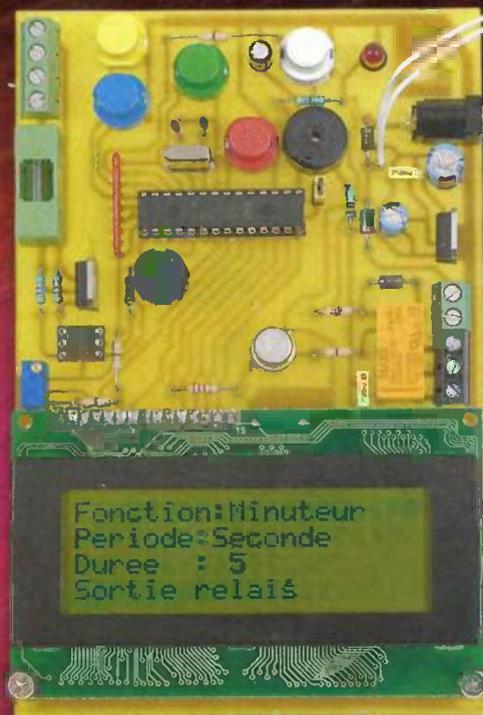


## Minuteur cadenceur retardateur

Programmateur  
de PIC

Compteur  
de passages  
par laser

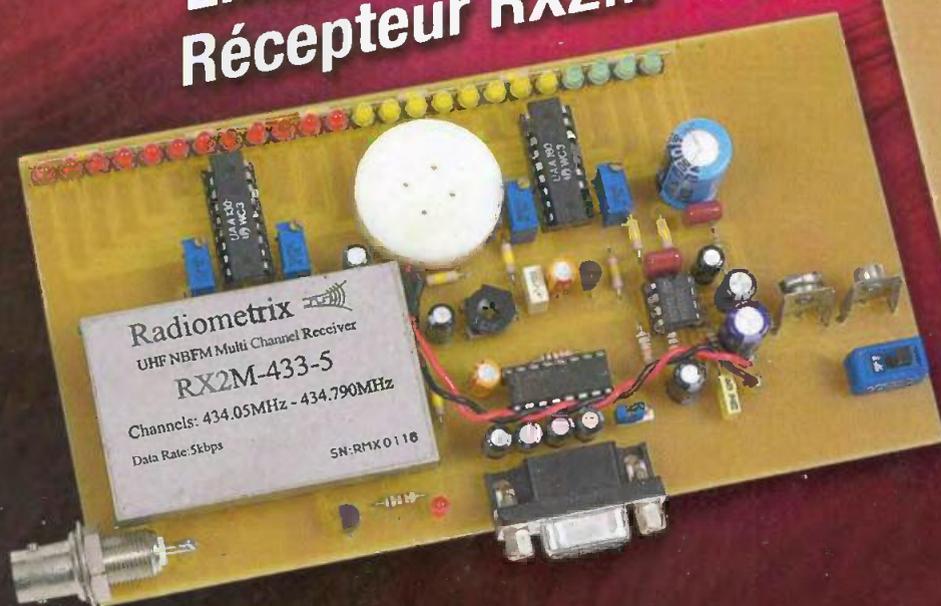


## Dumper de cartes synchrone



## Mesureur de champ RF

Émetteur TX2M  
Récepteur RX2M



## Initiation

- 4 Internet pratique
- 12 KICAD : le module Pcbnew (5<sup>e</sup> partie)

## Micro/Robot/Domotique

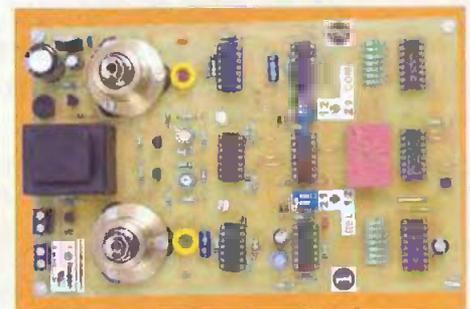
- 8 Programmateur de PIC en kit
- 20 Dumpeur expérimental de cartes synchrones
- 25 Minuteur, cadenceur et retardateur
- 31 Mesure du champ RF et réglage d'antennes en UHF
- 43 Compteur de passages par laser

## Audio

- 51 Et si on parlait tubes (cours n°45) : préamplificateur SP10 d'Audio Research
- 57 Vumètre stéréo et détecteur d'écrêtage
- 64 Protecteur d'alimentation des montages

## Divers

- 11 Hors-série audio n°3 (Nouveau)
- 42 Bulletin d'abonnement
- 50 Vente au numéro *Electronique Pratique*
- 66 Petites annonces



Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - TRANSOCEANIC SAS au capital de 574 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90  
Internet : <http://www.electroniquepratique.com> - Président : Patrick Vercher - Directeur de la publication et de la rédaction : Patrick Vercher  
Secrétaire de rédaction : Elsa Sepuveda - Couverture : Dominique Dumas - Illustrations : Alain Bouteville Sanders

Photos : Isabelle Garrigou - Avec la participation de : R. Bassi, R. Knoerr, G. Kossmann, P. Mayeux, P. Morin, P. Oguic, J.-L. Vandersleyen  
La Rédaction d'Electronique Pratique décline toute responsabilité quant aux opinions formulées dans les articles, celles-ci n'engageant que leurs auteurs.

DIFFUSION/VENTES : ALIX CONSEIL PRESSE Tél. : 01 64 66 16 39 - PUBLICITÉ : À la revue, e-mail : [pubep@fr.oleane.com](mailto:pubep@fr.oleane.com)

I.S.S.N. 0243 4911 - N° Commission paritaire : 0909 T 85322 - Distribution : MLP - Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : MAULDE & RENOU AISNE 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : JUILLET-AOÛT 2008 - Copyright © 2008 - TRANSOCEANIC

ABONNEMENTS : 18-24, quai de la Marne - 75164 Paris Cedex 19 - Tél. : 01 44 84 85 16 - Fax : 01 42 00 56 92. - Préciser sur l'enveloppe « Service Abonnements »

ATTENTION ! Si vous êtes déjà abonné, vous faciliterez notre tâche en joignant à votre règlement soit l'une de vos dernières bandes-adresses, soit le relevé des indications qui y figurent.

Abonnements USA - Canada : Contacter Express Mag - [www.expressmag.com](http://www.expressmag.com) - [expmag@expressmag.com](mailto:expmag@expressmag.com) - Tarif abonnement USA-Canada : 60 €

TARIFS AU NUMÉRO : France Métropolitaine : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 € • DOM Surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF • Portugal continent : 5,60 €

Belgique : 5,50 € • Espagne : 5,60 € • Grèce 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 6,60 \$ CAN

© La reproduction et l'utilisation même partielle de tout article (communications techniques ou documentation) extrait de la revue *Electronique Pratique* sont rigoureusement interdites, ainsi que tout procédé de reproduction mécanique, graphique, chimique, optique, photographique, cinématographique ou électronique, photostat tirage, photographie, microfilm, etc. Toute demande à autorisation pour reproduction, quel que soit le procédé, doit être adressée à la société TRANSOCEANIC.

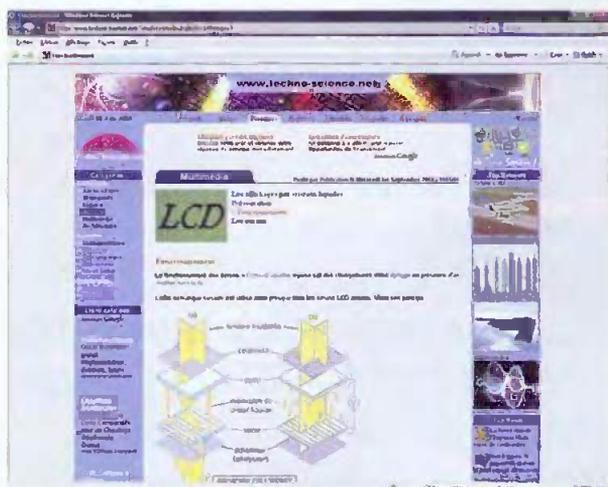
Nous affectionnons tous les écrans LCD en raison des images attrayantes qu'ils peuvent afficher. La technologie LCD existe depuis longtemps et les électroniciens amateurs ont tous été tentés, un jour ou l'autre, de mettre en œuvre un petit afficheur LCD dans leurs montages. L'apparition, il y a plusieurs années, du circuit Hitachi HD44780 a grandement facilité la mise en œuvre d'un afficheur LCD d'une ou deux lignes de seize à vingt caractères.

**P**our vous en convaincre, nous vous invitons à nous suivre sur la toile mondiale de l'Internet.

En guise d'introduction, visitons une série de quatre pages qui commence à l'adresse <http://www.techno-science.net/?onglet=articles&article=14&page=1>. Ce site explique que le cristal liquide est un état particulier de la matière au cours duquel certaines molécules conservent un alignement relatif. L'arrangement des molécules est si fin (de l'ordre de quelques nanomètres) qu'il existe une interaction entre les cristaux et la lumière qui les traverse. Le site illustre très bien comment cette interaction est mise à profit dans les afficheurs LCD à l'aide de deux filtres polariseurs.

