht**  
• Mini Robot Programmable **1990 f. ht**  
• Émetteur récepteur infrarouge **490 f. ht**  
• Détecteur de bombes **2990 f. ht**  
• Générateur ultrason antianimal **890 f. ht**  
• Détecteur de Drogues (Cocaine, Héroïne, etc...) **2990 f. ht**

# UNIDEV

14, rue Martel - 75010 Paris

Tél : 01 53 24 03 26 - Fax : 01 53 34 01 71

Sur Internet <http://www.secret.universal-developers.com>

Extrait du catalogue 30 pages. Vente par correspondance uniquement.  
Décodeur de télécommandes à infrarouge, cryptage voix, lunettes de surveillance vidéo,  
attaché case d'écoute, lasers d'alarme, contre mesures, etc...

Catalogue "Contrôle et Surveillance" gratuit



# THERMOMÈTRE POUR COMPOSANTS DE PUISSANCE

Les composants de puissance sont souvent traversés par des intensités importantes, ces dernières se traduisent par une élévation de température qui, si elle n'est pas correctement maîtrisée, entraînera la destruction de l'élément. Le montage proposé permet de mesurer la température du boîtier du composant et, grâce à cela, de se faire une idée précise du régime de fonctionnement de la jonction du semi-conducteur.



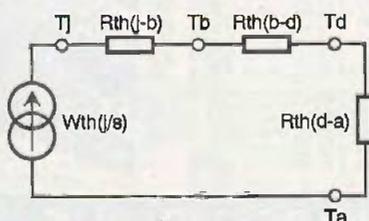
## Rappels sur les échanges thermiques

Tout composant électronique est soumis à l'effet joule, c'est à dire qu'une partie de la puissance électrique est transformée en chaleur. Cela induit deux phénomènes : d'une part, l'élévation de la température de l'élément et, d'autre part, un transfert thermique avec le milieu extérieur. Ce transfert ne peut s'effectuer de que de trois façons : la conduction (transfert de chaleur sans déplacement de matière), la convection (transfert de chaleur par fluide intermédiaire), le rayonnement (échange de chaleur sans contact matériel, ni mouvement de matière). L'un ou l'autre de ces trois moyens de transferts peut être prépondérant par rapport aux autres. Dans le cas de la conduction, la quantité d'énergie cédée est proportionnelle à la différence de température entre l'élément chaud et le milieu extérieur. Cela a permis d'introduire la notion de résistance thermique. La résistance thermique est la résistance qu'oppose un matériau

au passage de la chaleur, elle s'exprime en "degrés Celcius par Watt" et indique par conséquent l'élévation de température engendrée par une puissance développée de 1 W. Il existe une forte analogie entre les échanges thermiques par conduction et les lois de l'électricité. Le tableau de la figure 1 résume cette équivalence :

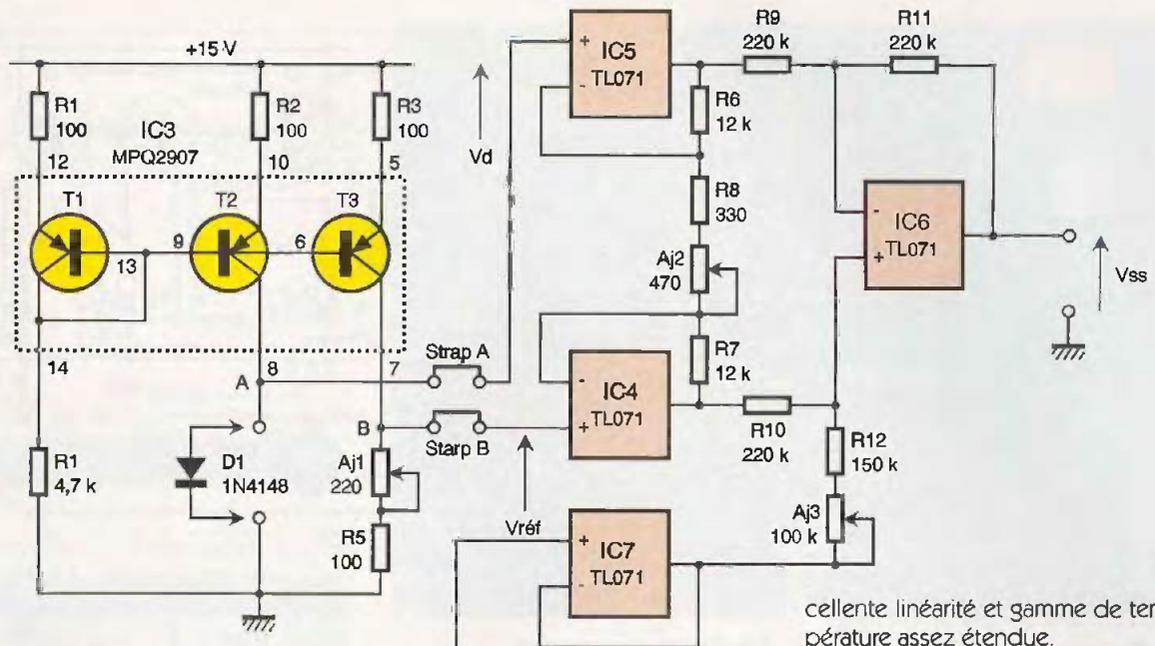
Cela permet de représenter un circuit thermique de manière similaire à un circuit électrique. Prenons un exemple : soit un transistor de puissance en boîtier TO3 monté sur un dissipateur, le circuit thermique est celui de la figure 2, où nous avons : Ainsi la connaissance de la puissance dissipée par le composant, celle de la température maximale que

Échange thermique	Électrocinétique
Température en °C	Potential en Volts
Débit thermique en joules/seconde ou Watts	Intensité en ampère
Différence de température en °C	Différence de potentiel en Volts
Résistance thermique en °C/W ou Ω thermique	Résistance en V/A ou Ω électrique

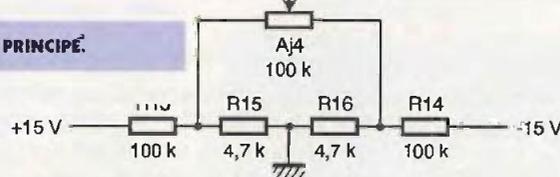


- 1 TABLEAU D'ÉQUIVALENCE.
- 2 CIRCUIT THERMIQUE.

Wth : puissance thermique  
 T°j : température de la jonction  
 T°b : température du boîtier  
 T°d : température du dissipateur  
 Rth (j-b) : résistance thermique jonction-boîtier  
 Rth (b-d) : résistance thermique boîtier-dissipateur  
 Rth (d-a) : résistance thermique dissipateur ambiance.  
 La loi d'Ohm thermique nous permet d'écrire :  
 $Wth = T^j - T^a / Rth(j-b) + Rth(b-d) + Rth(d-a)$



### 3 SCHEMA DE PRINCIPE.



peut supporter la jonction ainsi que celle de la résistance thermique j-b permet de déterminer la valeur de la résistance thermique apparente du dissipateur qui doit être associé au composant (pour un  $T^{\circ}$  ambiante et une résistance thermique boîtier-dissipateur données). La relation donnée ci-dessus n'est valable qu'en régime continu et lorsque l'équilibre thermique de l'ensemble est atteint, le composant cède alors autant d'énergie qu'il n'en reçoit, de plus elle est approximative : ses échanges thermiques par convection et rayonnement du boîtier sont négligés, la résistance thermique boîtier-dissipateur est souvent définie de manière approximative, tandis que celle du dissipateur n'obéit pas réellement à des lois linéaires. Cela fait qu'il est souvent utile de connaître la température réelle de la jonction afin de savoir si un composant donné est utilisé correctement. La température de la jonction est donnée par la relation suivante :

$$T^{\circ}_j = W_{th} \cdot [R_{th}(j-b)] T^{\circ}_b$$

Supposons que le transistor dont le circuit thermique est décrit à la figure 2 dissipe une puissance de 20 W. Le fabricant indique une température de jonction de 200°C et une résistance thermique jonction-boîtier de 1,5°C/W, la température de la jonction vaut alors :

$$T^{\circ}_j = 20 \cdot 1,5 + 75 = 105^{\circ}\text{C}$$

Le transistor n'est donc pas en danger. On remarque qu'il est nécessaire de connaître la  $T^{\circ}$  du boîtier pour

pouvoir calculer celle de la jonction. Le montage proposé permet de mesurer avec une bonne précision la température du boîtier d'un composant et celle du dissipateur associé.

## Schéma de principe

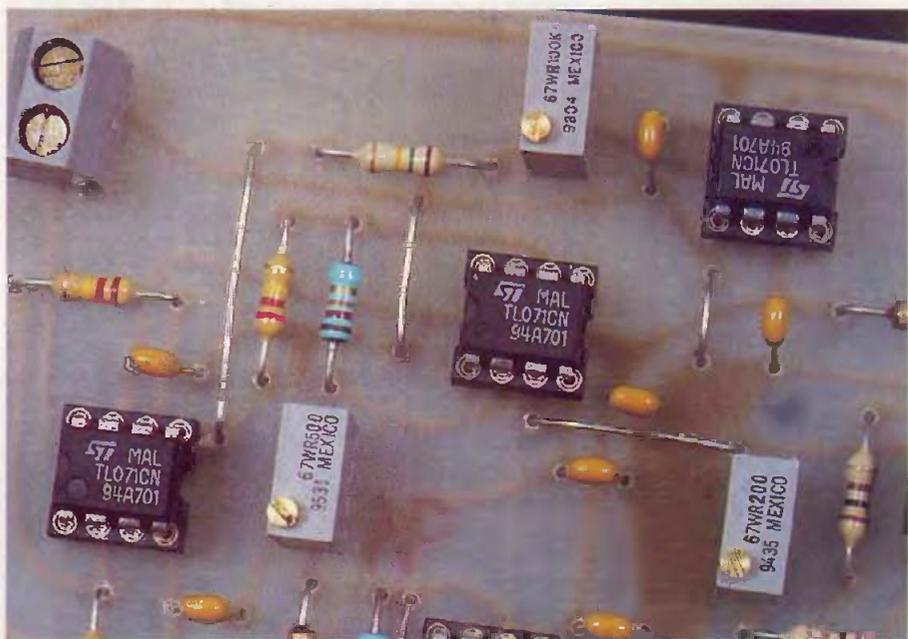
### Le capteur

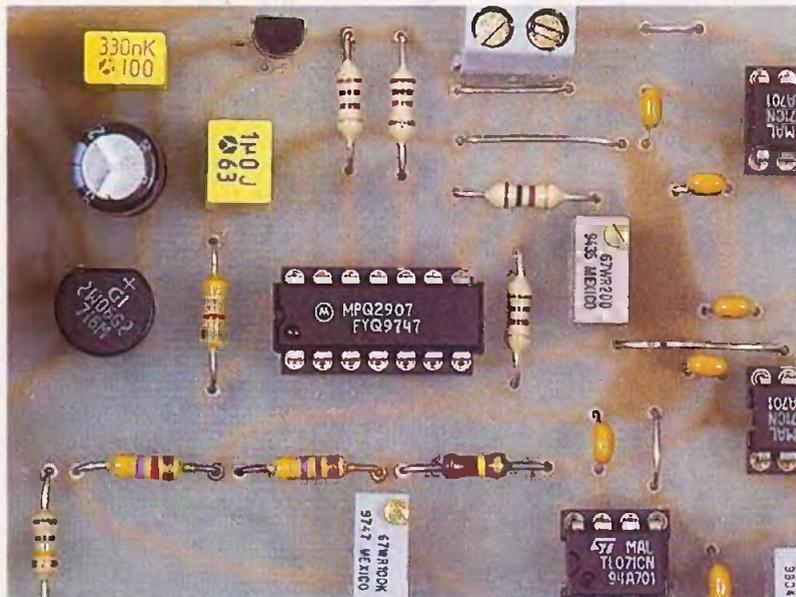
Plusieurs possibilités s'offraient à nous quant au choix du capteur. Le fameux LM35 possède bon nombre de qualités telles que : facilité de mise en œuvre, sensibilité élevée, ex-

cellente linéarité et gamme de température assez étendue.

Malheureusement, ce capteur se prête mal à l'application envisagée en particulier pour des températures élevées. Un autre capteur possible était la classique thermistance. En effet, cette dernière est de petite dimension et possède une faible inertie thermique. Par contre, sa résistance en fonction de la température n'est pas linéaire. Finalement, nous avons opté pour une diode de type 1N4148 qui est de faible dimension. La sensibilité thermique d'une diode est définie par la relation  $S = du / dT$ , sa valeur est voisine de 2 mV/°C, mais elle n'est pas strictement indépendante de la température. Néanmoins, pour l'application envisagée, cela nous conviendra.

### EMPLOI D'AMPLIS OP CLASSIQUES





**4 GROS PLAN SUR LE MPQ 2907.**

On remarquera également que la sensibilité dépend du courant inverse transitant dans la diode : celui-ci pouvant varier de façon importante d'un composant à un autre l'interchangeabilité n'est pas directement assurée. Nous verrons comment pallier cet inconvénient.

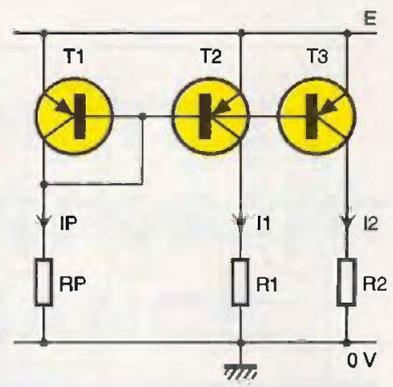
Notre thermomètre embrasse une gamme de température allant de 0 à 100°C. Toute variation de température engendre une variation proportionnelle de tension. A 0°C correspond 0V, tandis qu'à 100°C correspond une tension de 10V. Notre dispositif présente donc une sensibilité de 100mV/°C. La lecture se fera à l'aide d'un voltmètre. Il suffira de multiplier la valeur lue par 10 pour obtenir la température en degrés Celsius.

**Le miroir de courant**

Les transistors T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> et T<sub>3</sub>, avec leurs composants associés, constituent un miroir de courant. Le principe de fonctionnement est celui de la figure 5.

RP constitue la résistance de programmation de l'ensemble. Le courant collecteur du transistor T<sub>1</sub> vaut :  $I_{C1} = E + (-V_{be1}) / R_P$  soit ici environ 3 mA. On remarque également que les tensions V<sub>be</sub> des transistors sont égales ce qui implique aussi une égalité des trois courants collecteurs.

En réalité, le montage de la figure 5 ne fonctionne pas correctement. D'une part, parce qu'il est très sensible aux variations de température et, d'autre part, parce que le courant collecteur varie en fonction de V<sub>ce</sub> pour une tension base-émetteur donnée.

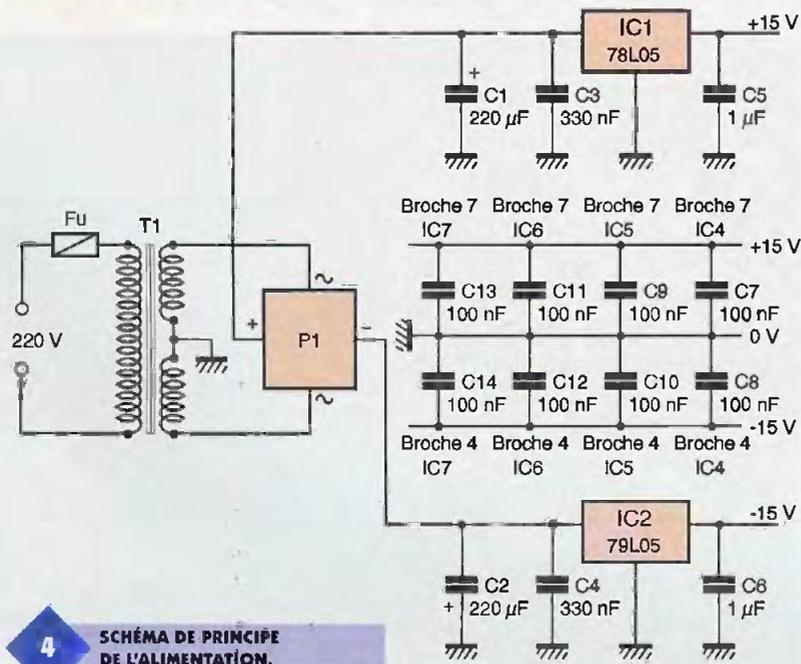


**5 PRINCIPE DU MIROIR DE COURANT.**

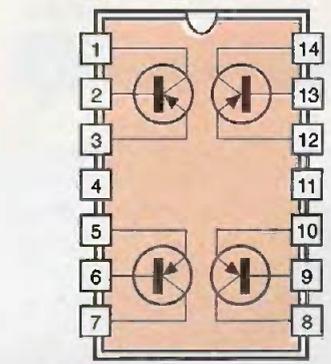
Afin de limiter ces inconvénients, nous avons utilisé un circuit dénommé MPQ2907 dont le brochage est donné figure 6 et qui contient quatre transistors de type PNP fabriqués sur une même puce de silicium. Les composants sont ainsi soumis aux mêmes variations de température. Les résistances d'émetteurs R<sub>1</sub> à R<sub>3</sub> introduisent une contre-réaction locale qui nous permet d'obtenir des courants collecteurs sensiblement égaux (figure 3).

**L'amplificateur différentiel**

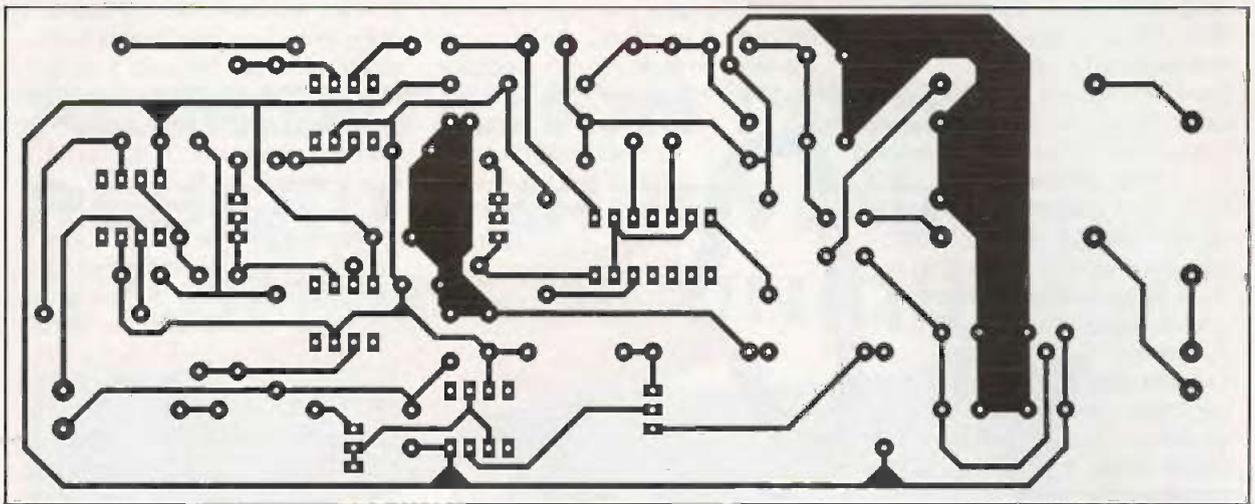
Les amplificateurs opérationnels IC<sub>4</sub> à IC<sub>6</sub> associés à IC<sub>7</sub> constituent un amplificateur différentiel. La tension de référence issue du collecteur de T<sub>3</sub> est appliquée à l'entrée non-inverseuse de IC<sub>4</sub>, tandis que r<sub>d</sub>, tension image de la température mesurée, est reliée à l'entrée non-inverseuse de IC<sub>5</sub>. La tension de sortie du dispositif est :  $V_s = (V_{ref} \cdot V_d) ((R_7 + R_6 / A_{j2} + R_8) + 1)$ , le gain sera donc compris entre 31 et 74. Ce type de montage présente l'énorme avantage de posséder des résistances apparentes d'entrées ne dépendant que du type d'Ampli-OP utilisé. Les résistances R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> et R<sub>8</sub> à R<sub>11</sub> devront avoir une tolérance de 1%. On pourra également, comme



**4 SCHEMA DE PRINCIPE DE L'ALIMENTATION.**



**6 BROCHAGE DU MPQ 2907.**

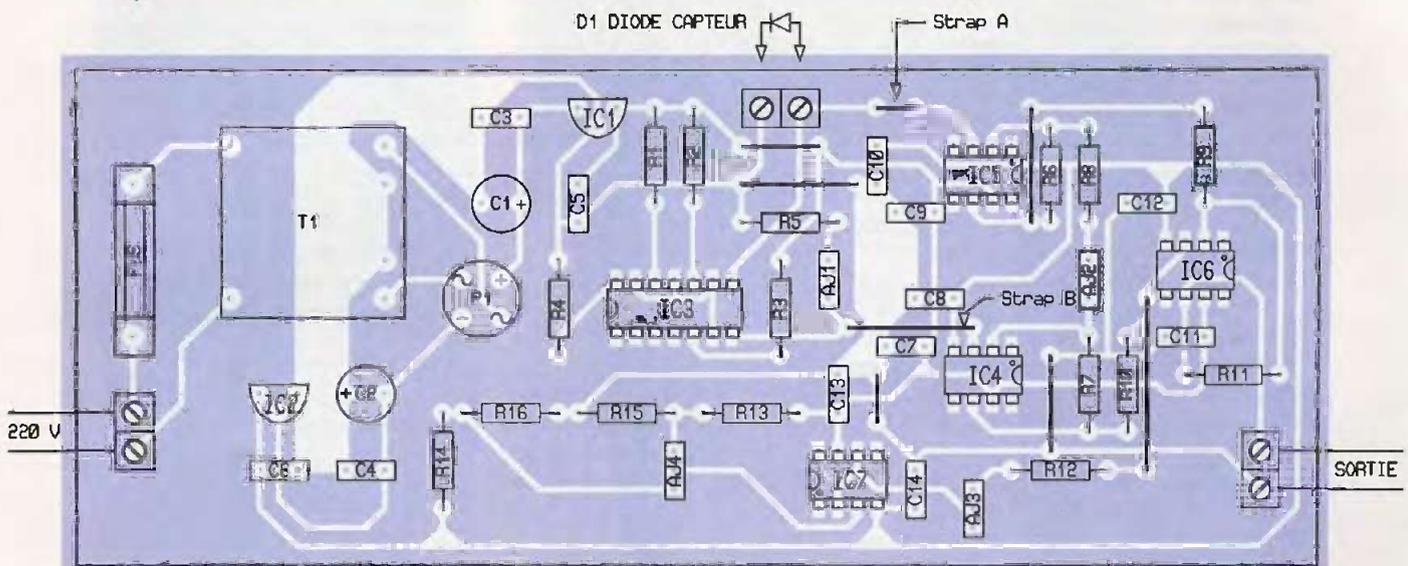


7

TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

8

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.



l'a fait l'auteur, trier ces composants dans un lot de résistances à 5%. IC<sub>7</sub> permet d'annuler la tension de décalage de l'amplificateur différentiel et permet également d'ajuster au mieux le TRMC de l'ensemble.

#### Alimentation (figure 4)

L'énergie nécessaire à la maquette est fournie par le secteur 220V par l'intermédiaire d'un transformateur qui délivre sur son enroulement secondaire un potentiel alternatif de 30V RMS. Un pont de diodes redresse les deux alternances tandis que C<sub>1</sub> et C<sub>2</sub> assurent le filtrage de l'ensemble. Les condensateurs C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> évitent toute entrée en oscillations des régulateurs de tension 78L15 et 78L19. A la sortie de IC<sub>1</sub> et IC<sub>2</sub>, on relève respectivement +15V et -15V par rapport au potentiel de référence. Les condensateurs C<sub>7</sub> à C<sub>14</sub> constituent de classiques condensateurs de découplage.

### Réalisation pratique (figures 7 et 8)

La réalisation du circuit imprimé ne pose aucune difficulté particulière. Les moyens habituels de reproduction peuvent être utilisés : éléments de transfert direct ou méthode photographique.

Après la gravure dans un bain de perchlorure de fer, le circuit sera soigneusement rincé puis on vérifiera la continuité des pistes. On procédera alors au perçage des pistes de la plaquette à l'aide de forets de 0,8 à 1,2 mm de diamètre. L'implantation commencera par les straps, sauf ceux notés A et B qui seront installés plus tard, les résistances, les supports de circuit intégré, puis on finira par les condensateurs, les ajustables multitours, les régulateurs, le support de fusible et le transformateur. On veillera à l'orientation correcte des composants polarisés. La diode capteur D<sub>1</sub> sera insérée

dans un cops de stylo. On isolera soigneusement les connexions du composant. La liaison sera assurée par un câble type téléphone dont on utilisera seulement deux conducteurs. De la gaine thermorétractable fixera le câble au corps du crayon.

### La mise au point

#### Relevés des caractéristiques du capteur

Après une ultime vérification, on pourra mettre la maquette sous tension, mais sans insérer encore les circuits intégrés dans les supports. Après chaque essai, il conviendra de couper l'alimentation avant de passer à l'étape suivante. On commence par vérifier la présence des différentes tensions d'alimentation aux broches 7 et 4 des supports des CI TLO71. On met en place le circuit

MPQ2907 puis on connecte la diode D<sub>1</sub>, installée dans son support, au bornier prévu à cet effet.

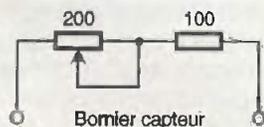
Il s'agit maintenant de relever les caractéristiques de la diode capteur. Pour ce faire, il est très commode de se munir d'un thermomètre numérique. Tout d'abord, on plonge le capteur dans un récipient contenant de la glace fondante et, à l'aide d'un multimètre, on relève la tension présente entre le point A et la masse.

On note soigneusement la valeur mesurée. Ensuite, on porte à ébullition une grande casserole pleine d'eau, on y trempe le thermomètre et la diode capteur, on relève la température de l'eau (proche de 100°C) et de nouveau la tension entre le point A et la masse. Le tout sera soigneusement noté. Si, d'aventure, vous deviez changer de diode, toute la procédure est à reprendre. Chaque diode possède des caractéristiques électriques propres.

### Étalonnage de l'amplificateur différentiel

On débranche la diode du bornier et on ôte IC<sub>3</sub> de son support. On soude alors les straps A et B uniquement du côté du CI IC<sub>5</sub> et IC<sub>4</sub>, les deux extrémités libres sont reliées ensemble. On installe IC<sub>4</sub> à IC<sub>7</sub> sur leurs supports respectifs et on connecte un multimètre au bornier de sortie. On agit alors sur l'ajustable Aj<sub>3</sub> de manière à obtenir la tension, en valeur absolue, la plus faible possible. Les deux extrémités des straps sont ensuite reliées à la masse.

On règle Aj<sub>4</sub> de façon à obtenir à la sortie, la tension la proche possible de zéro. On renouvelle au besoin les deux réglages puis on soude définitivement les straps A et B sur le circuit imprimé. On installe de nouveau IC<sub>3</sub> sur son support, puis on connecte un potentiomètre de 200 Ω câblé en résistance variable en série avec une résistance de 100 Ω. On branche l'ensemble au bornier dédié au capteur (figure 9). On ajuste le potentiomètre de manière à obtenir au point A du schéma de principe, la tension relevée aux bornes de la diode lorsque cel-



9

ÉTALONNAGE.

le-ci était dans une ambiance de 0°C (glace fondante). De la même manière, on règle Aj<sub>1</sub> afin d'obtenir au point B la tension aux bornes de D<sub>1</sub> lorsque celle-ci était plongée dans l'eau bouillante.

Il ne reste plus qu'à



GROS PLAN SUR LA SONDÉ.

agir sur Aj<sub>2</sub> afin d'obtenir en sortie la tension image de la température de l'eau chaude dans laquelle était plongée la diode, en n'oubliant pas que la sensibilité de notre thermomètre est de 100 mV/°C. La mise au point étant achevée, la diode capteur pourra être connectée à son bornier.

## Utilisation

Le petit thermomètre permet un bon nombre d'expérimentations intéressantes. Il est possible, par exemple, de calculer la résistance thermique boîtier-dissipateur. La relation est la suivante :

$$R_{th}(b-d) = T^{\circ}b - T^{\circ}d / W_{th}$$

On pourra calculer cette résistance thermique avec le composant mon-

té à sec, puis avec de la graisse silicone, enfin avec une pastille isolante en mica. Les résultats sont éloquentes. On peut également calculer la résistance thermique apparente du dissipateur avec la relation approximative suivante :

$$R_{th}(d-a) = T^{\circ}d - T^{\circ}a / W_{th}$$

On remarquera que plus la puissance dissipée par le composant est élevée plus la résistance thermique appa-

rente du dissipateur diminue.

Relever une température n'est pas aussi aisé

que l'on pourrait le croire.

Il conviendra, tout d'abord, d'assurer un bon contact thermique entre le capteur et le corps dont on veut mesurer la température. A cet effet on enduira la diode de graisse silicone. Le positionnement du capteur a aussi beaucoup d'influence sur la valeur mesurée.

Enfin, nous signalons que les composants de puissance ont souvent une électrode reliée au boîtier et, de ce fait, ces derniers peuvent être portés à des potentiels élevés. La plus grande prudence s'impose donc lors de la mesure.

TH. PLOU

### Nomenclature

R<sub>1</sub> à R<sub>3</sub>, R<sub>5</sub> : 100 Ω  
(marron, noir, marron)  
R<sub>4</sub>, R<sub>15</sub>, R<sub>16</sub> : 4,7 kΩ  
(jaune, violet, rouge)  
R<sub>6</sub>, R<sub>7</sub> : 12 kΩ (voir texte)  
(marron, rouge, orange)  
R<sub>8</sub> : 330 Ω  
(orange, orange, marron)  
R<sub>9</sub> à R<sub>11</sub> : 220 kΩ (voir texte)  
(rouge, rouge, jaune)  
R<sub>12</sub> : 150 kΩ  
(marron, vert, jaune)  
R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> : 100 kΩ  
(marron, noir, jaune)  
Aj<sub>1</sub> : ajustable multitours  
220 Ω  
Aj<sub>2</sub> : ajustable multitours  
470 Ω

Aj<sub>3</sub>, Aj<sub>4</sub> : ajustable multitours 100 kΩ  
C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> : 220 μF/25V chimique  
C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub> : 330 nF milfeuillet  
C<sub>5</sub>, C<sub>6</sub> : 1 μF milfeuillet  
C<sub>7</sub> à C<sub>14</sub> : 100 nF céramique  
D<sub>1</sub> : 1N4148 (voir texte)  
P<sub>1</sub> : pont de diodes moulé 1,5A/600V  
IC<sub>1</sub> : 78L05  
IC<sub>2</sub> : 79L05  
IC<sub>3</sub> : MPQ2907 (SELECTRONIC)  
IC<sub>4</sub> à IC<sub>7</sub> : TLO71  
4 supports tulipe 8 broches  
1 support tulipe 14 broches  
1 porte fusible pour CI 5x20  
1 fusible 50 mA temporisé  
3 borniers 2 plots pour CI

# ALIMENTATION POUR RÉSEAU FERROVIAIRE À COMMANDE UNIQUE

L'électronique appliquée au modélisme ferroviaire doit suivre certaines règles : un coût réduit, une simplicité de mise en œuvre et une relative standardisation du matériel (tensions, intensités, polarités, protections). L'alimentation décrite dans cet article répond à ces exigences tout en présentant de nombreux avantages. Un seul potentiomètre permet de passer, en douceur, de la marche avant en pleine vitesse à la marche arrière, même en manipulant brutalement le bouton. Les accélérations et les freinages sont réglables au moyen d'un simple potentiomètre en face avant. Il est possible de prévoir une vitesse max. en marche arrière plus réduite qu'en marche avant. Elle est protégée contre les courts-circuits accidentels, comme il s'en produit immanquablement sur un réseau ferroviaire.

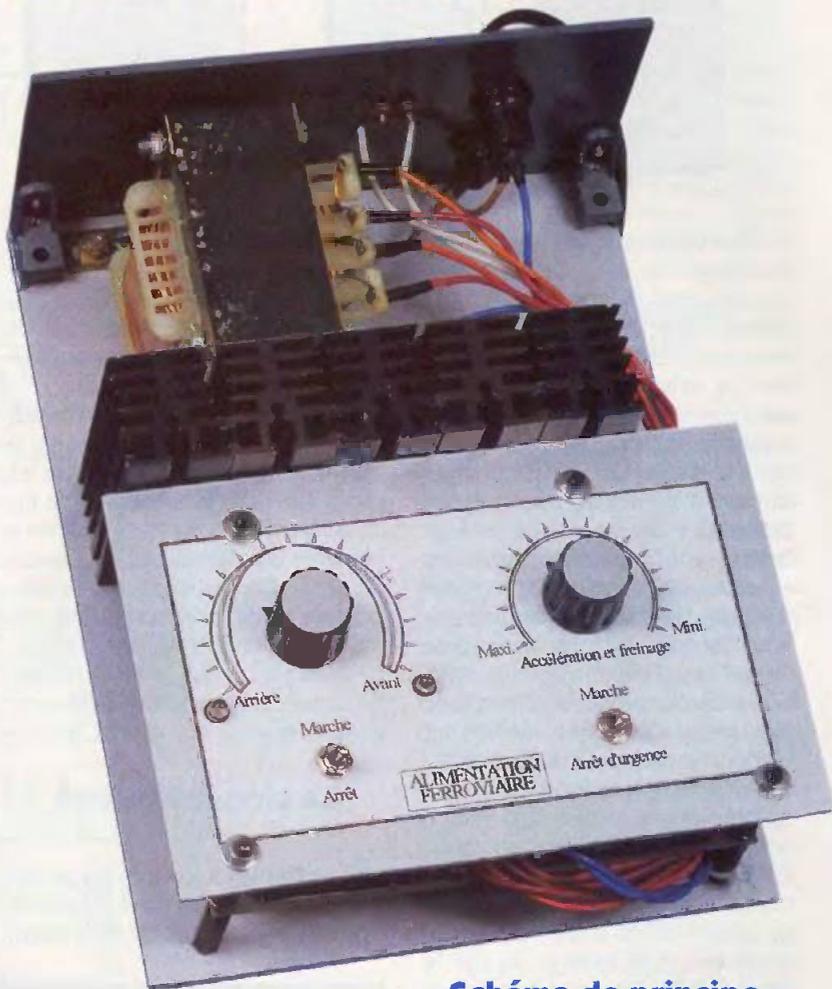


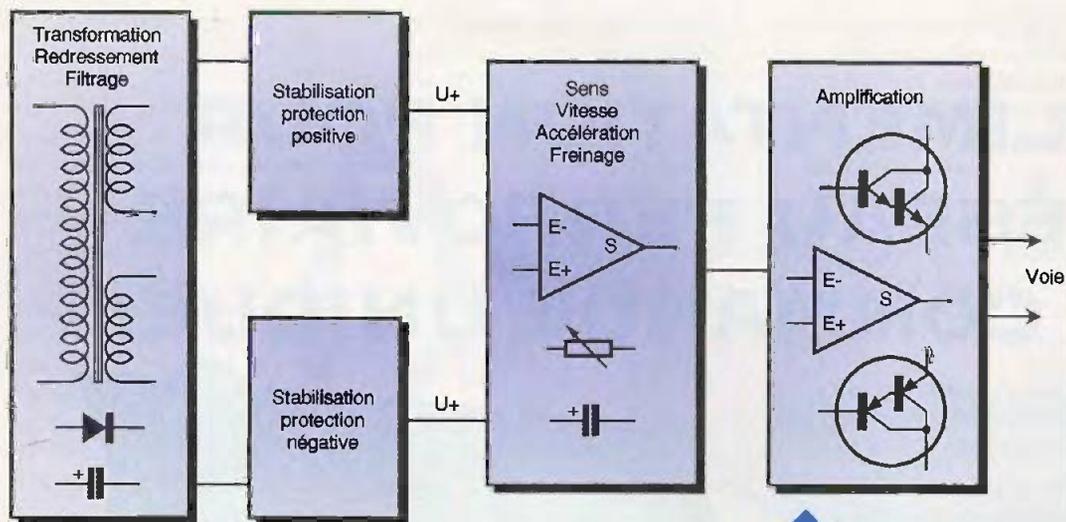
Schéma de principe

## Synoptique

La figure 1 présente les 5 grandes parties de ce montage :

- La première est chargée de la réduction de la tension du secteur en 2 tensions continues, filtrées de 26V chacune,
- Les deux étages suivants protègent et stabilisent les deux tensions, positive et négative, à 17V environ,
- Viennent ensuite les commandes, c'est le rôle de la partie suivante qui sélectionne le sens, la vitesse, l'accélération, et le freinage du train,
- Le dernier bloc renferme l'amplification en tension et en courant nécessaire au bon fonctionnement des moteurs de locomotives.

Il est donné à la figure 2. Le transformateur délivre 2 tensions de 18V et 2 ampères chacune; elles sont redressées par les 4 diodes  $D_1$  à  $D_4$  pour donner naissance à deux tensions continues symétriques. Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  évitent les perturbations dues aux fréquences élevées, alors que  $C_3$  et  $C_4$  filtrent efficacement les ronflements du secteur. Les deux régulateurs ajustables  $Cl_1$  et  $Cl_2$  ont un double rôle : ils stabilisent les tensions à une valeur correcte pour le reste du circuit et protègent le montage contre les courts-circuits. Les résistances  $R_1$  et  $R_2$  fixent la tension de référence de chaque régulateur;  $R_3$  et  $R_4$  déterminent les deux tensions symétriques à + et -17V environ.  $C_5$  et  $C_6$  effectuent



## 1 SYNOPTIQUE.

un dernier filtrage. Les diodes  $D_5$  et  $D_6$  protègent  $Cl_1$  et  $Cl_2$  contre les tensions inverses provoquées par des charges capacitives.

Nous avons ensuite affaire à un diviseur de tension un peu particulier. Les résistances  $R_5$  et  $R_6$  font chuter les tensions pour obtenir deux potentiels de référence symétriques par rapport à la masse, fixés par les diodes  $D_7$  et  $D_8$ . Les résistances  $R_7$  et  $R_8$  servent de butées aux ajustables  $AJ_1$  et  $AJ_2$  qui permettent le réglage du neutre (train à l'arrêt) et éventuellement le maximum des tensions de sorties. Le potentiomètre  $P_1$  permet, à lui seul, de choisir la vitesse et le sens du convoi selon sa position par rapport au neutre. L'information est transmise à l'entrée non-inverseuse du premier amplificateur opérationnel (AOP) monté en comparateur. La sortie de  $Cl_3$  charge, ou décharge, à travers  $R_{11}$  et  $P_2$  les condensateurs  $C_7$  et  $C_8$  connectés entre l'entrée inverseuse et la masse.  $P_2$  est le deuxième organe de commande, il règle le freinage et l'accélération des trains.  $C_7$  et  $C_8$  remplacent, par leur montage, un condensateur non polarisé puisque la tension de sortie de l'AOP peut être positive ou négative. L'interrupteur AU est l'arrêt d'urgence : il décharge rapidement  $C_7$  et  $C_8$  à travers la résistance  $R_9$ .