Cette lumière est polarisée par un premier filtre, elle subit une rotation lors du passage dans les cristaux liquides lorsque ces derniers sont au repos. La lumière peut alors franchir sans encombre le deuxième filtre et le dispositif apparaît comme transparent. En revanche, sous l'effet d'un champ électrique, les molécules des cristaux liquides changent d'alignement, ce qui annule la rotation des ondes lumineuses. Du coup, la lumière se retrouve bloquée par le second filtre polariseur, ce qui rend le dispositif opaque sous l'effet du champ électrique. Vous pourrez découvrir les explications détaillées à ce sujet en

# internet PR@TIQUE



**1** <http://www.techno-science.net/?onglet=articles&article=14&page=3>

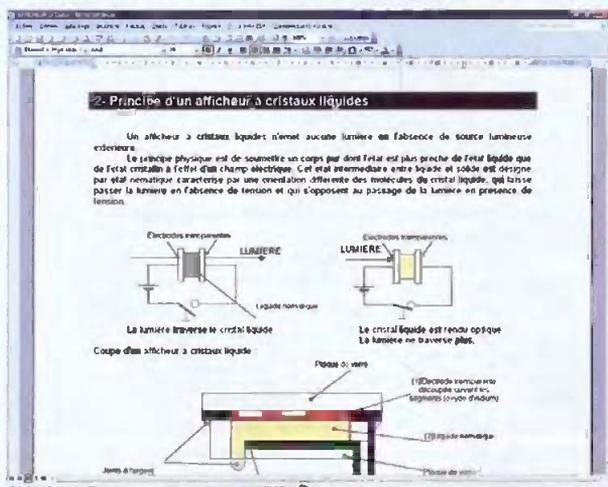
suivant les liens placés en haut de chacune des pages de ce site.

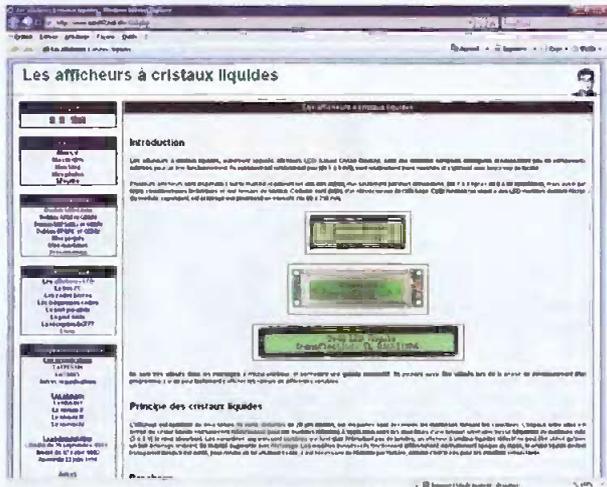
Nous vous proposons maintenant de télécharger un document sur le principe de fonctionnement des afficheurs LCD à partir du site [http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id\\_article=260](http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id_article=260). Il s'agit d'un document au format Microsoft Word. Les lecteurs ne disposant pas de cette application pourront le consulter à l'aide du programme gratuit « Word Viewer » proposé par Microsoft à

l'adresse <http://www.microsoft.com/Downloads/details.aspx?familyid=95E24C87-8732-48D5-8689-AB826E7B8FDF&displaylang=fr>

Ce document Word reprend brièvement les explications sur les propriétés des cristaux liquides, puis il s'attache aux principales propriétés des afficheurs LCD en relation avec les signaux électriques de commande. Son intérêt principal est d'illustrer comment sont pilotés les petits afficheurs à l'aide de commandes directes.

**2** [http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id\\_article=260](http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id_article=260)





**3** <http://www.aurel32.net/elec/lcd.php>

Bien entendu, dès que le nombre de segments de l'afficheur devient important, la commande directe n'est plus recommandée car l'électronique de « pilotage » de l'afficheur ressemble

vite à une usine à gaz ! L'utilisation d'un afficheur avec sa commande intégrée s'impose d'elle-même dès lors que les données à afficher forment un texte de plusieurs caractères alignés et éven-

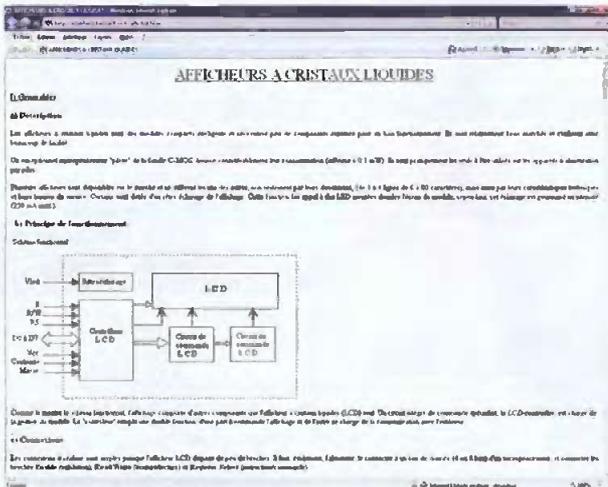
tuellement disposés sur deux lignes. Vous trouverez un exemple de description de ce type d'afficheur LCD à l'adresse <http://www.aurel32.net/elec/lcd.php>. Ce site présente en quelques lignes les caractéristiques principales des afficheurs bâtis autour du circuit Hitachi HD44780.

Vous retrouverez des explications similaires sur le fonctionnement de ces afficheurs à l'adresse <http://matthieu.benoit.free.fr/affi-lcd.htm>

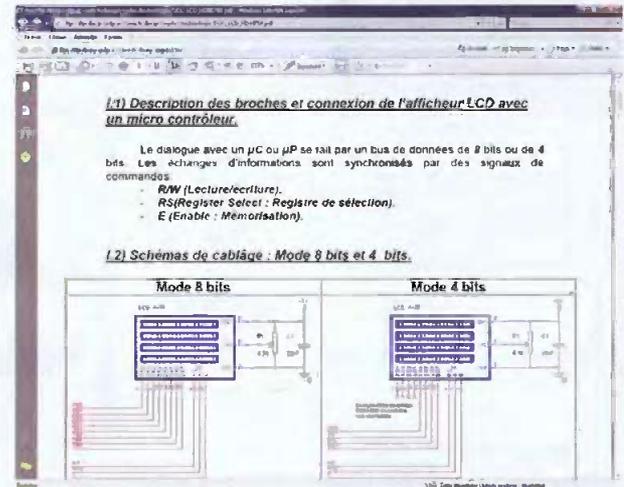
Pour rester fidèles à nos habitudes, nous vous invitons à terminer cette visite sur le Net par le téléchargement d'un document qui fera office de synthèse sur les possibilités des afficheurs basées sur le circuit HD44780 à l'adresse [ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC\\_LCD\\_HD44780.pdf](ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC_LCD_HD44780.pdf)

**P. MORIN**

**4** <http://matthieu.benoit.free.fr/affi-lcd.htm>



**5** [ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC\\_LCD\\_HD44780.pdf](ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC_LCD_HD44780.pdf)



- <http://www.techno-science.net/?onglet=articles&article=14&page=1>
- [http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id\\_article=260](http://sti.ac-orleans-tours.fr/spip/article.php3?id_article=260)
- <http://www.aurel32.net/elec/lcd.php>
- <http://matthieu.benoit.free.fr/affi-lcd.htm>
- [ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC\\_LCD\\_HD44780.pdf](ftp://ftp.discip.crdp.ac-caen.fr/discip/crgelec/technologie/DOC_LCD_HD44780.pdf)
- <http://www.brodeurelectronique.com/index.php?2007/03/15/9-afficheurs-lcd>
- <http://physique-eea.ujf-grenoble.fr/intra/Organisation/CESIRE/OPT/DocsOptique/Notices/afficheurLCD.pdf>
- <http://www.chez.com/gdaquino/MC/Afficheur/lcd.html>
- <http://www.lcd-review.fr/Comment-un-afficheur-LCD.html>
- [http://www.erenumerique.fr/lcd\\_ou\\_plasma\\_comprendre\\_par\\_la\\_technologie-art-837-4.html](http://www.erenumerique.fr/lcd_ou_plasma_comprendre_par_la_technologie-art-837-4.html)
- [http://www.premiumorange.com/daniel.robert9/Digit/Digit\\_10TS4.html](http://www.premiumorange.com/daniel.robert9/Digit/Digit_10TS4.html)
- <http://www.rannes.supelec.fr/ren/fi/elec/docs/lcd/lcd.html>
- <http://fribotte.free.fr/bdtech/lcd/lcd.html>
- [http://www.tavernier-c.com/afficheur\\_lcd\\_serie.htm](http://www.tavernier-c.com/afficheur_lcd_serie.htm)
- <http://www.linuxfocus.org/Francais/July2000/article165.shtml>
- <http://frank.bol.ucla.edu/AVR2LCD.htm>
- [http://www.repairfaq.org/filipg/LINK/F\\_LCD\\_progr.html](http://www.repairfaq.org/filipg/LINK/F_LCD_progr.html)
- [http://www.epitech.eu/archi/voir\\_fiche.php?id=91](http://www.epitech.eu/archi/voir_fiche.php?id=91)
- [http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cran\\_%C3%A0\\_cristaux\\_liquides](http://fr.wikipedia.org/wiki/%C3%89cran_%C3%A0_cristaux_liquides)
- <http://www.materiel-informatique.be/lcd.php>
- [http://pagesperso-orange.fr/daniel.robert9/Digit/Digit\\_10TS4.html](http://pagesperso-orange.fr/daniel.robert9/Digit/Digit_10TS4.html)
- <http://membres.lycos.fr/cristauxliquideslcd/principe2.html>

**Liens de ce dossier**

# Programmateur de PIC en kit

Il existe à l'heure actuelle une quantité de programmeurs de PIC proposés par de nombreuses sociétés, notamment des annonceurs de notre revue. Dans ce numéro, nous vous présentons un programmeur à réaliser soi-même.