Le signal de commande est transmis par la résistance  $R_{10}$  à l'entrée non-inverseuse du deuxième AOP monté en amplificateur. Son gain est déterminé par  $R_{12}$ ,  $R_{15}$  et l'ajustable  $AJ_3$ . La sortie de  $Cl_4$  attaque les deux transistors de puissance Darlington par les résistances de base  $R_{13}$  et  $R_{14}$ . Le condensateur  $C_9$  empêche le circuit d'osciller. Le transistor  $T_1$  est proportionnellement passant si la sortie de

$Cl_4$  est positive ; quand elle est négative, c'est au tour de  $T_2$ , mais jamais les deux ensembles. Les diodes  $D_9$  et  $D_{10}$  protègent  $T_1$  et  $T_2$  des tensions inverses issues de charges capacitives par exemple.

Les sorties vers la voie sont prélevées sur les émetteurs de  $T_1$  et  $T_2$  et sur la masse. Les LED  $L_1$ ,  $L_2$  ainsi que les diodes  $D_{11}$ ,  $D_{12}$  et la résistance  $R_{16}$  constituent les voyants de fonctionnement : une des deux LED s'allume proportionnellement à la vitesse du train et en fonction du sens de marche. Le condensateur  $C_{10}$  absorbe quelque peu les parasites que les moteurs de locomotives peuvent engendrer.

## Le circuit imprimé

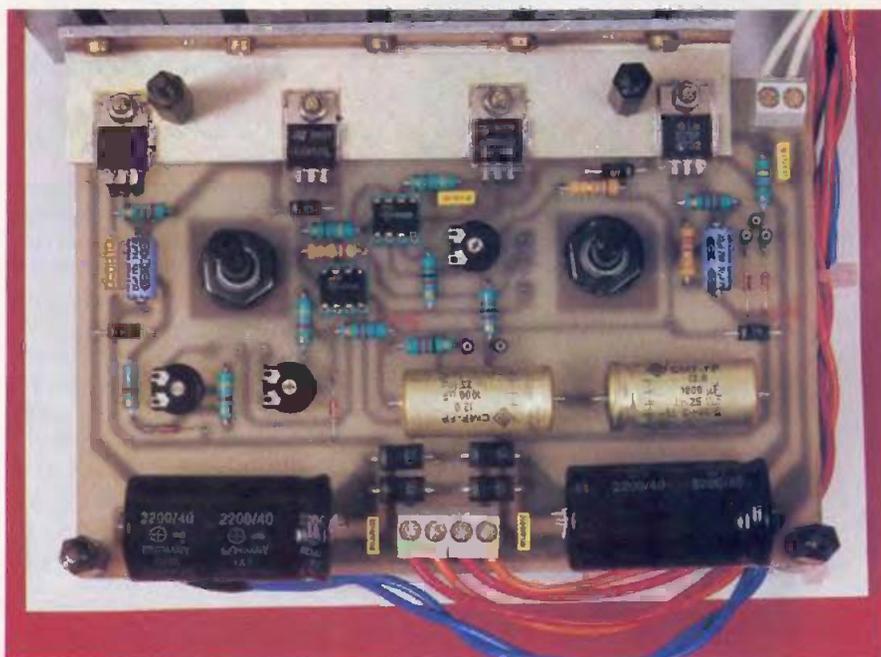
Voir la **figure 3** pour le tracé des pistes du circuit imprimé. Certaines pistes peuvent véhiculer un courant

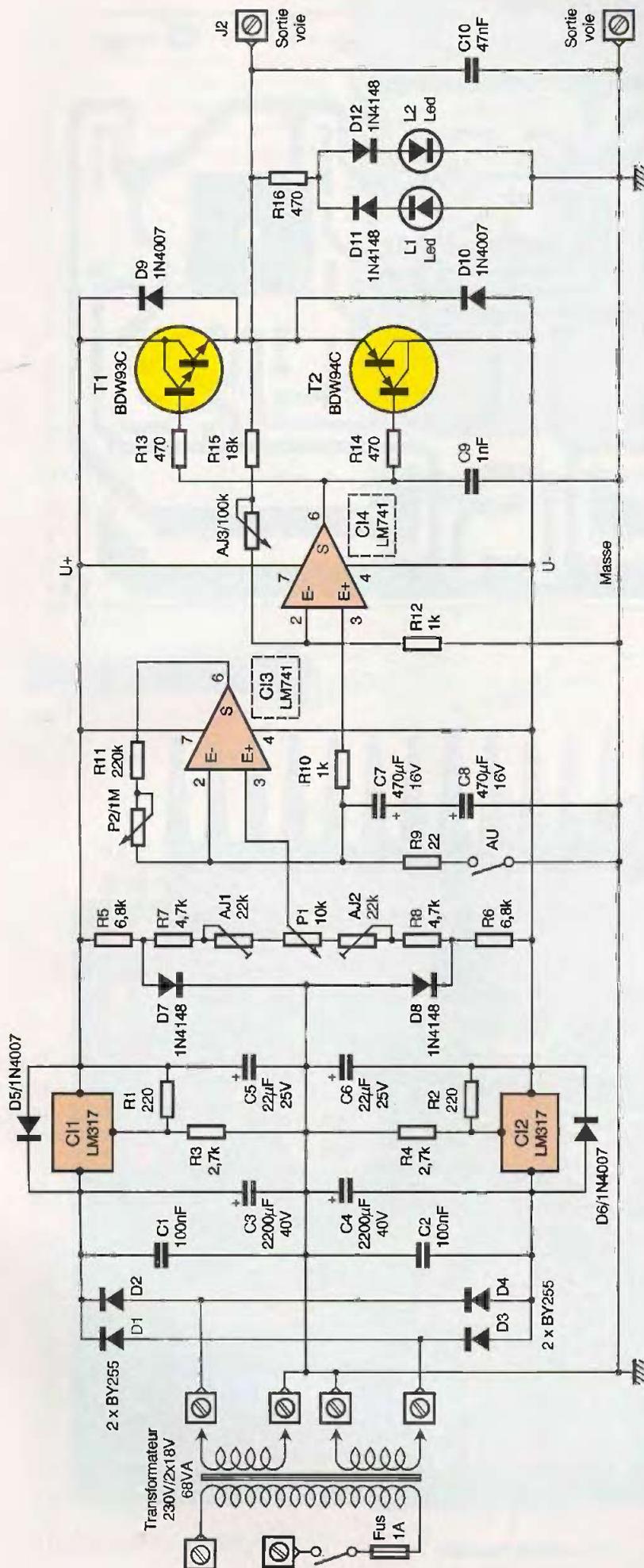
de 1,5A, il est donc recommandé de ne pas réduire leur section. Il est même conseillé de reproduire le tracé de la revue qui limite dans une large mesure les câblages externes. Il faut veiller à respecter les diamètres de perçage pour la mise en place des composants selon vos approvisionnements. Avant de passer à l'étape suivante, débarrassez votre circuit de sa résine photo avec un solvant (acétone par exemple) et vérifiez une première fois qu'il est exempt d'anomalie.

## Implantation des composants

La **figure 4** vous en donne le plan et la **figure 5** le brochage des circuits intégrés et des transistors. Soudez les composants avec ordre, en pensant que certains d'entre eux ont un

## ASPECT DE LA CARTE.





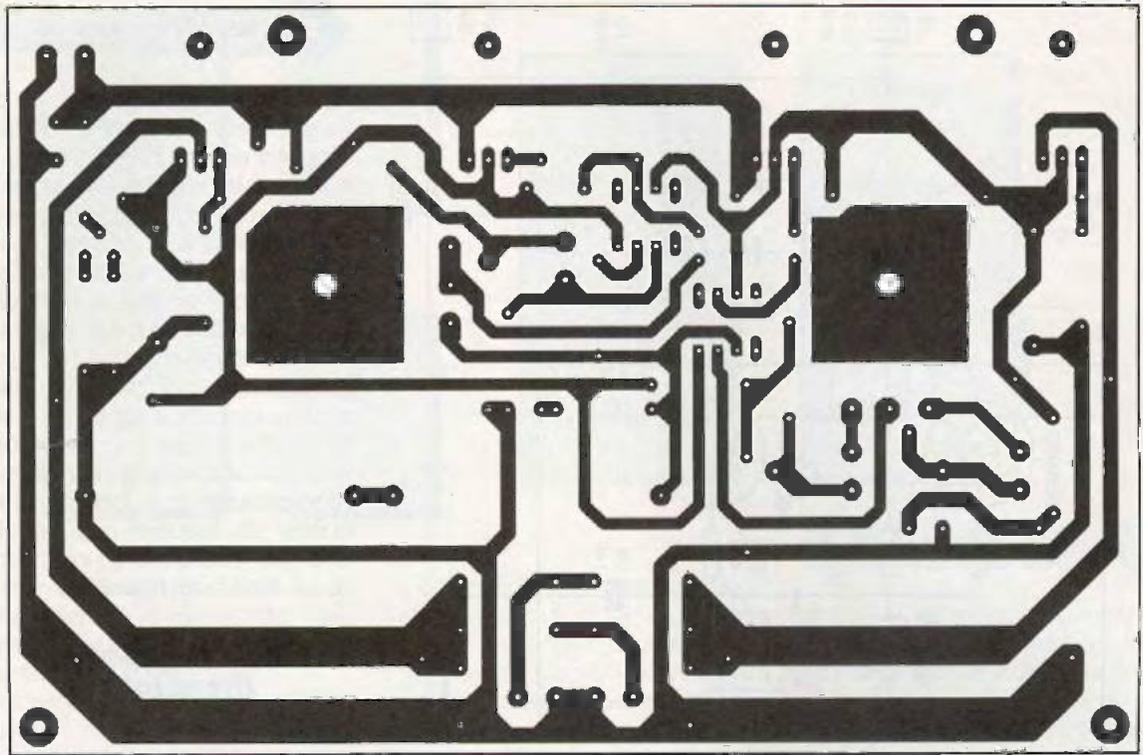
sens de montage. Commencez par les plus petits : résistances, diodes, supports de circuits intégrés. Poursuivez par les ajustables, les borniers et les petits condensateurs. Passez au montage, puis au soudage des régulateurs et des transistors. Attention! Ces composants doivent être isolés électriquement de leur équerre dissipatrice au moyen de rondelles épaulées en plastique, et de plaques de mica enduites de graisse de silicone sur les deux faces. Terminez l'implantation par les gros condensateurs et la fixation du radiateur sur l'équerre enduite, elle aussi, de graisse thermo-conductrice sur cette face (figure 6).

### Les dissipateurs thermiques

On utilise sur la maquette un radiateur confectionné à base de 3 radiateurs du commerce débarrassés de leur partie centrale. Il est évident qu'un dissipateur adapté en forme de râtelier ferait mieux l'affaire. Il est aussi possible de visser directement les composants, munis de leurs accessoires isolants, sur le fond d'un boîtier en aluminium à condition que celui-ci soit suffisamment épais (3 à 5 mm). L'essentiel est de garder à l'esprit qu'en cas de court-circuit prolongé sur la voie, l'échauffement est assez important.

### Mise en service et réglages

Vous voilà arrivés au terme de cette réalisation, mais ne négligez pas le contrôle minutieux des pistes du circuit imprimé, à la loupe s'il le faut! N'oubliez pas qu'un court-circuit entre deux bandes de cuivre peut faire passer un transistor ou un circuit intégré de vie à trépas. Contrôlez une dernière fois le sens des composants polarisés : diodes, circuits intégrés, condensateurs chimiques. Si votre travail ne présente pas de défauts, réglez les trois ajustables à mi-course,  $P_1$  au centre et  $P_2$  en butée dans le sens horaire. Mettez le montage sous tension à vide avec, si possible, un voltmètre sur les fils de sortie; La tension doit avoisiner 0V. Positionnez  $P_1$  en butée dans n'importe quel sens et tournez doucement  $AJ_3$  pour obtenir 12 à 13V en sortie. Vous pouvez ajuster un peu  $AJ_1$  et  $AJ_2$  si la tension reste en des-

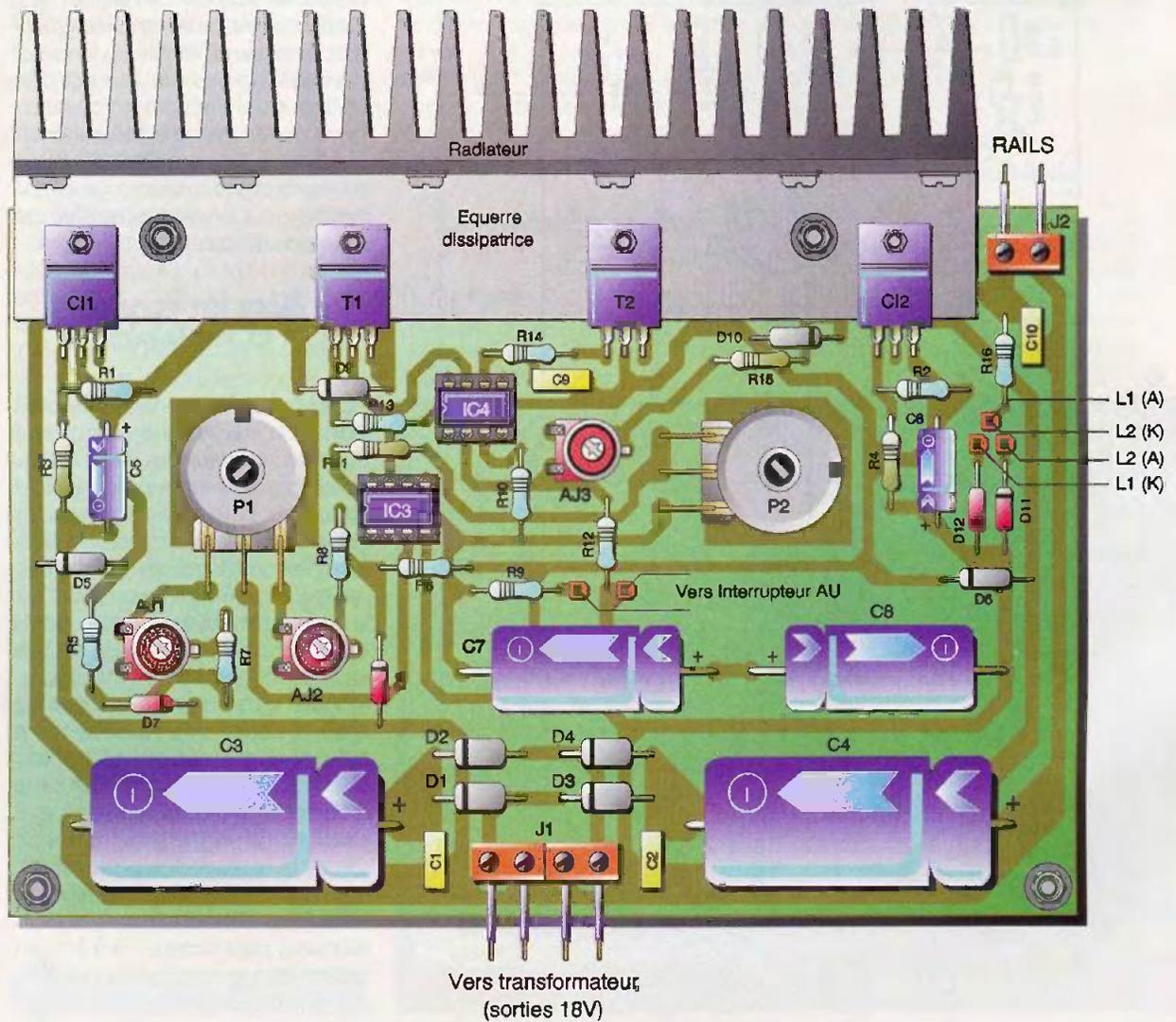


3

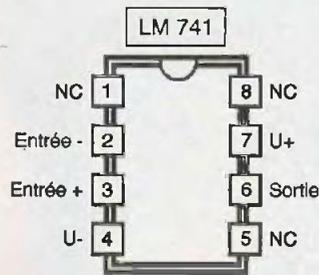
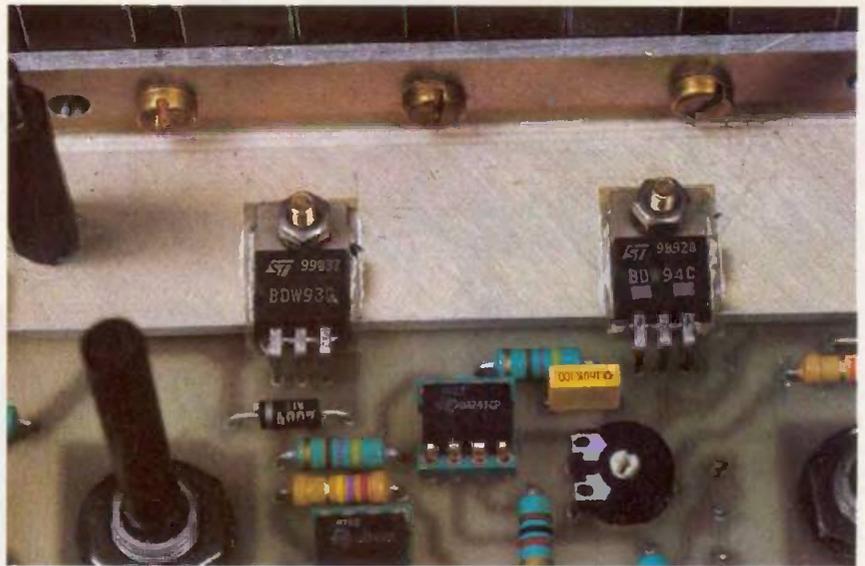
TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.

4

IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.



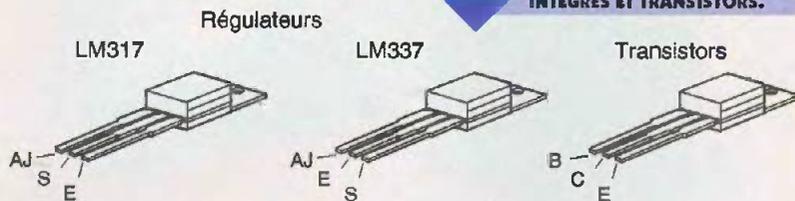
sous.  $AJ_1$  et  $AJ_2$  servent à régler le neutre au centre de  $P_1$ . En exagérant la rotation des ajustables, on peut limiter un sens de fonctionnement, voire l'annuler au besoin.  $P_2$  permet de programmer l'efficacité des freins et la progression de l'accélération. Sachez que, même réglée en position mini, l'inversion du sens de marche garde une certaine inertie. Les personnes ne disposant pas d'appareil de mesures peuvent s'aider de l'éclairage des LED  $L_1$  et  $L_2$ .