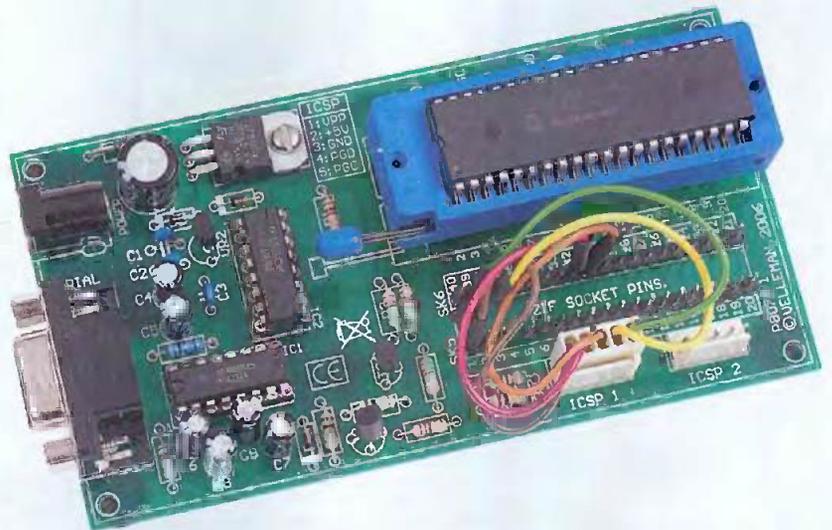
Les performances du présent kit, conçu par la société Velleman sous la référence K8076, sont sans aucune mesure avec son prix. Lequel se situe, en moyenne, selon les fournisseurs, aux alentours d'une quarantaine d'euros.

## Principe de programmation d'un PIC

Le principe de programmation d'un PIC repose sur la génération de trois signaux de base (figure 1).

### Signal Vpp

Il s'agit en fait de la tension de programmation qui, en mode normal, correspond à 12 V. Généralement, les



PIC supportent une tension  $V_{pp}$  comprise entre 9 V et 13,5 V (il existe également un mode de programmation basse tension en 5 V sur certains PIC - Mode LVP). Cette tension doit être appliquée sur la broche MCLR/ $V_{pp}$  du PIC lors de la phase de programmation.

### Signal PGC

Nécessaire à la programmation, ce deuxième signal est une horloge qui permettra de cadencer tous les échanges lors de la programmation. Il est appliqué sur la broche RB6/PGC du microcontrôleur.

### Signal PGD

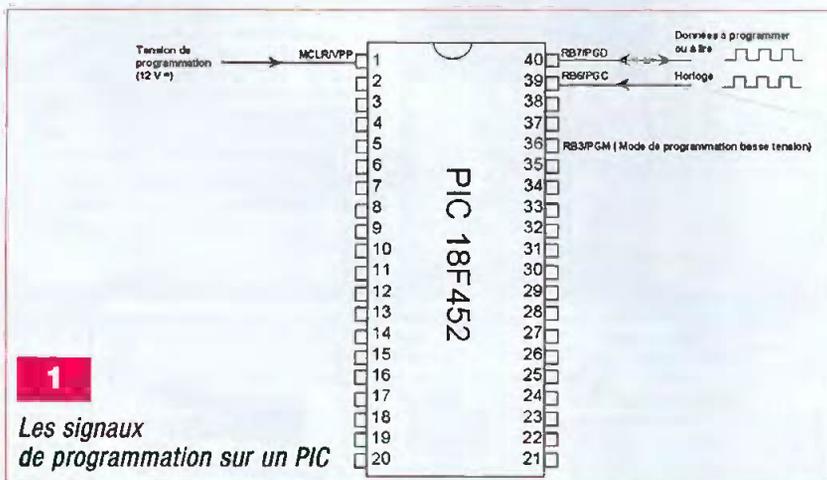
Ce dernier signal correspond aux données. C'est par ce canal que vont transiter les informations à programmer ou à lire. Ce signal est connecté sur la broche RB7/PGD du PIC.

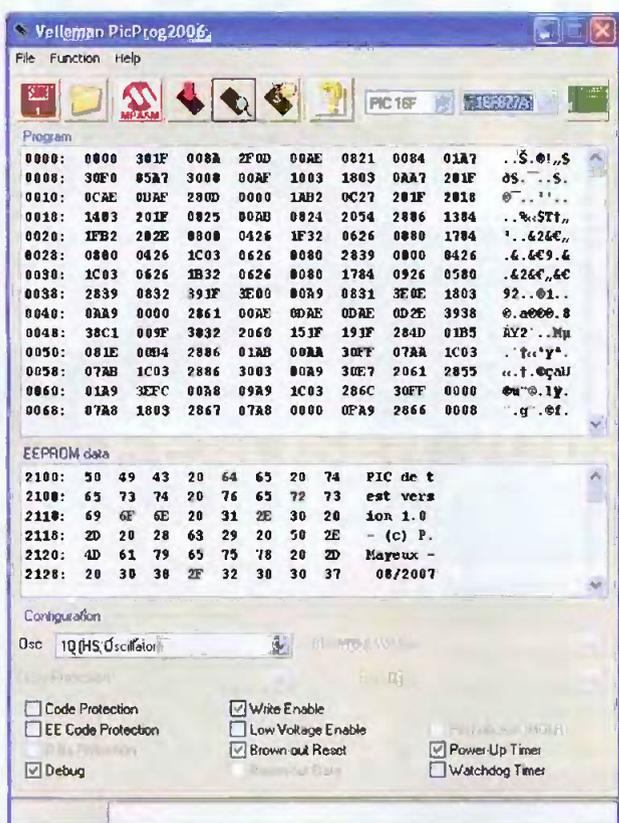
### En conclusion

Si on programme un pic en mode normal, alors seulement trois fils de connexions plus l'alimentation 5 V sont nécessaires. Pour faire entrer le microcontrôleur en mode programmation, il suffit de maintenir un niveau zéro sur les broches RB6 (PGC) et RB7 (PGD), alors que la tension sur la broche MCLR ( $V_{pp}$ ) passe à VIH (12 V).

## Description du kit

Le kit Velleman K8076 est équipé d'un support à insertion nulle, ce qui permet la programmation de PIC jusqu'aux séries à quarante broches. La connexion des trois signaux à appliquer ( $V_{pp}$ , Clock et data) ainsi que l'alimentation se font manuellement depuis l'un des deux connecteurs réservés à cet effet. Cela peut paraître un peu contraignant et difficile mais, comme nous le verrons par la suite, le logiciel de programmation



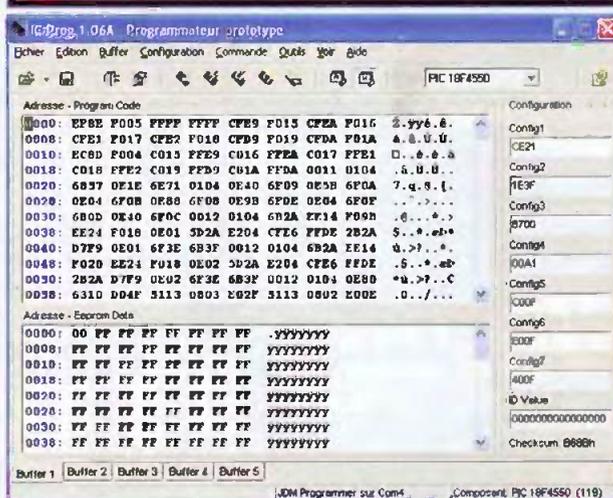


PICPROG2006 fourni avec le kit donne le câblage à réaliser selon le type de PIC choisi.

La platine est sérigraphiée et équipée de deux régulateurs de 12 V et 5 V afin d'assurer l'alimentation du PIC d'une part et de fournir la tension de programmation Vpp d'autre part. La programmation depuis le PC est réalisée depuis une liaison « série ». Un MAX 232 permet l'interfaçage avec la carte. Quatre leds sur la platine permettent de visualiser le +5 V, le Vpp, ainsi que les signaux d'horloge et de données (clock et data).

## Logiciel

Le logiciel PicProg2006 (figure 2) fourni avec le kit (sur CD-Rom) a été testé avec les versions Win 98 et XP. Mis à part le choix du port, aucun autre réglage n'est nécessaire, le kit est opérationnel rapidement. La sélection du PIC à programmer se fait depuis un menu déroulant. Les connexions à réaliser sur la platine (figure 3), selon le type choisi, s'affichent lors de l'appui sur le symbole représentant le kit (en haut, à droite). Il est à noter qu'il est également possible de tester le « Hardware » avec le bouton « Run Hardware datalines test » situé dans la vue des connexions. Ce



2

4

5

test se fait sans PIC et permet d'allumer les trois leds de la platine. On peut ainsi vérifier le bon fonctionnement du logiciel et du « hard ».

Le menu déroulant « Fonction » donne accès à la lecture ou à la programmation d'un PIC.

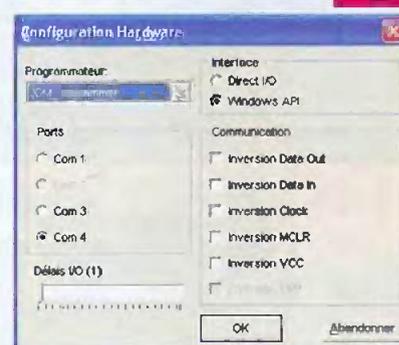
Un fichier d'aide bien explicite est fourni avec le logiciel.