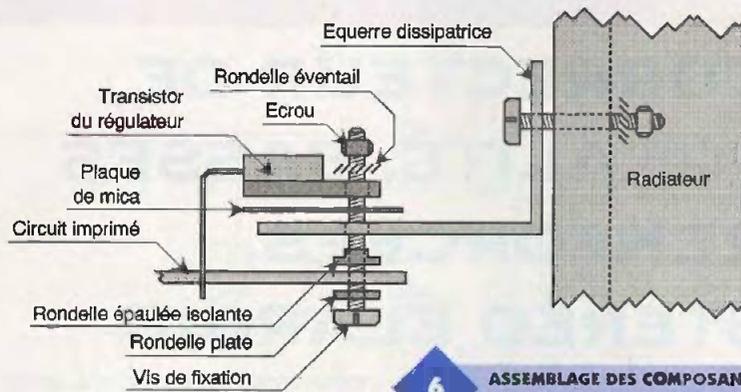
**4** MISE EN PLACE DES TRANSISTORS DE PUISSANCE.

**5** BROCHAGE DES CIRCUITS INTÉGRÉS ET TRANSISTORS.

En position centrale de  $P_1$ , elles doivent être toutes les deux éteintes. Leur intensité lumineuse donne une indication de la vitesse et la LED allumée indique le sens de fonctionnement.



Y. MERGY



**6** ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS DE PUISSANCE.

**électrochimique, sorties axiales**

- $C_9$  : 1 nF mylar
- $C_{10}$  : 47 nF mylar
- $D_1$  à  $D_4$  : BY255
- $D_5, D_6, D_9, D_{10}$  : 1N4007
- $D_7, D_8, D_{11}, D_{12}$  : 1N4148
- $L_1, L_2$  : LED 5 mm
- $CI_1$  : Régulateur ajustable positif LM317
- $CI_2$  : Régulateur ajustable négatif LM337
- $CI_3, CI_4$  : LM 741
- $T_1$  : BDW93C ou BDX33C ou TIP142
- $T_2$  : BDW94C ou BDX34C ou TIP147
- 1 transformateur 230V/2x18V/68VA
- 1 porte fusibles à visser pour boîtier
- 1 fusible en verre 5x20 mm 1A
- 1 équerre dissipatrice (voir texte)
- 3 radiateurs 28x75 de 100 mm de long (voir texte)
- 4 rondelles épaulées isolantes
- 4 micras + pâte thermoc conductrice
- visserie de 3 et 4 mm
- 1 bornier à 2 broches (pas de 5,08)
- 1 bornier à 4 broches (pas de 5,08)

**Nomenclature**

- $R_1, R_2$  : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)
- $R_3, R_4$  : 2,7 k $\Omega$  (rouge, violet, rouge)
- $R_5, R_6$  : 6,8 k $\Omega$  (bleu, gris, rouge)
- $R_7, R_8$  : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- $R_9$  : 22  $\Omega$  (rouge, rouge, noir)
- $R_{10}, R_{12}$  : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- $R_{11}$  : 270 k $\Omega$  (rouge, violet, jaune)

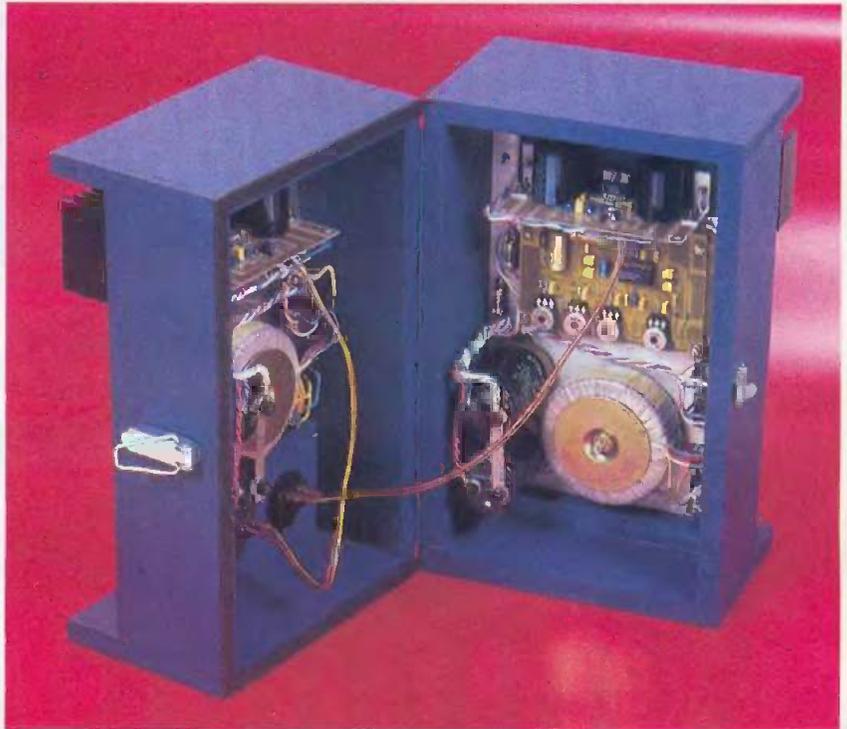
- $R_{13}, R_{14}, R_{16}$  : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)
- $R_{15}$  : 18 k $\Omega$  (marron, gris, orange)
- $P_1$  : potentiomètre 10 k $\Omega$  linéaire
- $P_2$  : potentiomètre 1 M $\Omega$  linéaire
- $AJ_1, AJ_2$  : ajustable 22 k $\Omega$
- $AJ_3$  : ajustable 100 k $\Omega$
- $C_1, C_2$  : 100 nF mylar
- $C_3, C_4$  : 2 200  $\mu$ F/40V électrochimique, sorties axiales
- $C_5, C_6$  : 22  $\mu$ F/25V électrochimique, sorties axiales
- $C_7, C_8$  : 1 000  $\mu$ F/25V



AUDIO

# ENCEINTES ACTIVES MOS-FET 2X70W

Que vous décidiez de faire une fête, une boum, une « Méga-Dance »... ou toute autre manifestation musicale, il vous faudra une sonorisation à la hauteur. Les enceintes actives que nous vous proposons de réaliser relèvent ce défi sans faillir. Elles vous offrent 70 W de puissance efficace (ou 150 W de puissance musicale comme l'appellent souvent « les marchands de watts ») pour une faible distorsion et une large bande passante. De plus, l'emploi d'une technologie moderne a permis la prouesse de tout fabriquer avec seulement 3 circuits intégrés pour une version stéréophonique équipée de son préamplificateur/correcteur et de toutes les protections nécessaires. Pour finir de vous séduire, sachez que leur prix de revient est imbattable, compte tenu de la qualité haute fidélité du produit.



## CORRECTEUR DE TONALITÉ, BASSES RENFORCÉES, STÉRÉO ÉLARGIE

### Constitution générale

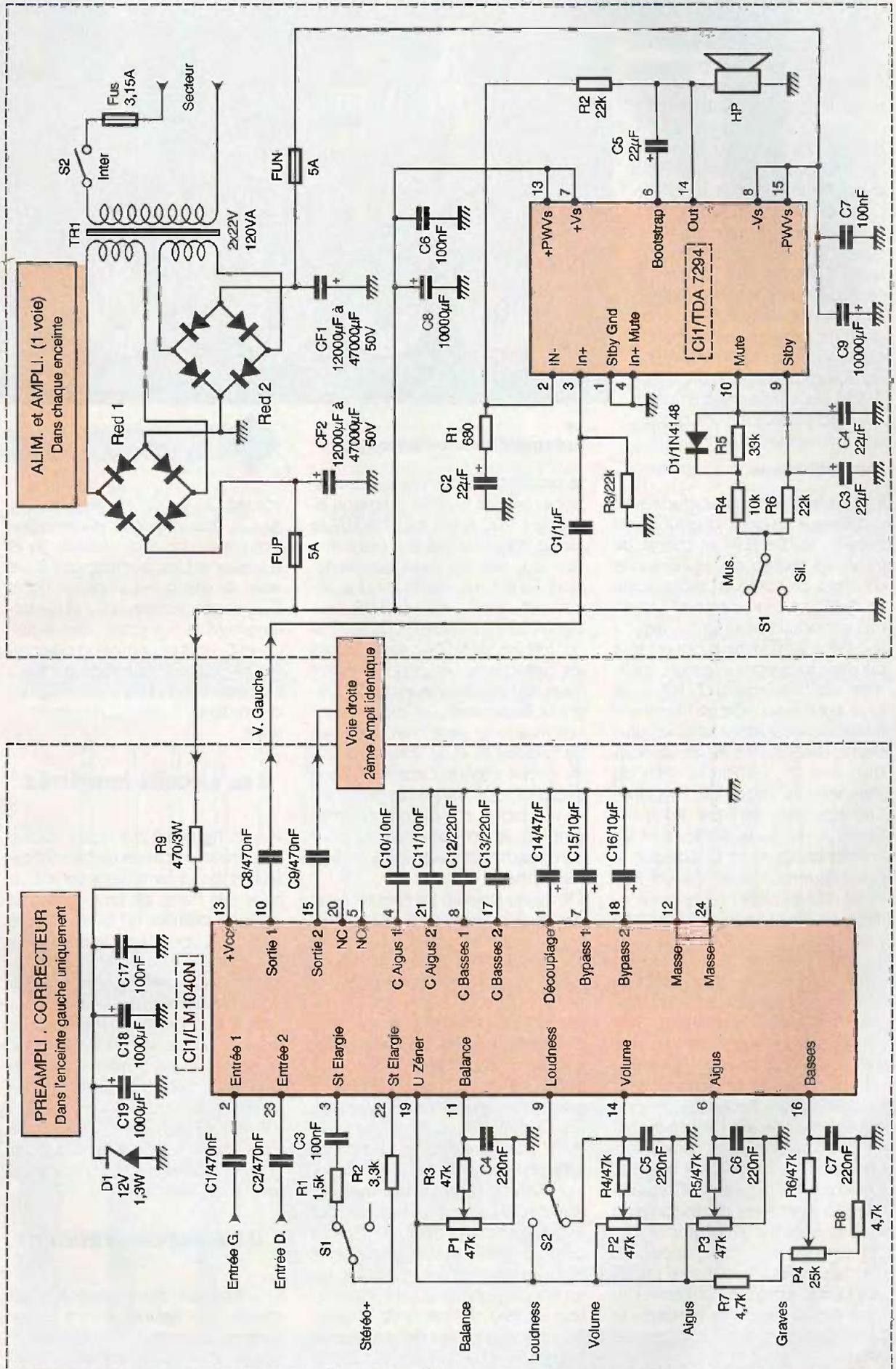
Qui dit enceintes actives, pense évidemment amplificateur interne ; dans notre cas, même le préamplificateur/correcteur est incorporé dans l'enceinte gauche et commande le deuxième amplificateur intégré dans l'enceinte droite. Les réglages de tonalité, optimisés pour obtenir des basses renforcées, sont très efficaces. Une commutation de « loudness » a été prévue permettant l'écoute d'un son plus chaud à puissance modérée.

Un commutateur de stéréo élargie donne un léger effet de réverbération à la voix en accentuant la séparation des canaux. Le circuit de « Muting-Standby » indispensable à l'esprit du mélomane force le vrai silence. Les amplificateurs sont

pourvus de tous les perfectionnements : temps de montée progressif des tensions évitant les bruits désagréables dans les haut-parleurs à la mise en service, protection contre les courts-circuits en sortie et contre les surchauffes. Ils sont pratiquement indestructibles lors de l'écoute, pour peu que le dissipateur thermique soit de taille suffisante !

### Schéma de principe

Pour plus de clarté, le schéma de la figure 1 ne décrit que l'enceinte comportant le préampli/correcteur. Le schéma de l'autre enceinte est simplifié, il suffit de conserver les parties ampli, alimentation, et de supprimer le reste.

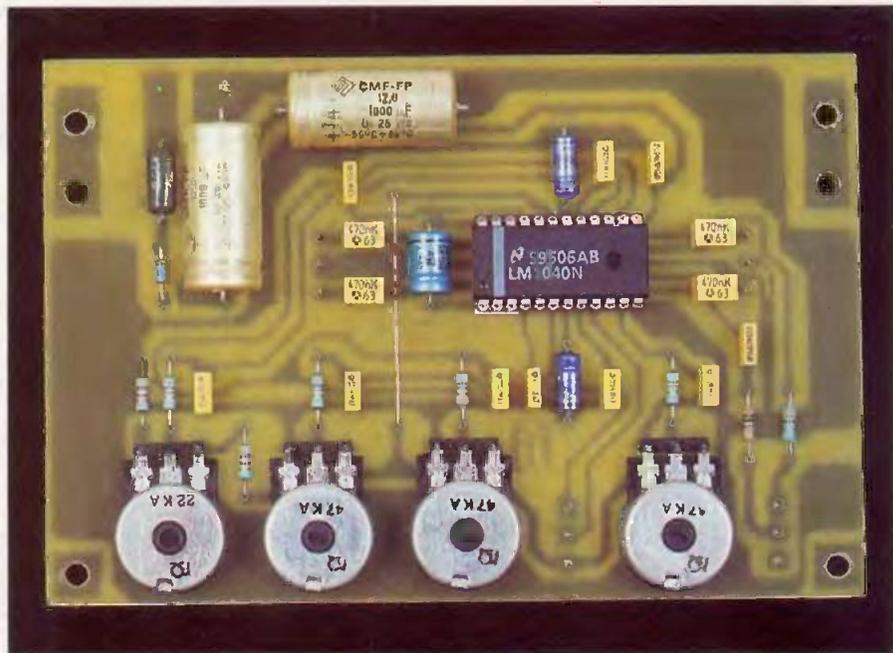


## L'alimentation

Elle a été prévue musclée pour offrir des performances honorables; cependant, il est déconseillé de réduire ses composants afin d'éviter les désagréments du 50 Hz. Le transformateur est un modèle de 120VA/2x22V; ne choisissez pas plus de 2x25V. Nous avons préféré un redressement à double alternance, ce qui explique la présence des deux ponts de diodes RED<sub>1</sub> et RED<sub>2</sub> qui donnent naissance aux deux tensions continues symétriques par rapport à la masse. Les condensateurs CF<sub>1</sub> et CF<sub>2</sub> les filtrent efficacement, n'hésitez pas à les choisir de forte capacité. La valeur de chacune de ces tensions avoisine les 30V en charge et environ 34V à vide. Les fusibles de 5 ampères FUP et FUN effectuent une protection indispensable.

## L'amplificateur

Il a déjà fait l'objet d'une étude avec un montage en pont. Un seul circuit intégré : le TDA7294 se charge de toutes les protections et comporte un étage de sortie en technologie MOS-FET. Le condensateur C<sub>1</sub> transmet la modulation et forme, avec la résistance R<sub>3</sub>, un filtre bloquant tout signal de fréquence inférieure aux limites audibles (environ 17 Hz). C<sub>2</sub> et R<sub>1</sub> jouent aussi un rôle de filtre à une limite de fréquence encore plus basse. La résistance R<sub>2</sub>, en association avec R<sub>1</sub>, définit le gain du TDA7294. Le circuit de « Muting-Standby » est géré par les résistances R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, R<sub>6</sub>, la diode D<sub>1</sub> et les condensateurs C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub>. Lorsque le point commun des résistances R<sub>4</sub> - R<sub>6</sub> est relié au positif par le commutateur S<sub>1</sub>, l'amplificateur se trouve en mode écoute; s'il est commuté à la masse, le silence règne alors en maître! Les condensateurs C<sub>3</sub> et C<sub>4</sub> conditionnent le temps de montée en tension lors de la mise en service, il est possible d'augmenter quelque peu leur valeur pour une progression plus douce. Le condensateur C<sub>6</sub>, destiné au « Bootstrap », ne doit pas être modifié afin de ne pas altérer l'écoute lors des basses fréquences. L'alimentation à base de tensions symétriques évite l'emploi d'un condensateur de liaison trop fragile à cette puissance. Les condensateurs C<sub>8</sub> et C<sub>7</sub> coupent court aux perturbations HF; alors que C<sub>8</sub> et C<sub>9</sub> effectuent un dernier filtrage des tensions d'alimentation le plus près possible du bloc de puissance.



## Le préamplificateur/correcteur

La simplicité prime là aussi. La résistance chutrice R<sub>9</sub> limite la tension issue de + VCC, après le fusible FUP. La diode zéner D<sub>1</sub> stabilise cette tension à + 12V, les deux condensateurs C<sub>18</sub> et C<sub>19</sub> la filtrent et C<sub>17</sub> la découple tout en évitant les perturbations d'ordre HF. Un seul circuit intégré, le LM1040, assure toutes les corrections. Les potentiomètres n'agissent pas directement sur les signaux audio, mais sur des tensions continues qui gèrent les contrôles de fréquences et de volume au sein du circuit intégré. Cette technique présente au moins deux avantages :

- l'utilisation de potentiomètres simples, au lieu de doubles, pour commander les deux voies en stéréophonie,
- les signaux audio ne transitent pas par les organes de commande, ainsi on évite par exemple les crachements désagréables lors du maniement de potentiomètres défectueux.

Les condensateurs de liaison C<sub>1</sub> et C<sub>9</sub> permettent l'entrée des signaux gauche et droit dépourvus d'une éventuelle tension continue. C<sub>8</sub> et C<sub>9</sub> assurent le même rôle en sortie vers les amplificateurs de puissance. L'une des extrémités du potentiomètre est connectée à la tension positive de référence du LM1040 (broche 19) et l'autre à la masse. Sur le curseur, résulte ainsi une tension proportionnelle à sa course destinée à agir, au travers d'une résistance, sur le contrôle approprié. Un condensateur de 220 nF filtre cette tension. Trois circuits opèrent de cette façon, il s'agit de la balance (P<sub>1</sub>, R<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>), du

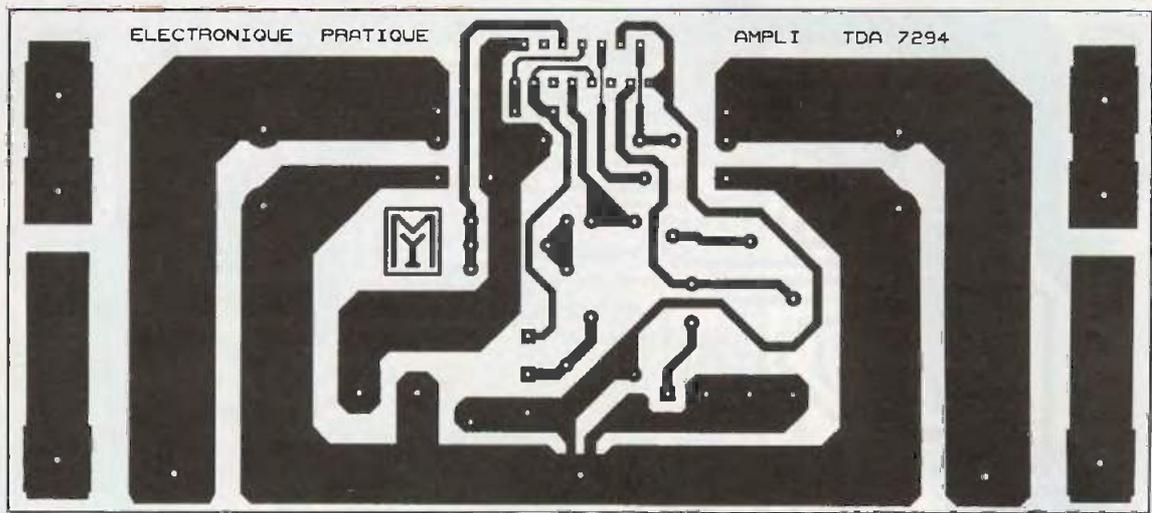
volume (P<sub>2</sub>, R<sub>4</sub>, C<sub>5</sub>) et des aigus (P<sub>3</sub>, R<sub>5</sub>, C<sub>6</sub>). Pour renforcer la correction des graves, deux résistances (R<sub>7</sub> et R<sub>8</sub>) talonnent le potentiomètre P<sub>4</sub>; le reste du circuit est inchangé (R<sub>6</sub> et C<sub>7</sub>). Les condensateurs C<sub>10</sub> et C<sub>11</sub> déterminent la correction des aigus; C<sub>12</sub> et C<sub>13</sub> ont pour mission de corriger et d'accentuer les graves. C<sub>14</sub> à C<sub>16</sub> découplent et filtrent les tensions des broches 1, 7 et 18 du circuit intégré.