## Liste non exhaustive des PIC programmables avec PICPROG

La liste des PIC programmables dépend, bien évidemment, de la version logiciel de PICPROG2006. La version 2.0.0 est disponible sur le site du fournisseur (Velleman). La version présentée dans ce numéro permet la programmation des PIC suivants :

- 10F200
- 12C508A 12CE518 12F628 12F675
- 16F54 16F84A 16F627 16F627A
- 16F628 16F628A 16F630 16F676
- 16F785 16F870 16F871 16F876
- 16F876A 16F877 16F877A
- 18F1320 18F2320 18F4320 18F2550
- 18F

Nous avons réalisé des essais avec



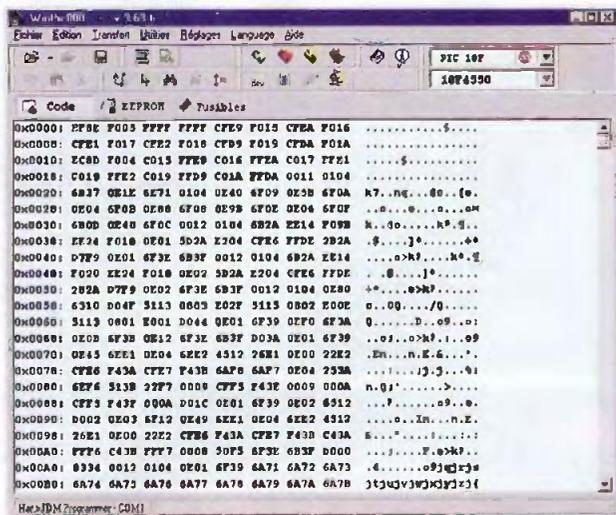
certaines des PIC dont le fonctionnement est en cours de validation (signalés par un indice jaune dans la liste déroulante de sélection).

Tant en mode lecture qu'en écriture, le résultat s'est avéré correct.

Notre liste peut être enrichie de façon impressionnante par les logiciels ICPROG et WINPIC qui, détaillés ci-après, possèdent leur propre liste.

## Compatibilités

Le kit K8076 est compatible avec d'autres logiciels spécialisés. Il sera ainsi possible d'utiliser le logiciel ICPROG (figures 4 et 5) ou bien le



6

7

logiciel WINPIC (figures 6 et 7). Ce dernier a été testé avec la version 98 de Windows. Il conviendra, avant toute lecture ou programmation de PIC non présent sur la liste de PICPROG2006, de vérifier l'implantation des broches Vpp, PGC et PGD sur un datasheet composant disponible en téléchargement sur le site de Microchip ([www.microchip.com](http://www.microchip.com)). Le programmeur présenté ici reste

à un coût très raisonnable et permettra de programmer les PIC les plus en vogue actuellement. De plus, ce kit est compatible avec des logiciels distribués gratuitement, tels ICPROG ou WINPIC. D'où une offre encore plus complète par rapport à la liste de base des différents types de PIC proposés par le logiciel de base fourni.

**P. Mayeux**  
[Pm.ep@libertysurf.fr](mailto:Pm.ep@libertysurf.fr)

## Liens

**Achat du kit**  
 (liste non exhaustive)  
[www.Lextronic.fr](http://www.Lextronic.fr)  
[www.stquentin-radio.com](http://www.stquentin-radio.com)  
[www.velleman.be/fr/en/product/search/?id=k8076](http://www.velleman.be/fr/en/product/search/?id=k8076)

**Téléchargement des logiciels**  
[www.ic-prog.com](http://www.ic-prog.com)  
[www.winpic800.com](http://www.winpic800.com)

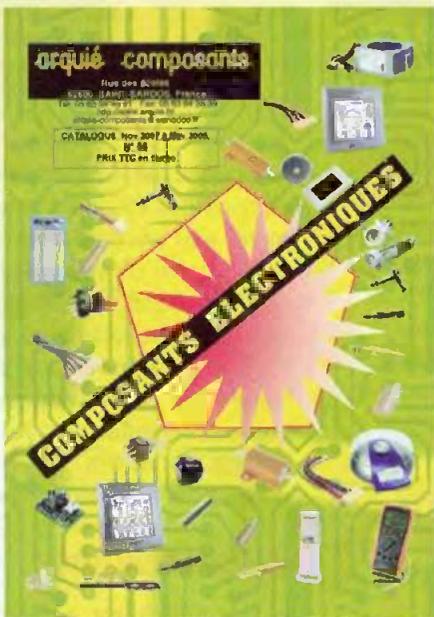
## arquie composants

4 Rue de écoles 82600 Saint-Sardos France  
 Tél. 05 63 64 46 91 Fax 05 63 64 38 39  
 SUR INTERNET <http://www.arquie.fr/>  
 e-mail : [arquie-composants@wanadoo.fr](mailto:arquie-composants@wanadoo.fr)

### Catalogue N°66

Afficheurs. Alimentations.  
 Caméras. Capteurs.  
 Cartes à puces. Circuits  
 imprimés. Circuits intégrés.  
 Coffrets. Condensateurs.  
 Cellules solaires.  
 Connectique. Diodes. Fers à  
 souder. Interrupteurs. Kits.  
 LEDs. LEDs Luxeon.  
 Microcontrôleurs. Multimè-  
 tres. Oscilloscopes.  
 Outillage. Programmeurs.  
 Quartz. Relais. Résistances.  
 Transformateurs. Transis-  
 tors. Visserie.  
 Etc...

Passez vos commandes  
 sur notre site:  
[www.arquie.fr](http://www.arquie.fr)



BON pour CATALOGUE papier FRANCE: GRATUIT (3,00 € pour DOM, TOM, UE et autres pays)

Nom: ..... Prénom: .....  
 Adresse: .....  
 Code Postal: ..... Ville: .....

## PCB-POOL®

Prix très concurrentiels pour les PCBs prototypes

1 EUROCARD  
 + Outillage  
 + Photoplots  
 + TVA

€49,-

\*Ce prix comprend pas les frais de port.



0800-903 330

Calculez votre devis immédiatement en ligne  
 Outillage /Set-up inclus  
 Aucun montant minimum  
 Livraison ponctuelle garantie  
 Garantie de qualité ISO 9001

[WWW.PCB-POOL.COM](http://WWW.PCB-POOL.COM)

## KICAD

## Le module Pcbnew

Dans cette cinquième partie de l'article que nous consacrons au logiciel libre Kicad, notre schéma terminé, nous vous invitons à découvrir le module Pcbnew. Auparavant, nous explorerons les possibilités d'impression de notre document sachant que, là encore, le concepteur a bien fait les choses.

Dans la deuxième partie parue dans *Électronique Pratique*, n°326, au chapitre 14 « Gestion de la feuille de tracé », nous avons paramétré notre feuille de tracé (ligne de procédure 25). Par conséquent, nous pouvons dès à présent nous occuper des paramètres de l'imprimante proprement dits. La **figure 53** rappelle la configuration de notre feuille de schéma.



53

## Tracer et imprimer

Pour cette fonction, deux modes d'impression sont disponibles à partir du menu fichier :

- Le mode **Imprimer** sur imprimante bureautique laser, jet d'encre ou aiguilles pour le schéma avec tracé selon le langage exploité par le pilote d'impression installé (commande disponible directement par l'icône « imprimante » de la barre d'outil supérieure);
- Le mode **Tracer** sur table traçante, avec tracé HPGL, Postscript, SVG ou Presse papier.

Pour notre usage, nous nous bornerons à utiliser le premier mode car les tables traçantes sont réservées au domaine professionnel, elles coûtent cher, sont encombrantes et extrêmement rares chez le particulier. Les utilisateurs de ce type de périphériques sauront exploiter sans difficulté le menu **Tracer**.

## Information

Qu'est-ce que le format SVG?

Il s'agit d'un format d'image. Le sigle SVG est un acronyme qui signifie « Scalable Vector Graphic ». Nous pourrions traduire en français par « Graphique vectoriel extensible » ou encore « Image vectorielle extensible ». Ce format est une norme du W3C, basée sur une autre norme nommée XML. Les recommandations pour la version 1.0 ont été publiées par le W3C le 4 septembre 2001.

L'extension du nom de fichier d'une image vectorielle dans le format SVG est .svg.

Retournons dans le module **EeSchema** et son schéma **Formation.sch** et explorons le menu **Imprimer** en cli-

quant directement sur l'icône imprimante  de la barre d'outils supérieure ou en passant par le menu **Fichier**, puis **Imprimer**.

Ceci a pour effet de faire apparaître la fenêtre représentée à la **figure 54**.



54

## Remarque

Comme pour l'ensemble des fonctions et outils, on dispose pratiquement toujours de deux possibilités de commandes : soit par une icône, soit par les menus « déroulants ».

Il n'y a rien de compliqué en ce qui concerne le menu d'impression. Le tableau présenté en **figure 55** est suffisamment explicite pour exploiter les quelques fonctions classiques d'impression.

Une précision tout de même au sujet de l'**Epaisseur plume mini**. Il s'agit de choisir l'épaisseur du trait du tracé des schémas à imprimer. Comme les imprimantes laser ou jet d'encre sont gérées en mode HPGL, à l'instar des tables traçantes qui sont équipées d'une plume à réservoir d'encre, c'est la raison du « pourquoi on emploie » le terme de plume. Avec une imprimante laser, la valeur de 0,010 d'épaisseur de plume convient parfaitement. Chacun règlera à la valeur qui lui convient.

Commandes du menu Imprimer de Eeschema		
Options	Imprimer	Ouverture de la fenêtre du menu d'impression
	Epaisseur plume mini ( ) 0,020	Réglage de l'épaisseur du tracé (en millième de pouce) 0,020 millième = 0,508 millimètre
Impression couleurs	<input checked="" type="checkbox"/> Imprimer cartouche	Pour imprimer la cartouche de la page du schéma ou non
	Miroir	Cette fonction relativement récente est seulement disponible dans le module Eeschema
Imprimer page	<input type="radio"/> Couleur	L'option Couleur permet de tracer en couleur (Aspect analogue à l'écran) ou en noir et blanc. En noir et blanc, toute couleur autre que le blanc est imprimée en noir. Cette option est généralement nécessaire si on utilise une imprimante laser noir et blanc, car les éléments en couleur sont traduits en demi-teintes peu lisibles.
	<input checked="" type="radio"/> Noir	
Commandes	<input checked="" type="radio"/> Courant	Pour imprimer la feuille courante ou toutes les feuilles si le schéma est réparti sur plusieurs feuilles.
	<input type="radio"/> Tout	
Options Impression	Options Impression	Pour accéder à la configuration des paramètres de l'imprimante
	Prévisualisation	Permet de pré visualiser la ou les feuilles à imprimer avant de lancer l'impression
	Imprimer	Lancer l'impression
	Fermer	Fermer la fenêtre "Imprimer"

55

On a donc le choix d'imprimer ou non le cartouche du dessin, d'imprimer en couleur ou en monochrome noir et enfin, d'imprimer la page courante ou toutes les pages si le dessin du schéma est composé de plusieurs pages référencées.

Les autres commandes se retrouvent comme dans tout programme sous Windows, par conséquent c'est un domaine connu par tout un chacun.

La **prévisualisation** est très utile pour voir rapidement la feuille de schéma et éviter de gâcher du papier.

Concernant la fonction **Miroir**, nous y reviendrons ultérieurement dans **Pcbnew**. On constate que cette commande est grisée, donc non disponible, dans **EeSchema**. Enfin, les **options d'impression** donnent l'accès au choix de l'imprimante de sortie et à ses paramétrages spécifiques.

Attardons-nous quelques instants sur le contenu du menu **Tracer** de la **figure 56** car il propose une fonction intéressante.

- Tracé Postscript
- Tracé HPGL
- Tracé SVG
- Tracé dans Presse papier

56

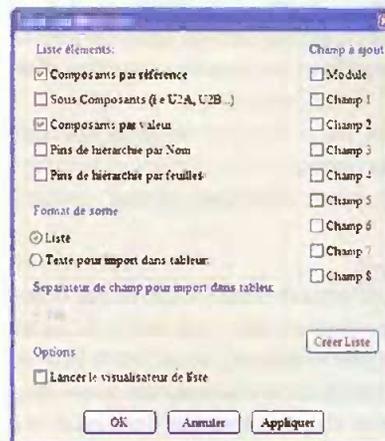
En effet, outre les fonctions de tracés Postscript, HPGL et SVG, qui assurent le mode de sortie sur les imprimantes correspondantes, le tracé dans **Presse papier** est fort utile dans certains cas, par exemple pour effectuer une exportation du schéma vers une page Word. C'est la fonction de Windows copier/coller via le presse-papiers qui assure la collecte du tracé et le transfert vers une autre application. N'est-ce pas pratique ?

Maintenant, il est temps d'imprimer votre schéma **Formation.sch** en cliquant sur le bouton « Imprimer » afin d'admirer votre travail. Alors, satisfait ?

Avant d'aborder **Pcbnew**, il convient de noter une dernière

et très utile fonction de **EeSchema** : la **Liste des composants et des références croisées**.

Cliquer sur l'icône pour charger la fenêtre de la **figure 57**.



57

Ce menu permet la génération d'un fichier de liste des composants et/ou des connexions hiérarchiques (labels globaux). En résumé, c'est la liste des courses ou plutôt la nomenclature détaillée des composants qui sont présents sur le schéma. Le document ainsi édité servira à établir un « bon de commande », par exemple pour l'achat des composants.

Les composants peuvent être listés, classés par référence, valeur et les boîtiers à parties multiples peuvent être listés part par part.

Les labels globaux peuvent être listés, puis classés alphabétiquement et par feuille de hiérarchie.

Tous ces différents classements peuvent être générés simultanément.

Passons en revue les fonctionnalités disponibles que présente le tableau de la **figure 58**.

Commandes du menu Liste des composants et des références croisées		
Liste éléments	Liste du matériel	Ouverture de la fenêtre du menu Liste du matériel
	Composants par références	Génération de la liste des composants triés par Référence
	Sous-composants (i.e U2A, U2B...)	Génération de la liste avec les différents parties contenues dans les boîtiers (ex U2A, U2B...)
	Composants par valeur	Génération de la liste des composants triés par Valeur
	Pins de hiérarchie par nom	Génération de la liste des connexions hiérarchiques triées alphabétiquement
Options	Pins de hiérarchie par feuilles	Génération de la liste des connexions hiérarchiques triées par numéro de feuilles
	Lancer le visualisateur de liste	Lance le programme visualisateur de fichier texte (Ext: Bloc-notes)
Champs à rajouter	Ajouter champs 1 à 8	Ajouter à la liste les champs 1 à 8 contenus dans les propriétés des composants (voir édition des composants)
	Créer Liste	Lancement de la création de la liste du matériel
	Quitter	Quitter le menu Liste du matériel

58

On dispose d'un outil complet qui génère des listes sur mesure en exploitant tous les champs des propriétés des composants.

Le menu sous-composants est utile car, si besoin, il dévoile le détail des composants comprenant plusieurs parties, par exemple le circuit CD4000 qui renferme quatre portes logiques NAND.

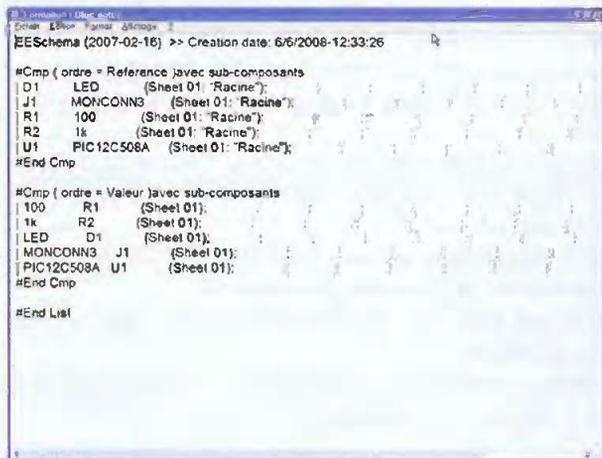
Si dans les propriétés d'un composant les champs 1 à 8 sont renseignés, le menu **Champs à Ajouter** permet de faire apparaître les informations dans la liste à créer, en ayant pris soin de cocher le ou les champs que l'on désire y inscrire.

Rien de compliqué, les titres et commentaires suffisent pour l'exploitation de ce menu.

Enfin, pour clore ce chapitre, vous allez générer une liste de composants.



Cliquer sur l'icône  ensuite cocher toutes les cases qui ne sont pas encore sélectionnées, puis faire un clic sur le bouton « Créer ». Après quelques secondes, la liste de la figure 59 apparaît, visualisée à l'aide du module « Bloc Note » de Windows. On observe que les champs 1 à 8 sont présents (séparateurs ;), mais comme ils ne sont pas renseignés, aucune information n'est visible pour ces huit champs.



59

Nous voici arrivés au terme du parcours du module **EeSchema**, passons maintenant au très fourni module **Pcbnew**.

## Présentation de Pcbnew : éditeur de circuits imprimés

Avec le module **Pcbnew**, nous abordons le domaine de la conception des circuits-imprimés. Cette phase est l'aboutissement de tout le travail effectué en amont dans les chapitres précédents à l'aide des modules **EeSchema** et **Cvpcb** qui nous ont permis de dessiner le schéma théorique, d'éditer des symboles, d'effectuer le contrôle électrique, d'assurer l'association des symboles avec des modules et de générer la **Netliste**.

### Remarque

Pour parcourir le module **Pcbnew**, la numérotation des procédures est remise à zéro afin de clarifier la lecture des actions.

Avant de passer à la pratique, il est nécessaire de connaître les nombreuses possibilités de ce puissant module. La liste des fonctionnalités est extrêmement fournie. C'est le passage obligé pour en comprendre la logique afin d'exploiter **Pcbnew** de manière optimale.

Les nombreuses fonctionnalités et commandes contenues dans ce module paraîtront rébarbatives à certains qui n'exploiteront pas au maximum cette suite **Kicad**. Mais il est toujours intéressant de savoir ce qu'il est possible de faire avec les outils que l'on utilise.

Avec un peu de pratique, la manipulation des fonctions est très logique et bien renseignée. Alors courage, c'est parti pour l'exploration des caractéristiques et fonctions de **Pcbnew** !

Dernier conseil toutefois avant de pénétrer dans l'univers **Pcbnew**. Nous avons installé la dernière version connue de la suite **Kicad** à l'adresse suivante :

[http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/cao/KiCad-2007-11-29-c-WinXP\\_autoinstall.zip](http://iut-tice.ujf-grenoble.fr/cao/KiCad-2007-11-29-c-WinXP_autoinstall.zip)

Cette version a été mise à disposition au téléchargement le 29 janvier 2008. Pour l'installation, se reporter au premier chapitre ou suivre la procédure en téléchargeant le fichier nommé **INSTALL.txt** qui se trouve en racine du site de l'IUT de Grenoble.