## Les circuits imprimés

Voir les figures 2 et 3 pour le dessin des circuits imprimés de l'amplificateur et du préampli/correcteur. Le tracé des pistes est un peu délicat entre les pastilles du circuit intégré TDA7294. Les pistes destinées aux alimentations et à la sortie de puissance sont prévues pour véhiculer de fortes intensités. D'autres, sur l'ampli et le préampli, réalisent des plans de masse. Il convient donc de le reproduire par la méthode photo pour respecter la largeur des bandes cuivrées. Les trous sont percés à 0,8 mm de diamètre puis, agrandis dans de larges proportions pour certains composants afin de permettre leur insertion.

## Réalisation pratique

L'implantation des composants est donnée aux figures 4 et 5. Commencez par mettre en place les 2 straps des ampis réalisés dans du fil



2

**TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ DE L'AMPLIFICATEUR:**

de câblage de forte section (ce sont les deux alimentations du TDA7294); puis celui du préampli en fil plus fin. Soudez les composants par ordre de taille mais, aussi de fragilité. Débutez par les résistances, les diodes, le support 24 broches du LM1040, les condensateurs mylar, les condensateurs chimiques puis, enfin, les potentiomètres et commutateurs. Le circuit

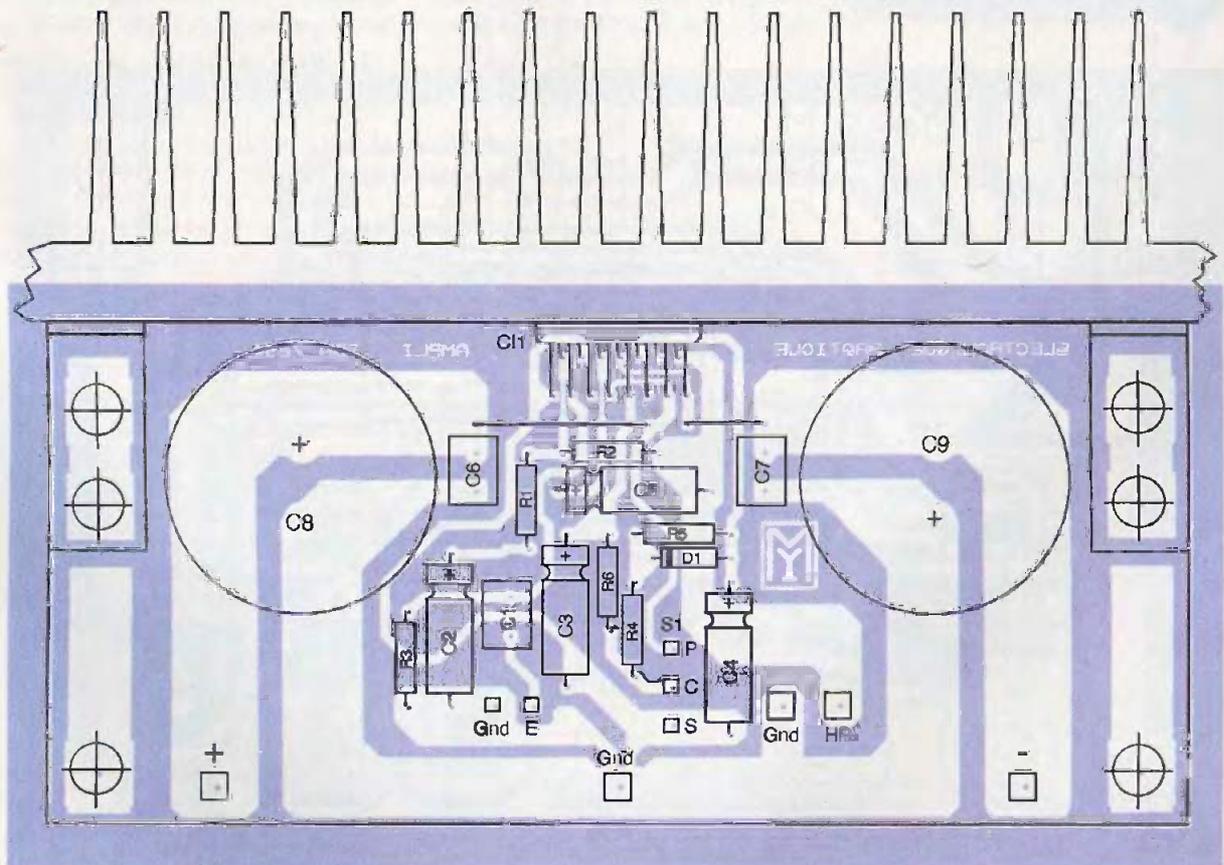
4

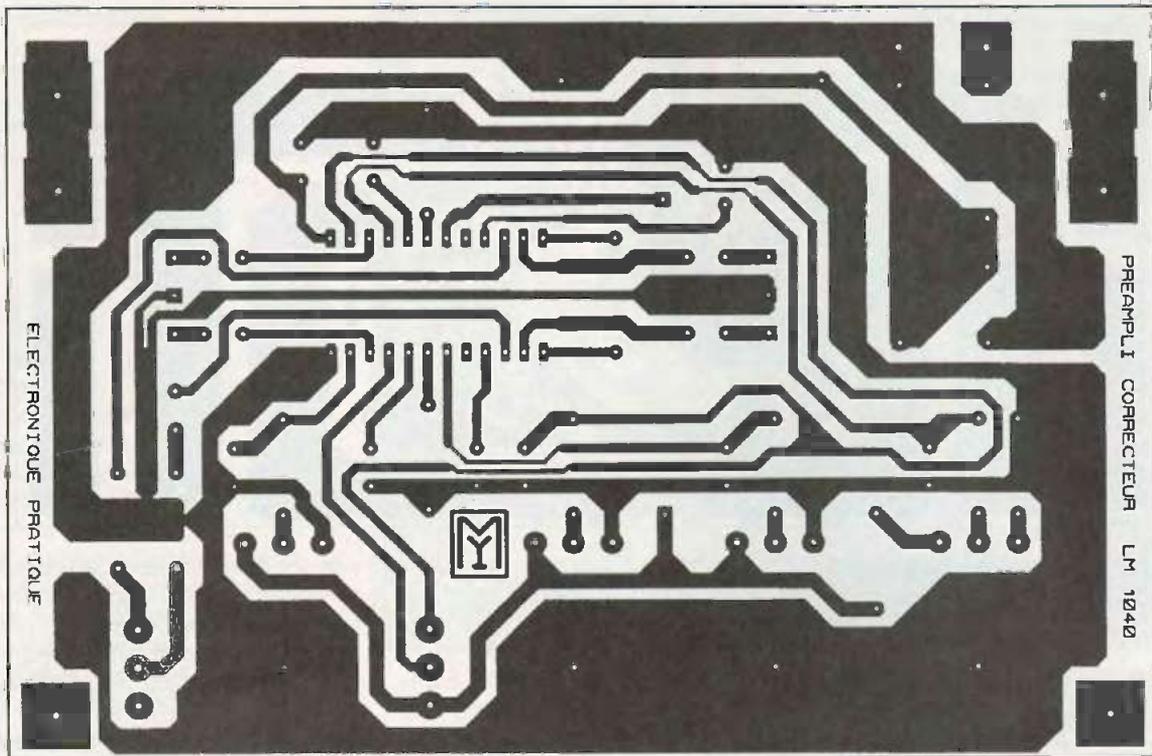
**IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.**

intégré TDA7294 doit impérativement être fixé sur un radiateur capable de dissiper 1 °C/W. Par sécurité pour notre maquette, le choix s'est porté sur un modèle K250 en forme de peigne de 250 mm x 40 mm et de 70 mm de profondeur dissipant 0,9 °C/W. Vous le trouverez, par exemple, chez Saint Quentin Radio à Paris, ou chez Sélectronic, entre autres. Chaque circuit intégré nécessite un montage isolant sur son dissipateur. Il faut savoir que la semelle du TDA7294 est reliée à l'alimentation négative et non à la masse; il est donc impératif de l'isoler électriquement lors de sa fixation.

Il est préférable de le visser sur son radiateur, en suivant les instructions de la **figure 6**, avant l'opération de soudure. Plutôt que les traditionnelles plaques de mica enduites de graisse thermococonductrice, nous vous recommandons les nouvelles feuilles intercalaires thermaphases (à changement de température différentiel) présentant une impédance thermique de 0,03 °C/W contre 0,8 °C/W pour les feuilles de mica.

Certains composants sont polarisés, pour leur survie, il est essentiel de ne pas les inverser. Il s'agit des circuits intégrés, des diodes et des condensateurs électrochimiques.





**3 TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ DU PRÉAMPLI-CORRECTEUR.**

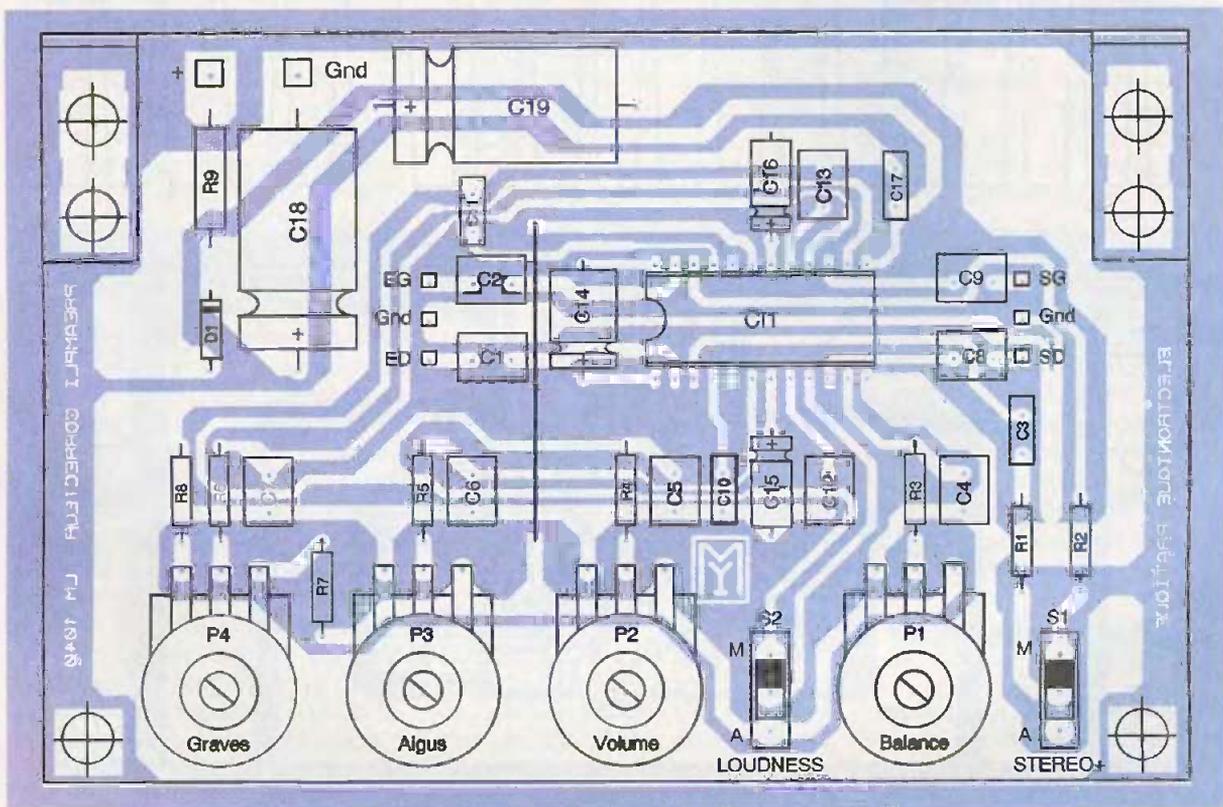
**À propos des haut-parleurs**

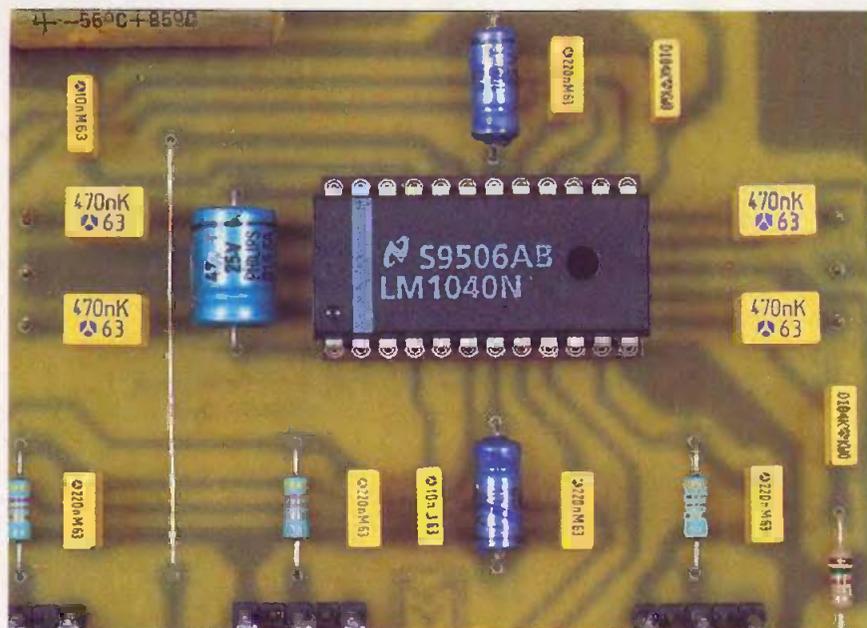
Si vous soignez cette réalisation, sachez que le rendu musical dépend aussi du choix des haut-parleurs et,

**5 IMPLANTATION DES ÉLÉMENTS.**

dans ce domaine, les plus chers ne sont pas forcément ceux qui vous conviendront. Les boomers doivent tenir 100 à 120 W RMS, avoir une pression acoustique de plus de 90 dB, et une bande passante descendant le plus bas possible. Les tweeters dépendent de l'utilisation souhaitée : pour la sono des piézos suffisent; alors qu'en hi-fi c'est votre oreille qui décide! La maquette a été réalisée avec 2 boomers de 4 Ω en

série ayant chacun son tweeter en parallèle. Les amplificateurs sont initialement prévus pour des haut-parleurs de 8 Ω. Rien ne s'oppose à leur raccordement sur des haut-parleurs de 4 Ω, à condition de ne pas employer un transformateur sortant plus de 2 x 22V et, surtout, de choisir des radiateurs suffisants. Pensez aussi que la puissance, donc l'intensité, augmente puisque l'impédance de sor-





### LE CIRCUIT SPÉCIALISÉ.

tie chute; prévoyez des haut-parleurs supportant 100 W vraiment efficaces et soyez modéré sur la commande de volume.

#### L'ébénisterie

Elle est construite en aggloméré de 19 mm d'épaisseur car il est important d'utiliser un bois sans fibres pour éviter que l'enceinte, elle-même, ne vibre. Chacune d'elle a un volume approximatif de 100 litres (67 x 40 x 42). L'amortissement est assuré par de la laine de verre de 25 à 30 mm d'épaisseur en recouvrement des parois internes. Le plan en figure 7 est donné à titre d'information. Un habillage de moquette très fine couleur anthracite et une parure de coins, grilles, événements et poignées de transport donne un fini professionnel à la réalisation.

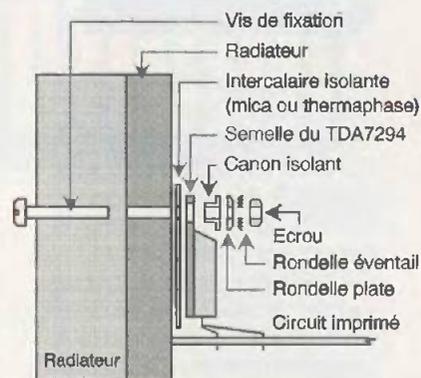
### Le câblage général

Tout d'abord, quelques rappels de base. La qualité d'un amplificateur audio dépend en grande partie de son alimentation; c'est en elle qu'il pourra tirer les pointes de courant indispensables à sa dynamique. C'est elle aussi qui sera source de ronflements si le filtrage s'avérait insuffisant. Le câblage doit être soigné afin d'éviter les bouclages de masse provocateurs de perturbations. Il convient d'adopter un câblage dit en « étoile » avec un seul point de masse commun. Il serait préjudi-

### 7 EXEMPLE D'EBENISTERIE.

ciable de relier mécaniquement les masses des entrées à la face arrière métallique.

Le câblage de l'enceinte gauche diffère de celui de la droite, comme indiqué au début de cet article, l'enceinte gauche renferme en son sein le préamplificateur. Comme votre revue vous en donne toujours plus, il

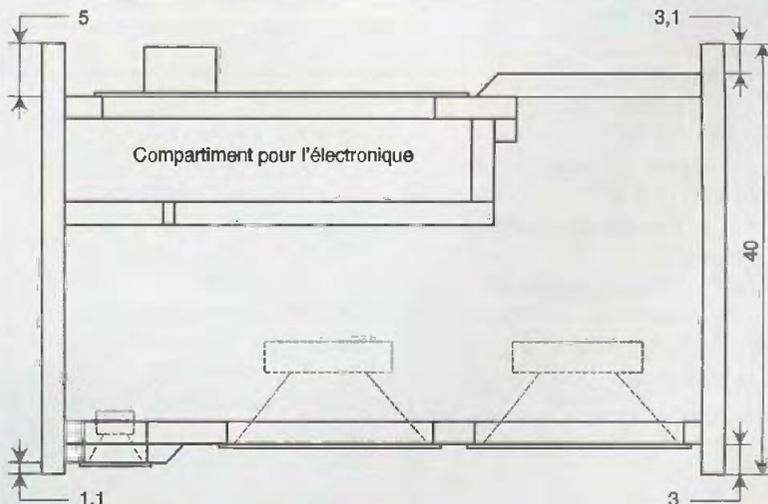
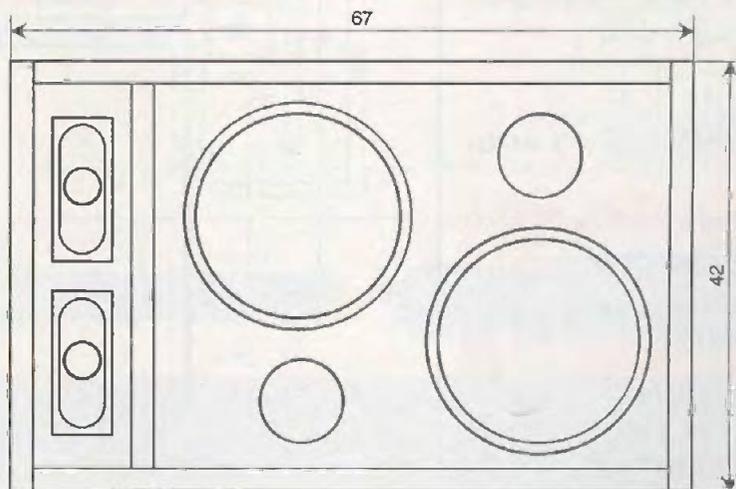


### 6 MONTAGE DU DISSIPATEUR.

suffit de suivre le plan de la figure 8a pour la gauche, et celui de la figure 8b pour la droite.