## Description du module

**Pcbnew**, puissant logiciel de réalisation des circuits imprimés, se décline en deux versions : l'une sous Linux, l'autre sous Windows. Quel que soit le système utilisé, les fichiers générés sont totalement compatibles d'un système à l'autre.

Il travaille en association avec le logiciel de schématisation **EeSchema** qui fournira à **Pcbnew** le fichier **Netliste**, lequel décrit le schéma théorique de la carte du circuit imprimé à réaliser.

Comme vu précédemment, c'est le logiciel complémentaire **Cvpcb** qui assure la préparation des fichiers **Netlistes** nécessaires pour exploiter ensuite **Pcbnew**.

Ce logiciel fonctionne en mode 32 bits. Sa capacité en traitement de circuits ne se trouve limitée que par la capacité de la mémoire de stockage disponible sur l'ordinateur. Il n'y a donc pas de limitation réelle dans le nombre de composants, de pins par composant, de connexions ou de feuilles de dessins...

### Pcbnew gère et intègre les fonctions suivantes :

- les bibliothèques de modules de dessins et des composants physiques chargés automatiquement lors de la lecture des fichiers **Netlistes** (**Cvpcb** permet d'établir de façon interactive la liste des modules attribués à chaque composant du schéma);
- intègre automatiquement et immédiatement toute modification schématique par suppression automatique des pistes erronées, par ajout des nouveaux composants ou en modifiant toute valeur des modules anciens ou nouveaux, selon les indications qui apparaissent dans le schéma;
- un chevelu dynamique qui intervient immédiatement

suite à une modification de piste ou...

- un déplacement de module;
- un contrôle d'isolement (DRC) en ligne qui signale automatiquement en temps réel toute erreur de tracé de piste ou court-circuit;
- placement automatique des plans d'alimentation, avec ou sans freins thermiques sur les pastilles;
- un autorouteur simple mais efficace pour aider à la réalisation du circuit;
- propose des options particulières pour la réalisation de circuits hyperfréquences, telles que pastilles de forme trapézoïdale et complexe, tracé automatique d'inductances sur circuit imprimé...;
- affiche les éléments (pistes, pastilles, textes, dessins...) en respectant les formes réelles et selon différentes présentations en fonction des goûts personnels;
- affichage des contours en traits pleins;
- affichage des marges d'isolation électrique.

## Principales caractéristiques techniques

**Pcbnew présente les caractéristiques suivantes :**

- résolution interne de 1/10 000 pouce;
- travail jusqu'à seize couches de cuivre plus douze couches techniques : sérigraphie, plans de vernis épargne, plans de pâte à souder pour les pastilles CMS, plans de dessin et cotation;
- gère en temps réel les chevelus des pistes restantes à router.

**L'affichage des éléments (pistes, pastilles, textes, dessins...) peut se faire :**

- en traits pleins ou en contours;
- avec les marges d'isolation électrique;
- en cachant certains éléments comme : couches, zones de cuivre, composants CMS côté cuivre ou composants, c'est utile pour les circuits multicouches à haute densité;
- l'affichage de couches, zones, composants peut être supprimé de façon sélective pour une meilleure lisibilité de l'écran en cas de circuits complexes;
- les modules peuvent être orientés d'un angle quelconque à 0,1 degré près;
- les pastilles peuvent être de forme ronde, rectangulaire, ovale ou trapézoïdale (ceci est nécessaire pour la réalisation de circuits imprimés pour hyper-fréquences);
- les pastilles peuvent être un regroupement de plusieurs pastilles de base;
- les dimensions et les couches où ces pastilles apparaissent sont ajustables pour chaque pastille;
- les trous de perçages peuvent être excentrés;
- génération automatique des plans d'alimentation;
- génération automatique de freins thermiques autour des pastilles concernées;
- la création et la modification de modules est une fonction intégrée dans les menus de gestion des circuits imprimés et tout module déjà placé peut être édité sur le circuit, puis sauvegardé dans une librairie;
- une fonction d'archivage permet la sauvegarde automatique en librairie de tous les modules d'un circuit imprimé.

**Pcbnew génère de façon extrêmement simple tous les documents suivants, nécessaires à la réalisation :**

- les fichiers de phototraçage en format Gerber;
- les fichiers de perçage en format Excellon et plans de perçage;
- les fichiers de traçage et de perçage au format HPG;
- les fichiers de traçage et de perçage au format Postscript (avec ou sans avant-trou de perçage);
- la sortie sur imprimante locale laser en mode HPGL, Postscript...;
- permet la visualisation des circuits imprimés et des composants en mode « trois dimensions ».

### Informations

Les fichiers **Gerber** sont les fichiers utilisés pour la fabrication des typons par photo-traçage devant servir à l'exposition des plaques recouvertes de cuivre. Gerber est le premier constructeur de photo-traceurs dont le protocole est devenu un standard.

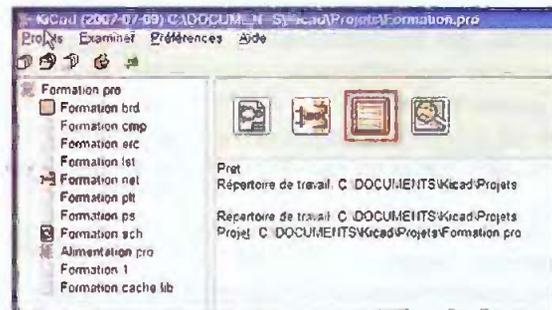
Les fichiers **Excellon** sont créés pour piloter la commande numérique des perceuses. Le constructeur Excellon a également créé, dans son domaine, un standard dans l'industrie du circuit imprimé en ce qui concerne les normes du perçage par commande numérique.

Ces machines outils numériques industrielles ne sont pas à la portée des amateurs.

## Lancement de Pcbnew

Il est temps de lancer l'application qui nous intéresse en suivant la procédure suivante :

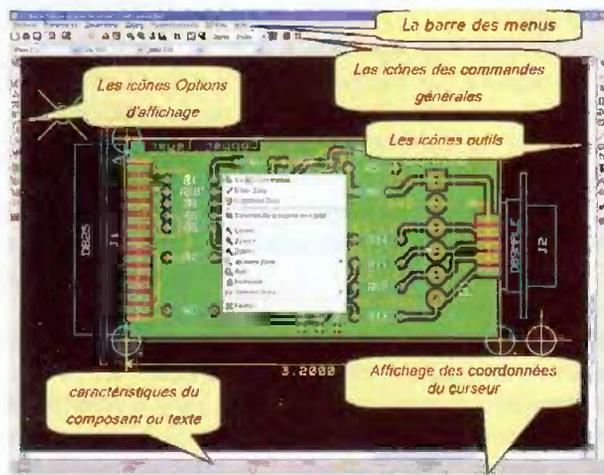
- 188** - Double cliquer sur l'icône **Kicad**  , la fenêtre du gestionnaire de projet s'ouvre et présente une fenêtre comme représentée à la **figure 60**.



**60**

- 189** - Un clic gauche sur l'icône **Pcbnew**  (dans le cadre rouge) charge la fenêtre d'accueil de **Pcbnew**;
- 190** - Ensuite, cliquer sur le menu **Fichier**, puis **Charger Circuit Imprimé**;
- 191** - Dans la racine du disque dur, retrouver le répertoire **Kicad** et l'ouvrir;
- 192** - Cliquer sur **Demos**, puis sur **sonde xilinx** et, enfin, double cliquer sur le fichier **sonde xilinx.brd** pour l'installer dans la fenêtre de travail.

Après avoir chargé le circuit imprimé d'exemple (sonde) de la librairie « démos » présente dans le répertoire Kicad, l'écran apparaît comme à la figure 61.



61

Faire un zoom+ pour agrandir le dessin du circuit imprimé et le centrer dans la fenêtre en utilisant l'ascenseur vertical et l'ascenseur horizontal situés respectivement en bas et à droite de la fenêtre.

Ceci va nous permettre d'explorer les commandes de base de Pcbnew.

## Les commandes

Pcbnew présente un important arsenal de commandes, c'est pourquoi, pour en prendre connaissance, il est impératif que la présentation soit soignée et claire. Comme pour les précédentes parties, les commandes sont regroupées par fonctions et classées dans des tableaux.

### 1. L'accès aux commandes

Pour accéder aux différentes commandes, les différentes possibilités sont :

- action sur la barre des menus (en haut de l'écran);
- action sur les icônes du haut d'écran (commandes générales);
- action sur les icônes sur la droite de l'écran (commandes particulières ou outils);
- action sur les icônes sur la gauche de l'écran (options d'affichage);
- action sur les boutons de la souris (importantes commandes complémentaires qui seront décrites ultérieurement).
- touches de fonctions du clavier (F1, F2, F3, F4, touche Inser, Suppr et barre « espace »).
- la touche « Escape » (ou « Echap ») permet souvent d'annuler une commande en cours.

#### Remarque

Le bouton de droite permet de faire apparaître un menu « Pop Up » dont le contenu dépend de l'élément sous le curseur (zoom, grille et édition des éléments).

## 2. Commandes à la souris

**Bouton de gauche :**

- simple clic = affichage des caractéristiques du composant ou texte sous le curseur souris;
- double clic = édition (si l'élément est éditable) de ce composant ou texte;
- bouton du milieu = commandes rapides de Zoom;
- bouton de droite = affichage d'un menu Pop Up.

Les souris à deux boutons ne sont pas conseillées car elles ne permettent pas les commandes précédemment listées.

## 3. Les commandes de base

La figure 61 présente et localise tous les modes de « commande de base ». Cette figure permet de repérer la majorité des fonctions décrites ci-après.

## 4. Opérations sur les blocs

Un bloc est un ensemble de composants capturé par la souris. Les commandes de déplacement, déplacement en mode drag, copie et effacement de blocs sont possibles dans tous les menus schématiques.

**Les actions sont les suivantes :**

- le cadre du bloc est tracé en maintenant appuyé le bouton gauche de la souris;
- la commande sera exécutée au relâchement du bouton;
- en maintenant appuyée l'une des touches **Shift**, **Ctrl** ou les deux touches **Shift** et **Ctrl**, au moment où l'on appuie sur le bouton droit de la souris, la commande miroir, rotation ou effacement, sera sélectionnée.

**Commandes résumées :**

- bouton gauche + souris appuyé;
- tracé du cadre pour déplacement de bloc;
- shift + bouton gauche souris appuyé;
- tracé du cadre pour bloc miroir;
- ctrl + bouton gauche souris appuyé;
- tracé du cadre pour rotation de 90° de bloc;
- shift + ctrl + bouton gauche souris appuyé;
- tracé du cadre pour effacer le bloc;
- relâche du bouton : exécution.

**En déplacement :**

- cliquer à nouveau sur le bouton pour placer les éléments;
- cliquer sur le bouton droit pour annuler.

## 5. Sélection du pas de grille

Le curseur de tracé se déplace sur une grille (en générale au pas de 1,27 mm ou 2,54 mm), qui peut être affichée ou non (cette grille est toujours affichée dans les menus de gestion des librairies).

Le changement du pas de la grille se fait dans le menu « popup » ou par la barre d'outils du haut d'écran. De surcroît, il est possible de définir une grille « utilisateur » quelconque.

## 6. Réglage du ZOOM

**Pour changer le « ZOOM » :**

- activer le menu Pop Up (bouton de droite de la souris) et sélectionner le zoom (ou le pas de grille voulu).

**Ou bien utiliser les touches de fonctions ci-après :**

- F1 : grossissement;
  - F2 : réduction;
  - F3 : rafraîchissement de l'affichage;
  - F4 : recentrage autour du curseur
  - ou par la molette de la souris;
  - ou par « drag » de la souris avec le bouton du milieu appuyé.
- Un rectangle sera affiché et déterminera la zone **zoomée**.

## 7. Affichage des coordonnées du curseur

On dispose de deux systèmes d'unité d'affichage : le pouce (inch) ou le millimètre.

En revanche, le module **Eeschema**, de façon interne, travaille toujours en 1/1000 de pouce.

**L'affichage en bas et à droite de l'écran (figure 62) indique :**

Z 40 X 7,0000 Y 2,3000 X 1,9000 Y 2,3000 Pouce

62

- la valeur du zoom;
- la position absolue du curseur;
- la position relative du curseur;
- les coordonnées relatives (x,y) peuvent être remises à 0 par la barre d'espace;
- les coordonnées affichées ensuite seront alors relatives à ce point de remise à 0;

### Remarques

On peut aussi afficher les coordonnées relatives en mode « Polaire » (rayon + angle).

## 8. Commandes rapides au clavier (« Hot Keys »)

Certaines commandes courantes sont accessibles directement au clavier. Les majuscules et minuscules sont indifférenciées.

**Ce sont les touches suivantes :**

- touche Delete (Suppression) : effacement du « Module » ou de la « Piste » selon la commande en cours. N'a d'effet que si l'outil « Module » ou l'outil « Pistes » est actif;
- touche V : place via en cours de trace de piste si l'outil « Pistes » est actif;
- touche R : rotation module;
- touche S : change couche module en basculant de « Composant » vers « Cuivre » ou « Cuivre » vers « Composant »;
- touche M : Start Move module, placement du module par clic sur bouton gauche de la souris;
- touche G : Start Drag module, placement du module (clic sur bouton gauche de la souris);
- touches + et - : changement de couche active;
- touche « Page Up » Couche active = composant;
- touche « Page Down » Couche active = cuivre.

## 9. Opérations sur blocs

On dispose de commandes directes sur blocs en déplaçant la souris, tout en maintenant son bouton gauche appuyé.

Cinq commandes sont disponibles : « move », « miroir », « copie », « rotation 90 degrés » et « effacement ». Ces

commandes relatives à un bloc de dessin peuvent être effectuées directement.

Le bloc est sélectionné par déplacement de la souris, bouton gauche maintenu appuyé.

Pour les commandes « move » (déplacer), « copie », le bloc sélectionné suit les déplacements de la souris et la commande est validée par un nouveau clic sur le bouton gauche.

L'annulation de la commande est toujours possible par le bouton droit ou la touche « Escape ».

**Les cinq commandes sont obtenues de la façon suivante :**

- bouton gauche appuyé seul sur le bloc = « move » (déplacer);
- bouton gauche appuyé + clavier touche « Shift » = bloc miroir;
- bouton gauche appuyé + clavier touche « Ctrlt » = bloc rotation 90 degrés;
- bouton gauche appuyé + clavier touche « Shift+Ctrl » = bloc delete (effacer);
- bouton gauche appuyé + clavier touche « Alt » = bloc « copie ».

### Commande alternative:

- si on est en commande **bloc move**, on peut sélectionner à nouveau une des autres commandes par menu **Pop Up** à la souris, appelée par le bouton droit de la souris (figure 63).



## 10. La barre des menus

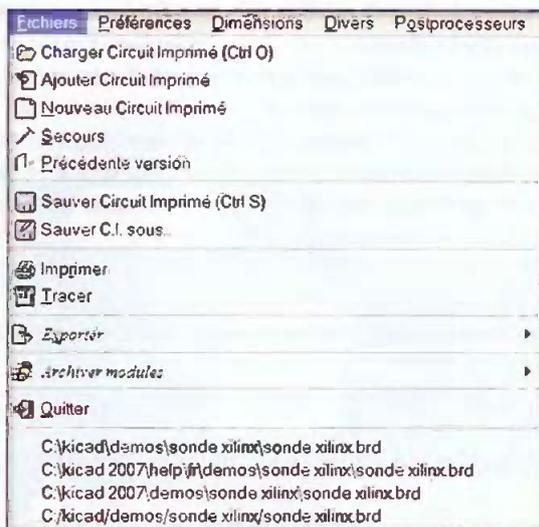
La figure 64 visualise les menus disponibles sur la barre des menus située en haut de la fenêtre de travail. Elle permet l'accès aux lectures et sauvegardes des schémas, aux menus de configuration et à l'aide en ligne.

Fichiers Préférences Dimensions Divers Postprocesseurs 3D Visu Aide

64

Le menu **Fichiers** (figure 65) se présente comme tout autre menu fichiers d'une application Windows. Les fonctions disponibles permettent la lecture des fichiers, la sauvegarde des circuits imprimés créés et, enfin, la génération des documents de traçages.

Il assure aussi l'exportation (au format GenCAD 1.4) du circuit pour les testeurs automatiques.



65

Le tableau de la figure 66 détaille les fonctions du menu Fichiers.

Commandes du menu Fichiers		
	Charger Circuit Imprimé	Charge les fichiers de circuits imprimés sélectionnés dans la fenêtre Accueil ou insérés dans un autre élément de sauvegarde.
	Ajouter Circuit Imprimé	Ajoute un circuit imprimé dans la même fenêtre de travail en plus de celui en cours de travail ou de modification. Cette fonction est différente de Charger un Circuit Imprimé qui modifie ou un circuit existant de la base de travail.
	Nouveau Circuit Imprimé	Crée un nouvel espace de travail pour passer un nouveau circuit imprimé.
	Secours	Fait accéder le bureau sans le circuit imprimé qui a été chargé. C'est une lecture de la mémoire cache de travail. Très utile en cas de crash de PC sans sauvegarde du fichier de travail en cours.
	Précédente version	Après une modification quelconque du circuit imprimé, fait revenir la précédente version avant modification. Très utile aussi en cas d'erreur de manipulation.
	Sauver Circuit imprimé	Sauvegarde dans le répertoire désigné, le circuit imprimé en cours de manipulation ou de modification.
	Sauver C.f. sous...	Sauvegarde du circuit imprimé dans un répertoire différent de celui désigné.
	Imprimer	Génération des documents à l'impression et menu de configuration de l'impression complètement basé sur le menu .app. De nombreuses fonctions associées à configurer.
	Tracer	Génération des documents de traçage avec le traçage et menu de configuration. De nombreuses fonctions associées à configurer.
	Exporter	Exporte les fichiers au format Gerber, pour la programmation de l'outil de test automatisés des circuits et fichiers modules.
	Archiver modules	Archiver les nouveaux modules. Créer des archives de module.
	Quitter	Quitter l'application Pcbnew.

66

Avec le menu Préférences (figure 67) ce sont les paramètres de configuration de Pcbnew que l'on gère.



67

Il permet, entre autres, de :

- sélectionner les bibliothèques de travail;
- choisir les couleurs d'affichage et autoriser l'affichage des couches et des éléments du circuit ;
- gérer les options générales (unités de travail, nombre de couches autorisées...).

Le tableau de la figure 68 complète la description des différentes fonctions.