### Mise en service et utilisation

Après avoir effectué les indispensables vérifications d'usage, en vous aidant éventuellement d'une loupe (sens d'implantation des composants, pistes coupées ou en court-



circuit); vous pouvez mettre vos montages sous tension sans les fusibles FUP et FUN. Vérifiez les tensions par rapport à la masse sur les porte fusibles, vous devez trouver approximativement « + 34V » et « -34V ». Si tout va bien, coupez l'alimentation, déchargez les condensateurs  $CF_1$  et  $CF_2$  au moyen d'une résistance de  $330 \Omega$  à leurs bornes pendant quelques secondes (et surtout pas en les court-circuitant), et remettez les fusibles dans leurs logements.

Raccordez les haut-parleurs, positionnez les commutateurs  $S_1$  des amplificateurs sur la fonction « musique », réglez les potentiomètres en position médiane, réduisez un peu le volume, raccordez une source musicale (platine CD par exemple), et vous devriez être agréablement surpris par le relief musical et le dynamisme du son vous incitant à la danse.

Y. MERGY

**Nomenclature****Préampli/correcteur stéréo****Résistances**

$R_1$  : 1,5 k $\Omega$   
(marron, vert, rouge)

$R_2$  : 3,3 k $\Omega$   
(orange, orange, rouge)

$R_3$  à  $R_6$  : 47 k $\Omega$   
(jaune, violet, orange)

$R_7, R_8$  : 4,7 k $\Omega$   
(jaune, violet, rouge)

$R_9$  : 470  $\Omega$  3 W  
(jaune, violet, marron ou vitrifiée)

$P_1$  à  $P_3$  : Potentiomètres  
47 k $\Omega$  linéaires

$P_4$  : Potentiomètre 22 k à  
25 k $\Omega$  linéaire

**Condensateurs**

$C_1, C_2, C_8, C_9$  : 470 nF

(mylar jaune)

$C_3, C_{17}$  : 100 nF (mylar jaune)

$C_4$  à  $C_7, C_{12}, C_{13}$  : 220 nF

(mylar jaune)

$C_{10}, C_{11}$  : 10 nF (mylar jaune)

$C_{14}$  : 47  $\mu$ F/25V  
(électrochimique à sorties axiales)

$C_{15}, C_{16}$  : 10  $\mu$ F/25V  
(électrochimiques à sorties axiales)

$C_{18}, C_{19}$  : 1 000  $\mu$ F/25V

(électrochimiques à sorties axiales)

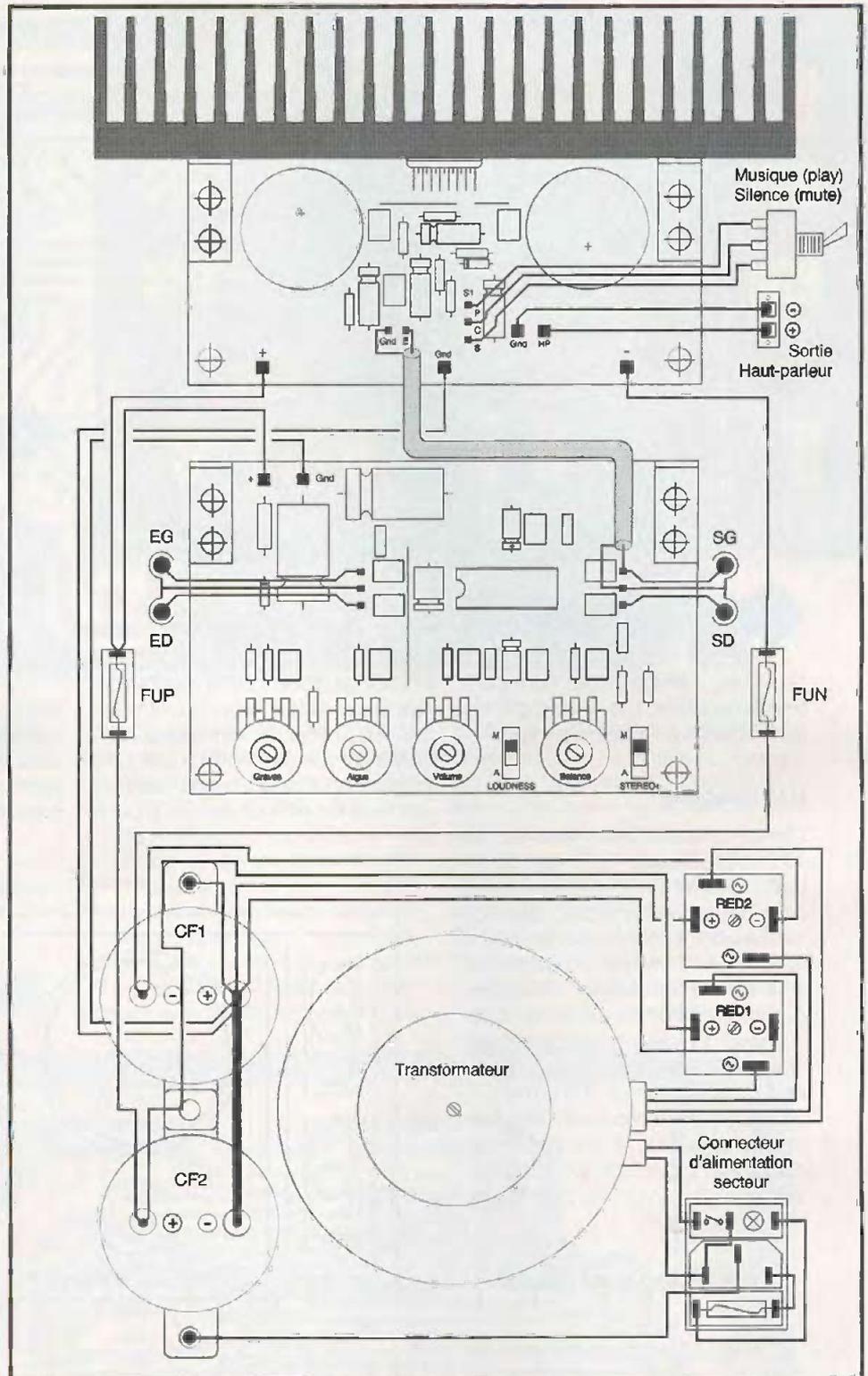
**Semi-conducteurs**

$D_1$  : Diode Zéner 12V 1,3 W  
(BZX 85C 12)

$CI_1$  : LM1040N

**Divers**

$S_1, S_2$  : commutateurs  
1 circuit à 2 positions  
(inverseur)



1 support de circuits  
intégrés à 24 broches  
1 double prise RCA  
isolée pour châssis

**Alimentation et  
amplificateur de  
puissance (pour 1 voie)**

**Résistances**

- R<sub>1</sub> : 680 Ω  
(bleu, gris, marron)
- R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>6</sub> : 22 kΩ  
(rouge, rouge, orange)
- R<sub>4</sub> : 10 kΩ  
(marron, noir, orange)
- R<sub>5</sub> : 33 kΩ  
(orange, orange, orange)

**Condensateurs**

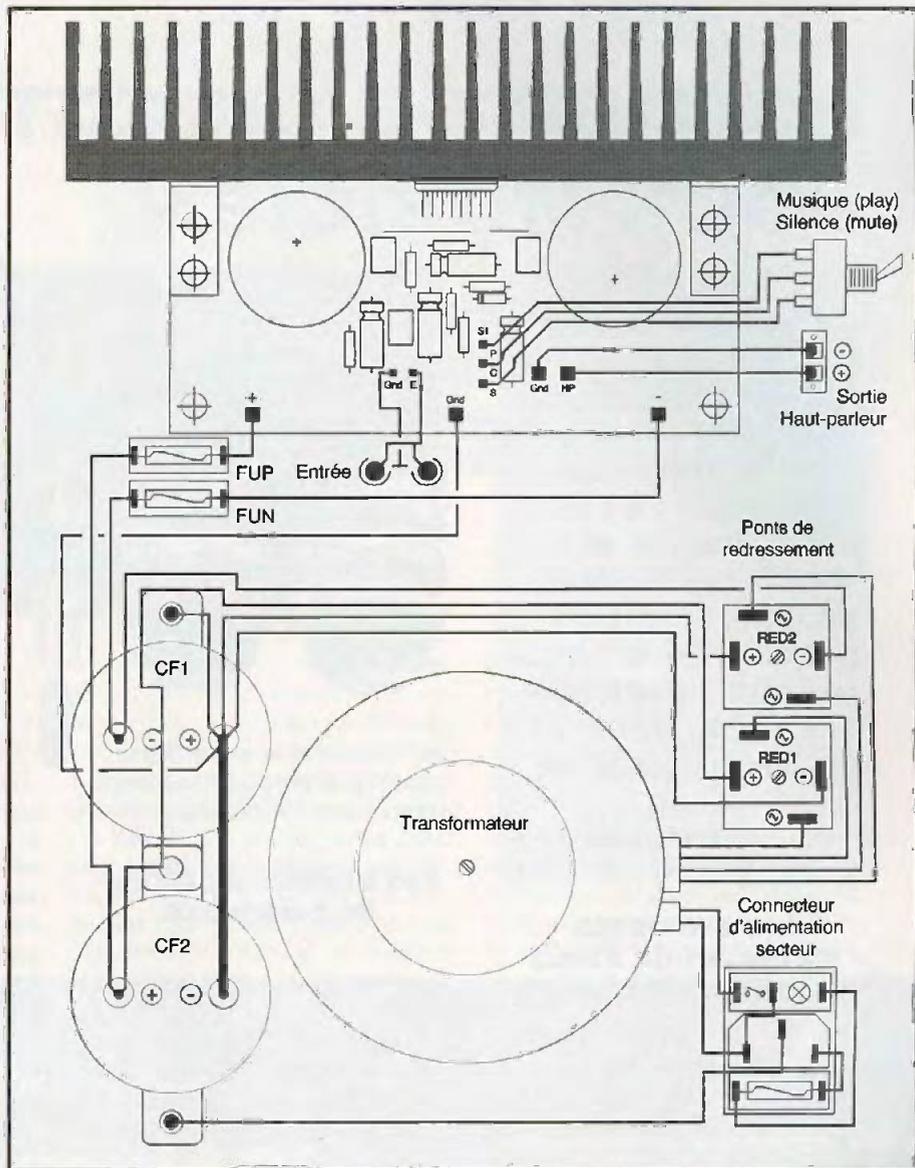
- C<sub>1</sub> : 1 μF non polarisé  
(mylar jaune)
- C<sub>2</sub> à C<sub>5</sub> : 22 μF/40V  
(électrochimiques à  
sorties axiales)
- C<sub>6</sub>, C<sub>7</sub> : 100 nF (mylar  
jaune)
- C<sub>8</sub>, C<sub>9</sub> : 10 000 μF/63V  
(électrochimiques à  
sorties radiales)
- CF<sub>1</sub>, CF<sub>2</sub> : 12000 à  
47000 μF/50V  
(électrochimiques pour  
filtrage)

**Semi-conducteurs**

- D<sub>1</sub> : 1 N 4148
- RED<sub>1</sub>, RED<sub>2</sub> : Ponts de  
redressement 10 à 17A à  
fixer sur châssis
- CI<sub>1</sub> : TDA 7294

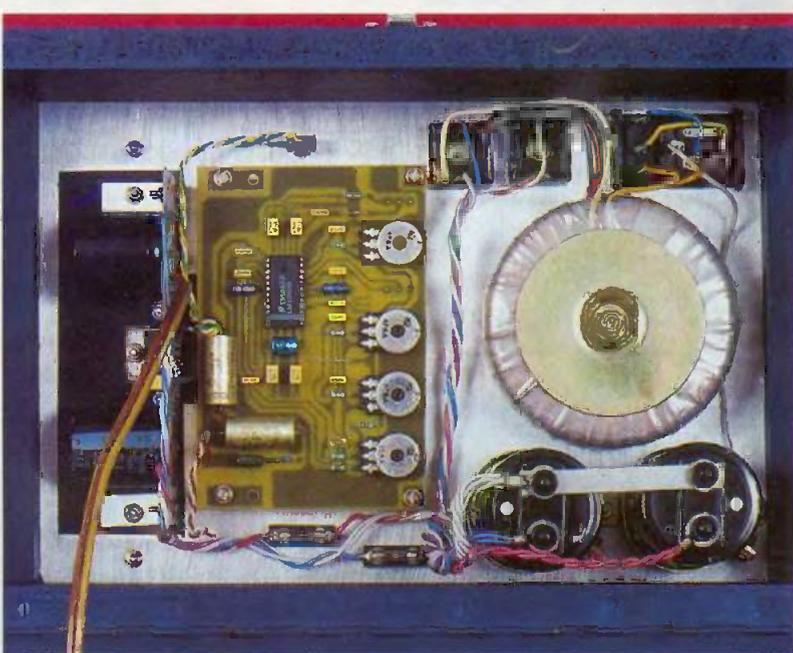
**Divers**

- Transformateur torique  
2x22V (ou 2x25V) 120VA
- Connecteur secteur (porte  
fusible, interrupteur-voiant,  
et prise)
- S<sub>1</sub> : commutateur 1 circuit à  
2 positions (inverseur)
- Visserie de diamètre 3 et  
4 mm
- 2 équerres (pour fixation [e  
l'ampli)
- Radiateur K250 (voir texte)
- Canon isolant en plastique  
(voir texte)
- Intercalaire d'isolation pour  
circuit intégré multiwatt  
(voir texte)
- HP : 8 Ω (ou 4 Ω; voir texte)
- 1 double prise RCA isolée  
pour châssis



**8b** CÂBLAGE DE L'ENCEINTE DROITE.

**AU PREMIER PLAN,  
L'ALIMENTATION AVEC  
SON TRANSFO TORIQUE.**





AUDIO

# BOÎTIER DE DIRECT POUR MUSICIEN

La prise de son d'un instrument de musique peut se faire de deux manières différentes : via un micro disposé devant l'amplificateur de l'instrument ou par connexion directe entre l'instrument et la table de mixage via un boîtier de direct.

## Les avantages du boîtier de direct par rapport au micro

Chaque micro rajouté sur scène est une source supplémentaire de problèmes au niveau des risques d'accrochage (Larsen) entre micros et retours de scène. Le boîtier de direct est moins encombrant qu'un micro

1

SCHÉMA DE PRINCIPE.



sur pied et permet le raccordement d'instruments classiques (guitare) et électroniques (synthétiseur).

Le boîtier de direct actif

## Les boîtiers de direct du commerce

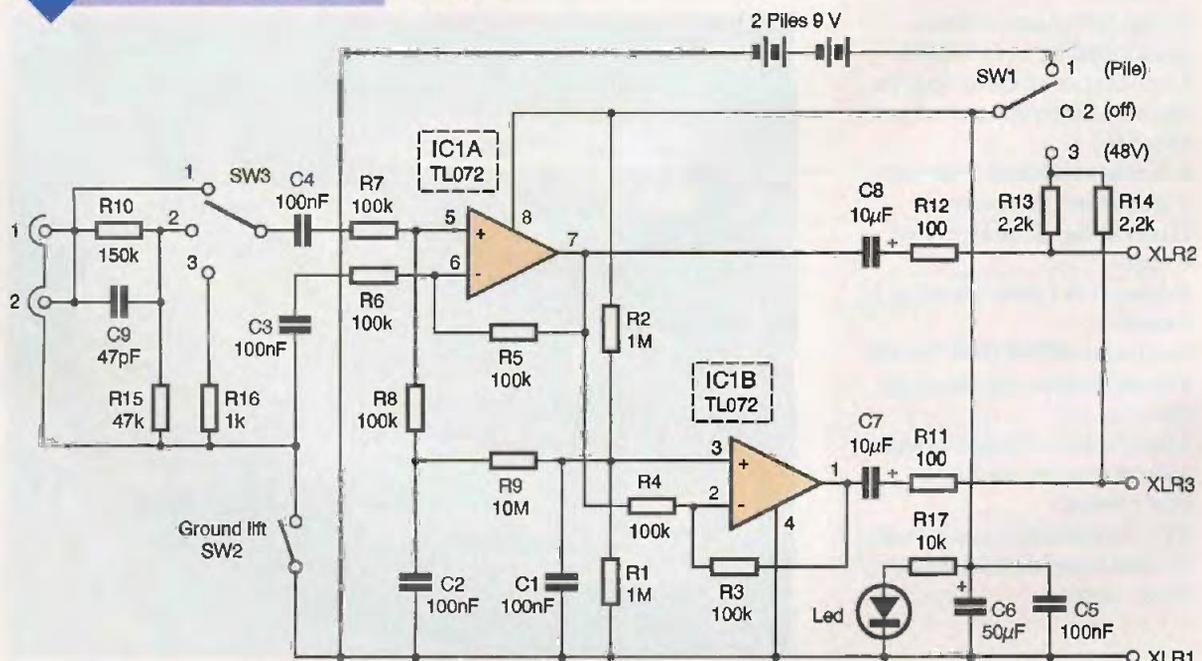
Il en existe deux types : actifs et passifs.

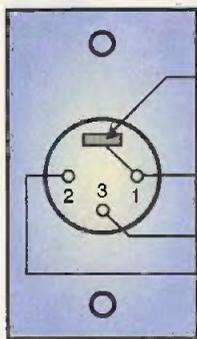
Le boîtier passif est un simple symétriseur de ligne à transformateur, le boîtier actif, objet de cet article, est un préamplificateur symétriseur à circuit intégré.

L'avantage du modèle passif est qu'il ne nécessite aucune alimentation, son inconvénient est que le transformateur intégré limite sa bande passante.

Les consoles de sonorisation fournissent sur les entrées micros une alimentation (dite « fantôme ») destinée à alimenter des micros électrostatiques. La prise XLR Micro fournit quelques milliampères sous 48V ce qui est suffisant pour alimenter un ampli opérationnel, composant actif unique de notre boîtier.

Notre boîtier s'alimentera, soit via l'alimentation fantôme d'une console de mixage, soit par pile. Une seule pile de 9V suffit au fonctionnement, mais 2 piles en série (18V) permettent une bien meilleure dynamique du signal de sortie.





XLR mâle chassiss  
vue côté soudures

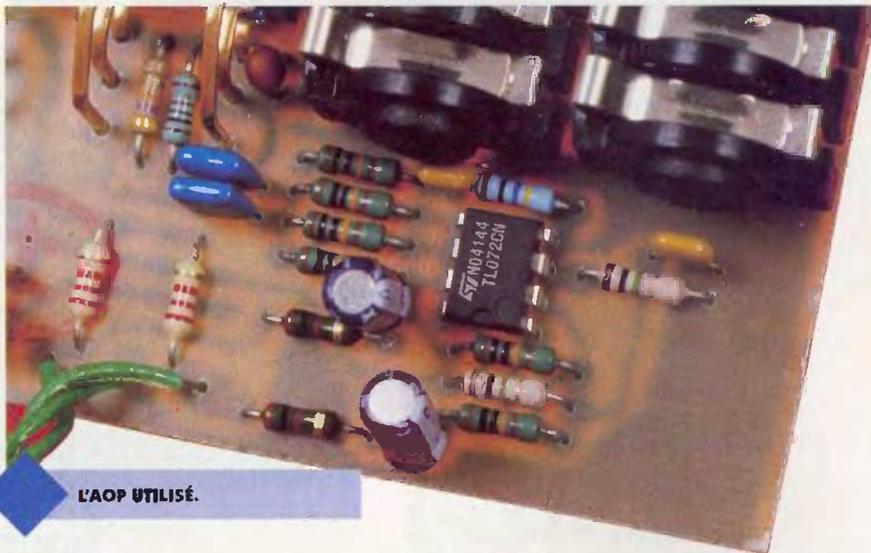
Cosse de masse permettant de relier la masse du montage au boîtier.

Masse

XLR broche 3 (point froid)

XLR broche 2 (point chaud)

#### LA PRISE XLR.



#### L'AOP UTILISÉ.

## Schéma électrique

### Étage d'entrée

À l'entrée du boîtier, deux jacks ( $J_1$  et  $J_2$ ) en parallèle : le premier servira à brancher la source (guitare, etc.), le second permettra le branchement éventuel de l'amplificateur du musicien.

Un atténuateur 3 positions permet le branchement de différentes sources : en position 1, le gain est unitaire (0 dB), en position 2, atté-

nuation de 15 dB ( $R_{10}/R_{15}$ ) pour brancher des claviers ou niveaux ligne, en position 3, atténuation de 45 dB ( $R_{10}/R_{15}$  et  $R_{16}$ ) pour brancher des sorties HP d'amplificateurs. Les valeurs de  $R_{10}$  et  $R_{16}$  peuvent être revues si les niveaux ne correspondent pas à votre application. Il est recommandé de ne pas abaisser la valeur de  $R_{15}$  (47 k $\Omega$ ), ce qui aurait pour conséquence d'abaisser l'impédance d'entrée du boîtier qui doit être la plus forte possible pour ne pas perturber la connexion en parallèle

de l'amplificateur du musicien. Le commutateur  $SW_2$  (ground lift) permet de séparer la masse des jacks (ou de l'amplificateur du musicien) de la masse de la table de mixage afin d'éviter une éventuelle boucle de masse, redoutée en sonorisation parce qu'elle génère des 'ronflettes' (50Hz) très désagréables.

### Amplificateur et symétriseur

L'étage  $IC_{1A}$  est un amplificateur différentiel à gain unitaire. Le circuit intégré choisi (TL072) est un double

## La biennale de l'électronique



# Intertronic 99

13-16 avril 1999

Paris Expo - Porte de Versailles - Hall 3

### L'interconnexion, une technologie aux multiples aspects

Inutile de le rappeler, l'interconnexion est un sujet sensible.

Les liaisons entre composants assurées en particulier par le circuit imprimé, les liaisons entre sous-ensembles ou systèmes complets, sous-entendent des problèmes qu'il est préférable d'évaluer dès l'origine d'un projet, sous peine de se trouver face à des difficultés qu'une prise en considération tardive ne fera qu'accentuer.

L'interconnexion englobe des techniques très élaborées, adaptées à chaque cas, et qui doivent prendre en compte une grande variété de paramètres : environnement, fiabilité dans le temps, étanchéité, cem, sécurité intrinsèque, miniaturisation etc.

Les composants d'interconnexion méritent une place de choix qu'Intertronic leur dédie en créant le satellite « Interconnexion », l'un des satellites associés à la section « Composants » qui en comporte cinq autres :

- Affichages
- Énergie/Puissance
- Communication
- Protection/cem
- Cartes oem

Mais les équipements de production et de test, la sous-traitance, la distribution présents à Intertronic font de ce salon, le seul en France couvrant l'ensemble de la filière électronique.

Vous voulez exposer à Intertronic 99 ?

Récevoir une invitation ?

3 moyens pour nous contacter :

• Tél. : 33 (0)1 47 56 52 04 - Fax : 33 (0)1 47 56 21 40

• Par internet : [www.intertronic.com](http://www.intertronic.com)

Miller Freeman  
A United News & Media company

## LES TROIS INVERSEURS.

amplificateur opérationnel faible bruit, à impédance d'entrée élevée, à faible taux de distorsion et vendu à un prix raisonnable.

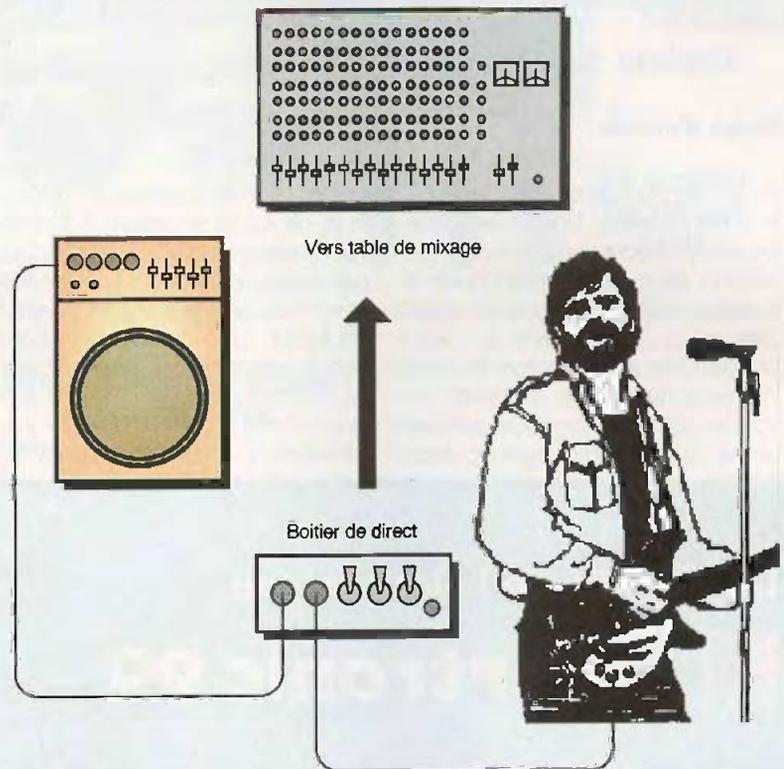
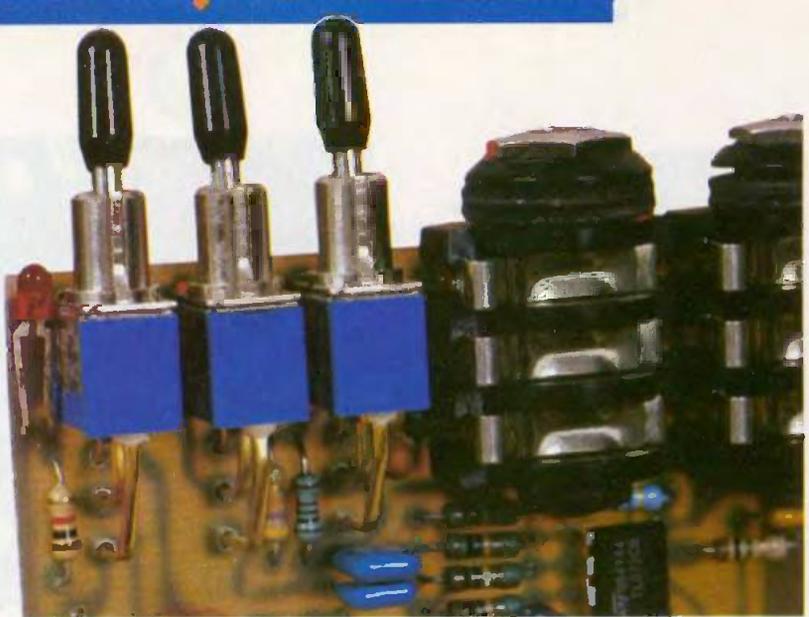
La polarisation  $V_{cc}/2$  indispensable au fonctionnement est générée par le pont diviseur  $R_1/R_2$ , qui polarise directement l'étage  $IC_{1B}$ , la polarisation de  $IC_{1A}$  est assurée par  $R_9$ . Les condensateurs  $C_1$  et  $C_2$  assurent le filtrage et évitent la diaphonie entre les étages.  $IC_{1B}$  est monté en inverseur de tension à gain unitaire.

### Étage de sortie

Nous disposons en sortie (7 et 1) de deux signaux en opposition de phase et de niveau identique, c'est un étage de sortie symétrique.  $C_7$  et  $C_8$  (50V) permettent de séparer la composante continue (alimentation fantôme) présente sur les bornes 2 et 3 de la fiche XLR de la table de mixage.  $R_{13}$  et  $R_{14}$  permettent de récupérer cette alimentation de 48V si  $SW_1$  est en position 48V, alimentation filtrée par  $C_5$  et  $C_6$ . Un condensateur électrochimique découplant difficilement les fréquences élevées, cette fonction est assurée par  $C_5$ .

## Montage du circuit imprimé

Monter les petits composants en premier. Si vous en avez les moyens choisissez des résistances à couche métal (faible bruit) pour les étages amplificateurs et atténuateurs ( $R_3$  à  $R_8$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{15}$  et  $R_{16}$ ), ce conseil étant va-



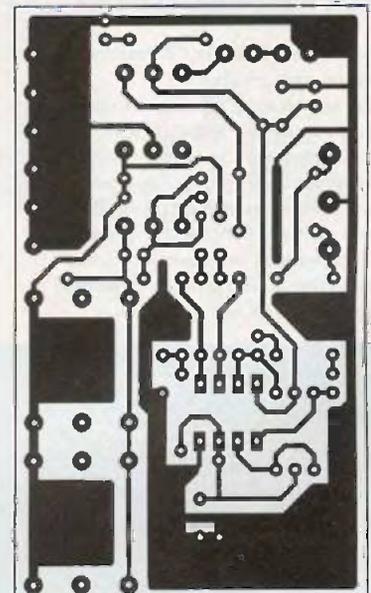
## L'EMBASE CHÂSSIS 3 POINTS MÂLE.



## RACCORDEMENTS.

4

## TRACÉ DU CIRCUIT IMPRIMÉ.



lable pour n'importe quel montage audio.

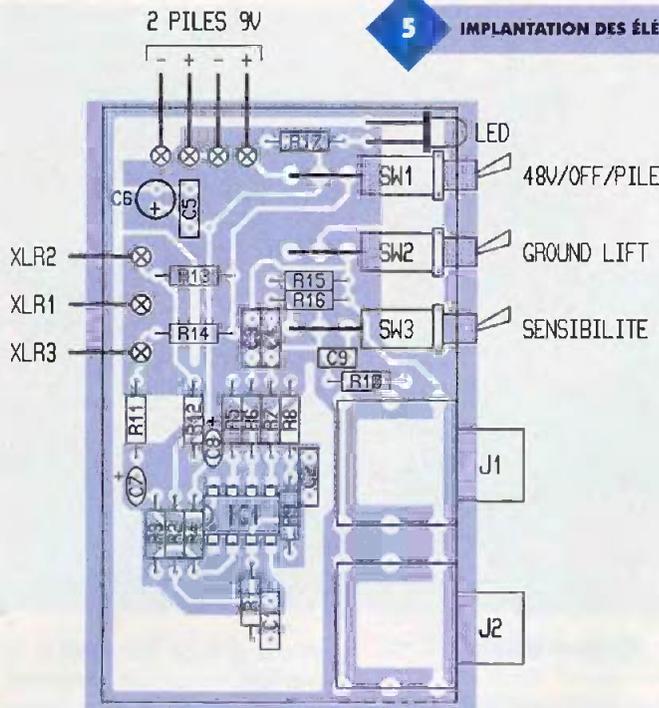
Aucun réglage n'étant nécessaire, le montage doit fonctionner du premier coup. En cas de panne, on peut mesurer une tension de  $V_{cc}/2$  sur les broches 3, 7 et 1 du circuit intégré (avec un voltmètre électronique). Ne pas trop chauffer les composants.

## Mise en boîtier

Choisir un boîtier solide et en métal. On doit pouvoir marcher dessus sans qu'il se détériore. La mise à la masse est assurée au niveau de la fiche XLR (mâle) qui fournit une cosse reliée à la masse (faire un pont avec la broche 1 de la XLR). Coller un

isolant sur le fond du boîtier (pieds en caoutchouc par exemple) ceci permettra de l'isoler de la surface où il sera posé et d'éviter des craquements très désagréables s'il était en contact avec une surface métallique.

C. SCHMITT



### Nomenclature

**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> : 1 MΩ**  
**R<sub>3</sub> à R<sub>8</sub> : 100 kΩ**  
**R<sub>9</sub> : 10 MΩ**  
**R<sub>10</sub> : 150 kΩ (162 kΩ 1 %)**  
**R<sub>11</sub>, R<sub>12</sub> : 100 Ω**  
**R<sub>13</sub>, R<sub>14</sub> : 2,2 kΩ**  
**R<sub>15</sub> : 47 kΩ**  
**R<sub>16</sub> : 1 kΩ**  
**R<sub>17</sub> : 10 kΩ**  
**Résistances couche métal : voir texte**  
**C<sub>1</sub> à C<sub>5</sub> : 100 nF**  
**C<sub>6</sub> : 50 μF/50V**  
**C<sub>7</sub>, C<sub>8</sub> : 10 μF/50V**  
**C<sub>9</sub> : 47 pF**  
**IC<sub>1</sub> : TL072**  
**SW<sub>1</sub>, SW<sub>3</sub> : On-Off-On**  
**SW<sub>2</sub> : On-Off**  
**LED : 3 ou 5 mm**  
**J<sub>1</sub>, J<sub>2</sub> : Jack 6,35 mm**  
**XLR : embase châssis 3 points mâle**

## La biennale de l'électronique



# Intertronic 99

13-16 avril 1999

Paris Expo - Porte de Versailles - Hall 3

### Énergie et puissance des préoccupations majeures

Le développement des applications embarquées pose le problème de la source d'énergie, de sa gestion, de son maintien, de son renouvellement.

L'optimisation des consommations a donné naissance à des composants basse consommation, à des batteries performantes, à des systèmes de recharge sophistiqués, de mesure de charge résiduelle,

et de gestion intelligente de l'énergie qui se situent en amont du cœur fonctionnel proprement dit. En aval, quand la puissance est nécessaire et l'énergie disponible, et qu'il y a lieu de commander des organes tels que moteurs, actionneurs, etc. des composants actifs et passifs d'interfaçage s'avèrent nécessaires.

Pour couvrir tous les aspects liés à l'énergie, Intertronic crée le satellite « Énergie/Puissance » l'un des satellites associés à la section « Composants » qui en comporte cinq autres :

- Interconnexion
- Affichage
- Commutation
- Protection/Cem
- Cartes Oem

Mais les équipements de production et de test, la sous-traitance, la distribution présents à Intertronic, font de ce salon, le seul en France couvrant l'ensemble de la filière électronique.

Vous voulez exposer à Intertronic 99 ?

Recevoir une invitation ?

3 moyens pour nous contacter :

• Tél. : 33 (0)1 47 56 52 04 - Fax : 33 (0)1 47 56 21 40

• Par internet : [www.intertronic.com](http://www.intertronic.com)

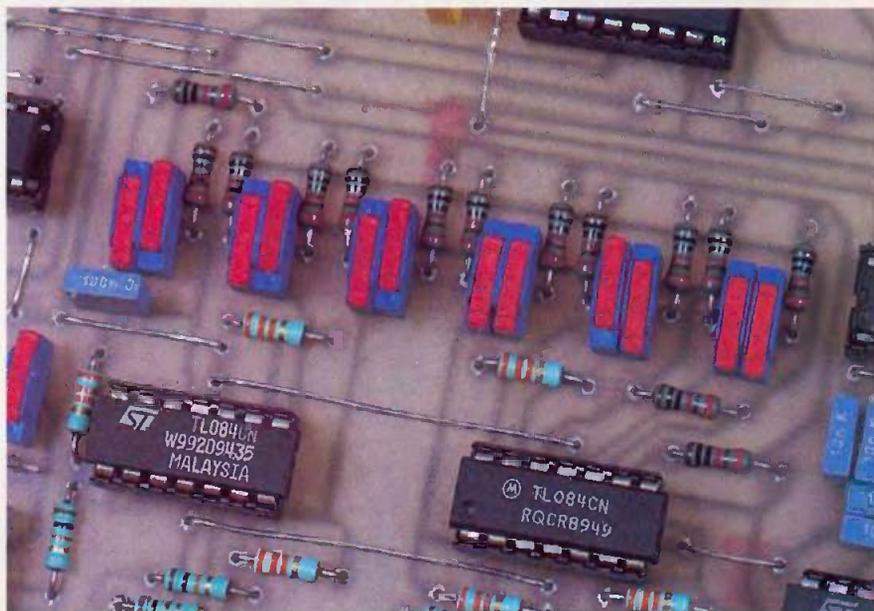
 Miller Freeman  
Un groupe de sociétés de la société





# LE FILTRAGE NUMÉRIQUE (PRÉSENTATION)

S'il fallait classer les grandes fonctions du domaine de l'électronique par ordre d'importance, le filtrage des signaux serait très certainement dans le peloton de tête, car on ne peut envisager l'existence de systèmes électroniques (y compris les câbles de liaison) qui n'affectent pas (volontairement ou non) les signaux qui y sont traités. Nous avons déjà eu l'occasion d'aborder en détail l'étude des filtres analogiques dans cette même revue, et c'est maintenant le tour des filtres numériques car ce domaine, qui n'est pas nouveau, est en train de progresser de façon considérable avec le développement des systèmes d'acquisition et des DSP (Digital Signal Processor que l'on traduit par Processeur de Traitement digital des Signaux) spécialement développés pour faire du traitement numérique du signal.



## Généralités

Le but de ces lignes n'est pas de nous intéresser aux DSP eux-mêmes, mais plus exactement d'étudier les éléments constitutifs d'une chaîne d'acquisition afin de comprendre comment une succession d'opérations mathématiques peut avoir le même effet sur un signal, qu'un filtre analogique plus ou moins complexe. Pour aborder ces différents points, nous commencerons par donner quelques précisions relatives aux signaux électroniques et aux filtres en général.

### Caractérisation d'un signal

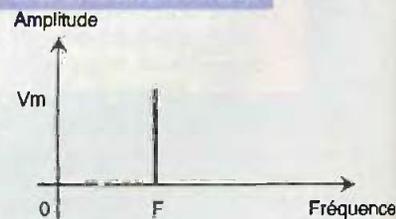
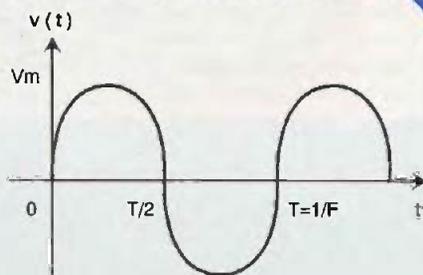
Tout signal peut être caractérisé de 2 façons différentes : par sa forme en fonction du temps (image visible sur l'écran d'un oscilloscope) ou par son analyse spectrale (image visible sur l'écran d'un analyseur de spectre). La figure 1 donne ces 2 types de représentation pour un signal sinusoïdal pur de fréquence  $F$

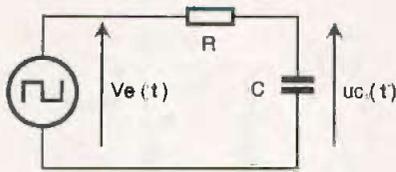
et d'amplitude  $V_m$ . Seul le spectre d'amplitude qui ne comporte dans ce cas particulier qu'une seule raie d'abscisse  $F$  et d'amplitude  $V_m$ , a été représenté, alors qu'en toute rigueur, la caractérisation rigoureuse d'un signal nécessite en plus la connaissance de son spectre de phase. Néanmoins, avec des signaux de formes simples (sinusoïdes, carrés, triangles), mais aussi avec un peu d'expérience, on se contente souvent de travailler uniquement sur le spectre d'amplitude, dont l'allure permet de tirer tous les renseignements utiles aux interprétations des phénomènes observés.

### Qu'est ce qu'un filtre ?

Si l'on applique un signal carré de fréquence  $F$  à un circuit R-C (figure 2a), suivant que  $F$  sera très faible, voisine ou très grande devant  $1/RC$ , le signal de sortie  $u_c(t)$  pourra être peu, moyennement ou fortement

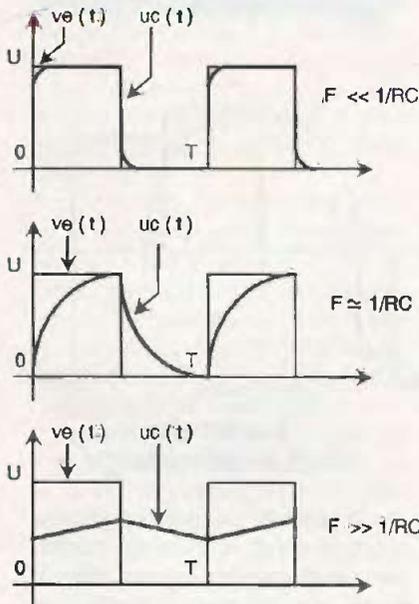
**1** REPRÉSENTATION DU SIGNAL SINUSOÏDAL EN FONCTION DU TEMPS ET SPECTRE D'AMPLITUDE DU SIGNAL.





### 2a PRINCIPE.

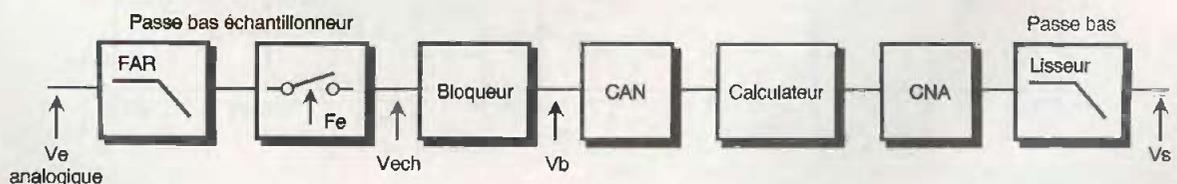
### 2b INFLUENCE D'UN FILTRE SUR DES SIGNAUX DE FRÉQUENCES DIFFÉRENTES.



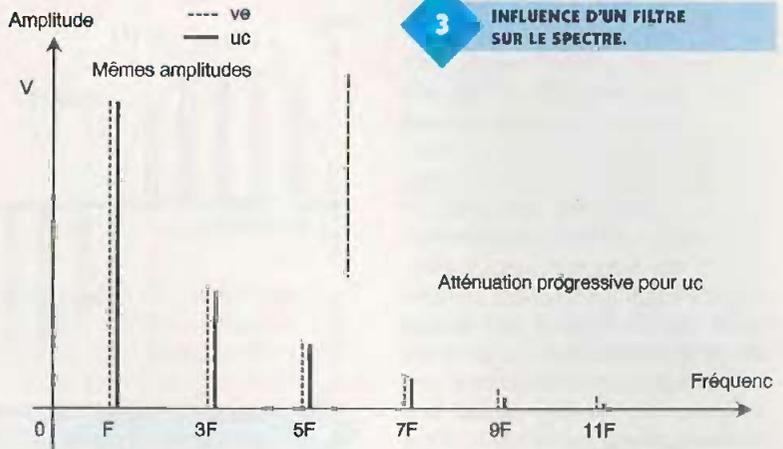
déformé (figure 2b). L'action du circuit R-C sur les signaux qui lui sont appliqués dépendant de leurs fréquences, on dira de ce circuit que c'est un filtre, d'où la définition : un filtre est un système capable de modifier l'amplitude et (ou) la phase des signaux qui lui sont appliqués d'une façon plus ou moins importante dépendant de la fréquence de ceux-ci.

Tout changement de forme d'un signal s'accompagnant d'une modification de son spectre, on peut dire qu'un filtre est un système possédant une action sélective sur le spectre des signaux. Ce constat est vérifié avec l'exemple envisagé figure 3, qui reproduit les spectres respectifs des signaux  $V_e$  et  $V_s$  de

### 4 STRUCTURE D'UN SYSTÈME D'ACQUISITION ET DE TRAITEMENT NUMÉRIQUE.



### 3 INFLUENCE D'UN FILTRE SUR LE SPECTRE.



l'exemple précédent quand  $f \ll 1/RC$ . On s'aperçoit en effet que les raies de fréquences basses ne sont quasiment pas affectées par leur passage à travers le filtre, alors que celles de fréquences élevées sont de plus en plus atténuées et finissent par disparaître.

Question : Un trigger est-il un filtre ? Bien qu'un tel système modifie la forme des signaux qui lui sont appliqués, (un trigger transforme par exemple un signal sinusoïdal en un signal carré), ce n'est pas un filtre, car dans ce cas, le comportement du trigger est en général le même pour toutes les fréquences des signaux qu'on lui injecte.

Ces points fondamentaux étant précisés voyons maintenant la constitution et le fonctionnement d'un système d'acquisition et de traitement numérique des signaux.

### Système d'acquisition et de traitement numérique

Ces dernières années, les progrès importants de l'électronique numérique ont eu pour conséquence le remplacement progressif des systèmes « tout analogique » d'hier par des ensembles dans lesquels les grandeurs analogiques ont tendance à être bannies. De plus en plus d'équipements font appel à des microprocesseurs, les capteurs intègrent maintenant des convertisseurs analogiques numériques et même les actionneurs analogiques d'antan sont remplacés par des systèmes à

commande numérique, comme c'est le cas pour les moteurs pas à pas. Cette évolution inexorable a d'ailleurs sonné le glas des disques vinyle, irrémédiablement remplacés par des Compacts Disques dans le domaine de la HI-FI où le numérique ne cesse de remplacer les anciens éléments analogiques.

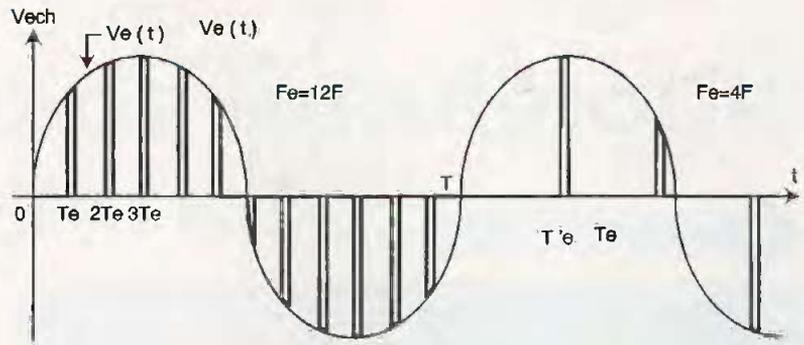
Les raisons de ces changements sont liées aux avantages fondamentaux du numérique qui sont en particulier une meilleure immunité au bruit, une meilleure reproductibilité à l'identique et une plus grande aptitude aux évolutions par simple modification de programmes. Le résultat de ces avancées technologiques est un développement de plus en plus important des systèmes de traitement numérique des signaux, l'aspect analogique traditionnel étant, pour le moment encore, mais peut être plus pour longtemps dans certains domaines, restreint à l'amplification en puissance des signaux destinés aux actionneurs comme le haut-parleur.

La structure générale d'un système de traitement numérique (en supposant que le signal d'entrée soit analogique) est représentée à la figure 4. Après élimination des signaux de fréquences indésirables par le bloc appelé FAR (filtre anti-repliement) dont nous verrons l'intérêt un peu plus loin dans cet exposé, le premier bloc fonctionnel que l'on rencontre est un échantillonneur. Celui-ci est chargé de prendre des échantillons du signal à traiter à une cadence régulière  $F_e$ , appelée fréquence d'échantillonnage. On

voit au passage le symbole utilisé (au centre du bloc) pour représenter la fonction échantillonnage. Pour que le calculateur dont la structure peut prendre différents aspects (analogique ou numérique) puisse traiter les signaux échantillonnés, ceux-ci doivent être conservés en mémoire (on dit aussi bloqués d'où le nom de bloqueur) jusqu'à l'arrivée de l'échantillon suivant. La **figure 5a** montre la forme des signaux de sortie de ces 2 sous-ensembles dans le cas d'une entrée sinusoidale. Il faut noter au passage que certains échantillonneurs sont en même temps des bloqueurs.

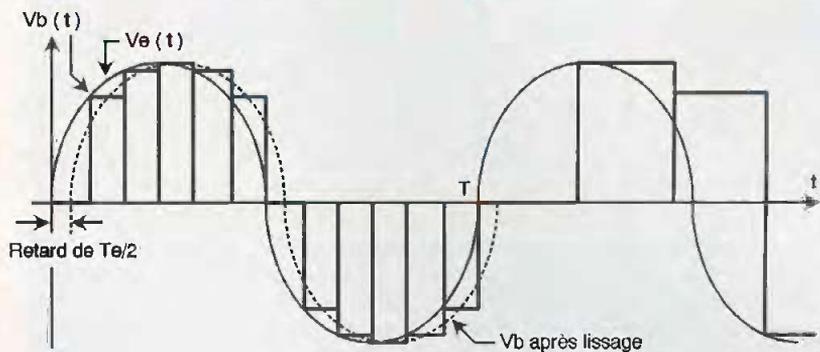
Si le calculateur utilisé est de type numérique (un microprocesseur par exemple), il est nécessaire de convertir l'échantillon acquis en une grandeur numérique (à 6, 8, 10 bits ou plus) à l'aide d'un convertisseur analogique numérique (CAN), afin d'envoyer au microprocesseur la seule chose qu'il soit capable de traiter à savoir des bits 0 ou 1. Grâce à son programme interne, le microprocesseur mettra en mémoire un certain nombre d'échantillons (renouvelés au fur et à mesure du temps) et effectuera sur ceux-ci des opérations mathématiques simples (addition, multiplication par une constante, etc.).

Quand l'actionneur de l'application requiert une grandeur d'entrée analogique, le résultat des opérations effectuées par le calculateur est reconverti en une grandeur analogique par un convertisseur numérique analogique (CNA). Le signal de sortie du CNA ayant une forme semblable à celle que délivre le bloqueur, un lissage est parfois nécessaire d'où le schéma complet proposé à la **figure 4**. Pour prendre une image permettant de comprendre l'effet du lissage, nous pourrions considérer que les marches d'escalier sont remplacées par des plans inclinés joignant le milieu de chaque marche, ce qui redonne son aspect analogique au signal mais avec un retard ( $T_e/2$ ) d'une demi-période d'échantillonnage (**figure 5b**). Le circuit « lisseur » est en fait un filtre passe bas



**5a** SIGNAL À LA SORTIE DE L'ÉCHANTILLONNEUR.

**5b** SIGNAL À LA SORTIE DU BLOQUEUR.



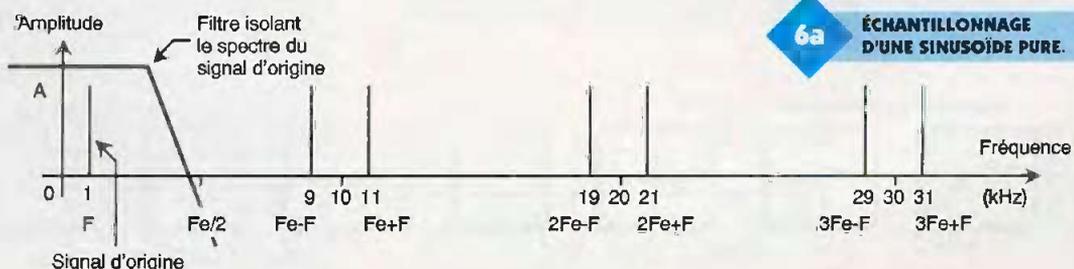
### Étude de l'échantillonnage

analogique qui élimine les marches d'escaliers en supprimant les harmoniques résultant de l'échantillonnage.

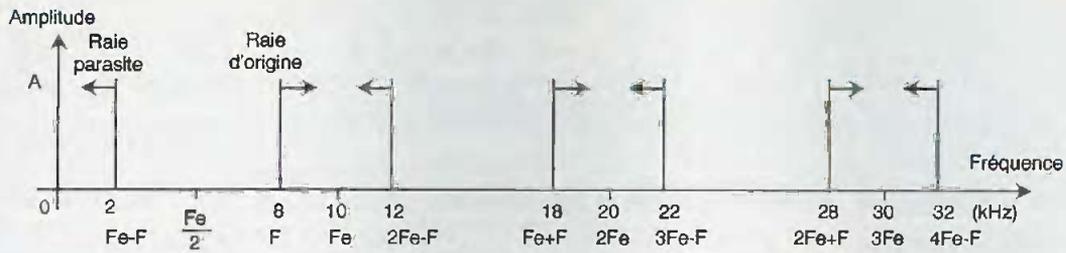
Avec des calculateurs analogiques, les échantillons que l'on veut conserver sont stockés dans des mémoires analogiques (des condensateurs), les opérations fondamentales étant assurées par des additionneurs et des amplificateurs à base d'AOP. Les convertisseurs qui encadrent le calculateur proprement dit (CAN et CNA) sont inutiles bien évidemment, mais le circuit de lissage peut être nécessaire.

Précisons tout de suite que l'utilisation de calculateurs analogiques n'enlève pas le qualificatif de numérique à ce type de traitement, car les signaux appliqués au calculateur et ceux qui en sortent ont des valeurs discrètes (par opposition à analogique) du fait de l'échantillonnage. C'est en cela que ce système se différencie d'un filtre analogique dont les grandeurs d'entrée et de sortie varient continûment.

Les 2 maillons situés après le filtre d'entrée (FAR) forment un échantillonneur/bloqueur qui discrétise le signal d'entrée aux instants  $nT_e$ ,  $T_e = 1/F_e$  étant la période d'échantillonnage. La question qu'on est en droit de se poser est : le signal ainsi échantillonné renferme-t-il les mêmes informations (a-t-il le même spectre) que le signal d'entrée analogique ? Exprimée différemment, cette question pourrait s'énoncer de la façon suivante : est-il possible de reconstituer exactement le signal d'entrée à partir du signal échantillonné avec des systèmes électroniques classiques connus ? Expérimentalement, on constate que plus le rapport  $F_e/F$  est élevé, plus le signal  $V_b(t)$  ressemble à  $V_e(t)$  alors que la déformation de  $V_b(t)$  s'accroît quand le rapport  $F_e/F$  diminue (**figure 5b**). Pour un rapport  $F_e/F$  élevé, les signaux  $V_e(t)$  et  $V_b(t)$  se ressemblent, on se doute que s'il y a



**6a** ÉCHANTILLONNAGE D'UNE SINUSOÏDE PURE.



6b

SPECTRE DE Vech POUR  $F > Fe/2$

perte d'information par échantillonnage, celle-ci est certainement très limitée. Par contre, il existe probablement une fréquence minimale  $Fe$  à partir de laquelle les signaux  $Ve$  et  $Vb$  sont trop différents pour que  $Vb$  puissent redonner naissance au signal d'origine.

Pour répondre de façon plus précise au problème posé, on peut faire appel aux mathématiques ou procéder à des expériences élémentaires basées sur l'utilisation d'un analyseur de spectre, car l'expérimentation est toujours plus simple à comprendre. Tout d'abord, on échantillonne un signal sinusoïdal  $Ve(t)$  de fréquence  $F = 1$  kHz à une cadence  $Fe = 10$  kHz. On s'aperçoit alors (figure 6a) que le spectre du signal échantillonné  $Vech$  contient la raie de fréquence  $F = 1$  kHz, mais aussi une infinité de raies de fréquences  $nFe \pm F$  (« n » est un nombre entier). Si on augmente la fréquence  $F$  progressivement de 1 à 8 kHz, on observe que la raie de fréquence  $F$ , ainsi que celles de fréquences ( $nFe \pm F$ ) se déplacent vers la droite et que les raies de fréquence  $nFe - F$  se déplacent vers la gauche, ce qui est normal puisque  $F$  augmente.

Tant que  $F$  reste inférieure à  $Fe/2$ , il est tout à fait possible d'extraire la raie de fréquence  $F$  (donc de récupérer le signal d'origine) du spectre du signal échantillonné à l'aide d'un filtre passe bas de fréquence de coupure  $Fc$  telle que  $F < Fc < Fe - F$ , afin d'éliminer les raies « parasites »

résultant de l'échantillonnage. Cela montre que l'échantillonnage n'entraîne aucune perte d'information, l'atténuation éventuelle pouvant être compensée par une amplification de valeur appropriée. Par contre, si  $F$  devient supérieure à  $Fe/2$  ( $F = 8$  kHz à la figure 6b), la raie parasite de fréquence  $Fe - F = 10 - 8 = 2$  kHz se retrouve à gauche de la raie d'origine  $F$ . L'extraction du signal d'origine  $Ve$  n'est plus possible par un filtre passe bas ni par tout autre moyen. En effet, si nous avions échantillonné un signal complexe de spectre étendu de  $F1 = 1$  kHz à  $F2 = 8$  kHz (figure 6c), le spectre dupliqué autour de  $Fe$  serait venu se mélanger à celui d'origine, rendant la séparation de l'original impossible.

Pour qu'un échantillonnage soit correct, on doit éviter le recouvrement du spectre de base par celui (ou ceux) qui sont symétriques par rapport aux fréquences  $nFe$  et en particulier le premier (pour  $n = 1$ ). La traduction mathématique de cette remarque pour la plus grande des fréquences contenue dans le spectre du signal devant subir l'échantillonnage donne la condition à respecter :  $F_{max} \leq Fe - F_{max}$  soit  $F_{max} \leq Fe/2$  que l'on appelle condition de SHANNON du nom du mathématicien qui s'est intéressé en premier à ce phénomène.

En conséquence, la fréquence d'échantillonnage  $Fe$  doit toujours être au moins 2 fois plus grande que la plus grande des fréquences à échantillonner. Si des signaux parasites de fréquence supérieure à  $Fe/2$  risquent de se présenter à l'entrée de l'échantillonneur, on doit éliminer ces signaux parasites en interposant un filtre analogique de type passe bas, de fréquence de coupure  $Fc \leq Fe/2$  en amont de l'échan-

tillonneur. Cela évite que les raies centrées autour de  $Fe$  ne viennent se superposer à celles du signal d'entrée. Ce filtre porte le nom de filtre anti-repliement.

Les dessins proposés correspondent au spectre de  $Vech$ . Pour  $Vb$ , la place des raies est conservée, mais leur amplitude diminue progressivement quand la fréquence augmente. Les explications données conservent néanmoins leur sens à tous les points de vue.

retrouvez  
ELECTRONIQUE  
PRATIQUE

sur internet :

<http://www.eprat.com>

Toute  
l'équipe  
vous  
présente  
ses meilleurs  
voeux  
pour  
l'année  
1999

6c

INTERPÉNÉTRATION  
DES SPECTRES.