Commandes du menu Préférences		
	Libs et Rep	Sélection des bibliothèques de travail.
	Couleurs	Choix des couleurs d'affichage plus l'autorisation d'affichage des couches et des éléments du circuit.
	Options générales	La gestion des options générales comme unités de travail, nombre de couches autorisées.
	Options d'affichage	La gestion des options d'affichage (pistes, texte...).
	Sélection des fontes	Sélection des fontes pour les boîtes de dialogue, affichage infos.
	Langage	Choix du langage de l'application.
	Sauver Pcbnew Options	Sauvegarder les options Pcbnew sur un fichier avec la syntaxe *.pro.
	Lire configuration	Charger et lire un fichier de configuration Pcbnew.

68

Le menu Dimensions (figure 69) autorise les réglages suivants :

- largeur des pistes et dimensions de vias
- taille des textes et largeur des traits de dessins
- dimensions et caractéristiques des pastilles



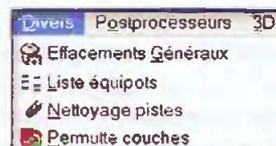
69

Les détails du menu sont présentés à la figure 70.

Commandes du menu Dimensions		
	Pistes et Vias	Menu pour les dimensions des largeurs de pistes et de tailles des Vias (traversées inter-couches cuivre).
	Dim Grille utilisateur	Configuration des dimensions et choix de l'unité de mesure de la grille de travail.
	Textes et Tracés	Configuration des textes et traces des éléments graphiques et des modules.
	Caract pads	Propriétés des pads (pastilles) comme nom, numéro, position, forme, taille, orientation, perçage.
	Sauver Pcbnew Options	Sauvegarde du fichier de configuration en fichier *.pro.

70

Le menu Divers (figure 71) donne accès aux commandes suivantes :



71

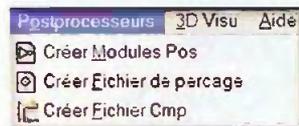
- commandes d'effacements généraux;
- listage sélectif des équipotentielles;
- suppression des segments de pistes inutiles ou redondants;
- permutation entre couches de cuivre.

Le tableau de la **figure 72** présente le détail des quatre fonctions du menu.

Commandes du menu Divers		
	Effacements Généraux	Effacements précis d'éléments comme zone texte, contour tracés, modules, pistes, marqueurs composants
	Liste équipots	Listage sélectif des équipotentielles
	Nettoyage pistes	Commande de suppression des pistes non connectées, les pistes redondantes et compactage des segments
	Permute couches	Sélection et permutation de toutes les couches y compris les couche composants, sérigraphie, contours

**72**

Le menu **Postprocesseurs** (figure 73) permet la création des types de fichiers ci-après :



**73**

- de placement des composants (pilotage de machines de placement automatique);
- de percage;
- d'association composants/modules (normalement généré par CVPCB).

Le tableau de la **figure 74** complète le paragraphe précédent.

Commandes du menu Postprocesseurs		
	Créer Modules Pos	De placement des composants (pilotage de machines de placement automatique)
	Créer Fichier de percage	Création d'un fichier de percage normalisé pour machines numériques (Espejoon)
	Créer Fichier Cmp	Création d'un fichier d'association composants/modules (normalement généré par CVPCB)

**74**

Enfin, pour achever cette cinquième partie, faisons une pause en nous intéressant à cette fabuleuse fonction de **3D Visu** qui permet l'accès à l'écran d'affichage en mode trois dimensions.

La **figure 75** montre l'exemple en trois dimensions du circuit de sonde que nous avons déjà chargé.



**75**

Pour obtenir cette vue avec le circuit imprimé de la sonde à l'écran, faire un clic gauche sur le menu **3D Visu**, puis un autre clic sur le menu suivant et, miracle, la vue de la **figure 75** apparaît.

Ensuite, attraper le fil blanc avec la souris en maintenant le clic gauche et en le déplaçant. Génial, n'est-ce pas ? On peut observer le montage 3D sous différents angles. Après avoir exploré et manipulé **Pcbnew**, nous visiterons le logiciel complémentaire **Wings** qui permet de créer toutes sortes de composants pour aboutir à une vue 3D des circuits imprimés réalisés.

Voilà cette cinquième partie achevée. En attendant la suite de ce tutorial, nous vous invitons vivement à manipuler les nombreuses commandes précédemment révélées afin de vous familiariser avec **Pcbnew** avant de nous attaquer à la partie concrète de la réalisation du circuit imprimé de notre schéma de formation.

**G. KOSSMANN**  
gabriel.kossmann@orange.fr

L'offre pertinente pour vos Circuits Imprimés professionnels

**EURO**  
CIRCUITS

On-line: calculez vos prix  
On-line: passez vos commandes  
On-line: suivez vos commandes  
On-line: 24H/24 & 7J/7

**Pas de minimum de commande !  
Pas de frais d'outillages !**

Une équipe novatrice à votre écoute: +33 (0)3 86 87 07 85  
**www.eurocircuits.com**

Verified

- "Standard pooling" à prix très attractifs
- de 1 à 6 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

A la carte

- "Technologie pooling" à prix attractifs
- de 1 à 8 couches
- de 1 à 1000 pièces
- délais à partir de 3 jours ouvrés

On demand

- "Technologie particulière" au juste prix
- de 1 à 16 couches
- de 1 pièce à la moyenne série
- délais à partir de 3 jours ouvrés

# Dumpeur expérimental de cartes synchrones

L'exploration d'une carte à puce a toujours été passionnante, c'est pourquoi nous vous proposons la réalisation d'un montage permettant de lire le contenu d'un grand nombre de télécartes de type synchrone.

**L**a technologie des cartes à puce a énormément évolué ces dernières années. C'est pratiquement dans tous les domaines que nous la retrouvons aujourd'hui, que ce soit pour téléphoner, se garer (parcmètres), laver son véhicule et autres « distractions ». Le montage décrit dans ces lignes vous permettra de lire, à titre d'information bien sûr, le contenu de ces diverses cartes. Ces informations seront utiles aux collectionneurs et à toute personne désirant se familiariser avec les télécartes.

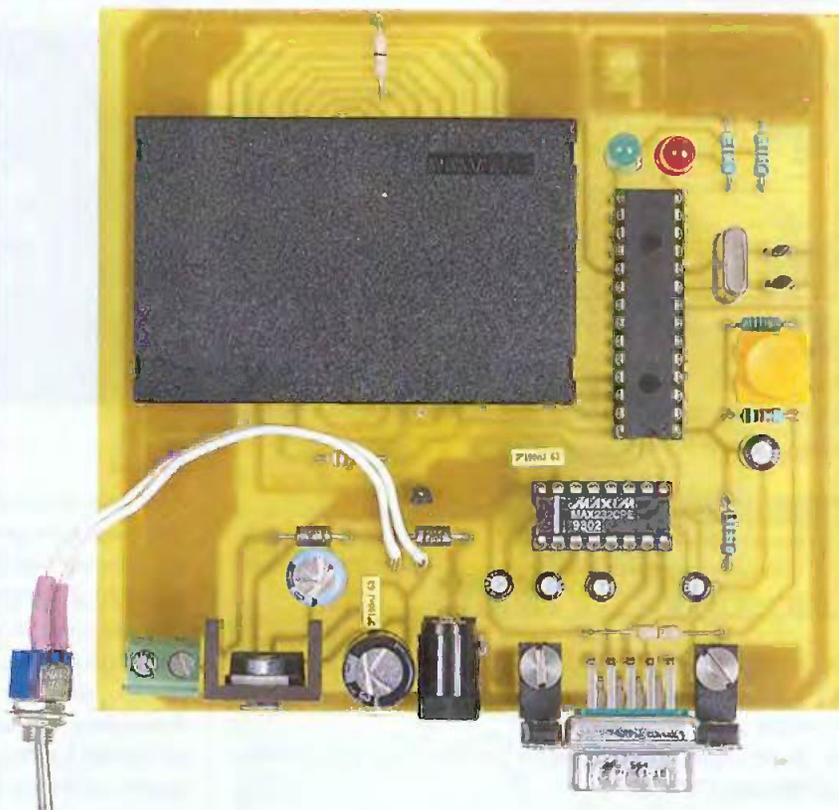
## Bref historique de la télécarte

Les premières utilisations de la « carte à puce » datent de 1984, dix ans après le dépôt d'un brevet par Roland Moreno.

Les télécartes de paiement téléphonique, quant à elles, font leur apparition en 1987 sous l'appellation T1G (Télécarte première génération) mémoire d'EPROM NMOS dont la capacité est de 256 bits.

En 1991, la position de la puce sur la carte plastique se normalise (position ISO) et remplace l'ancienne position (AFNOR) comme illustré en **figure 1**. C'est au mois de mai 1993 que la télécarte de deuxième génération est produite (T2G) avec une mémoire de 512 bits.

En novembre 1999, les ventes de télécartes atteignent le milliard. Ces



cartes sont dites « synchrones » car, comme nous le verrons plus loin, les informations sont échangées au rythme d'une horloge dont le rôle est de synchroniser les échanges.

**La télécarte T1G** n'est, en fait, qu'une simple mémoire EEPROM sur laquelle on peut lire les informations contenues dans chacune des quelque 256 cellules au moyen d'un signal d'horloge.

Lorsque la broche de lecture/écriture (ISO/2) est positionnée en mode lecture et après un reset de la télécarte, chaque top d'horloge envoyé sur l'entrée « clk » de la mémoire permet de lire, sur la broche I/O (ISO/7), la valeur du bit correspondant à la cellule mémoire concernée. Cela, en commençant par l'adresse 0 (suite à l'initialisation).

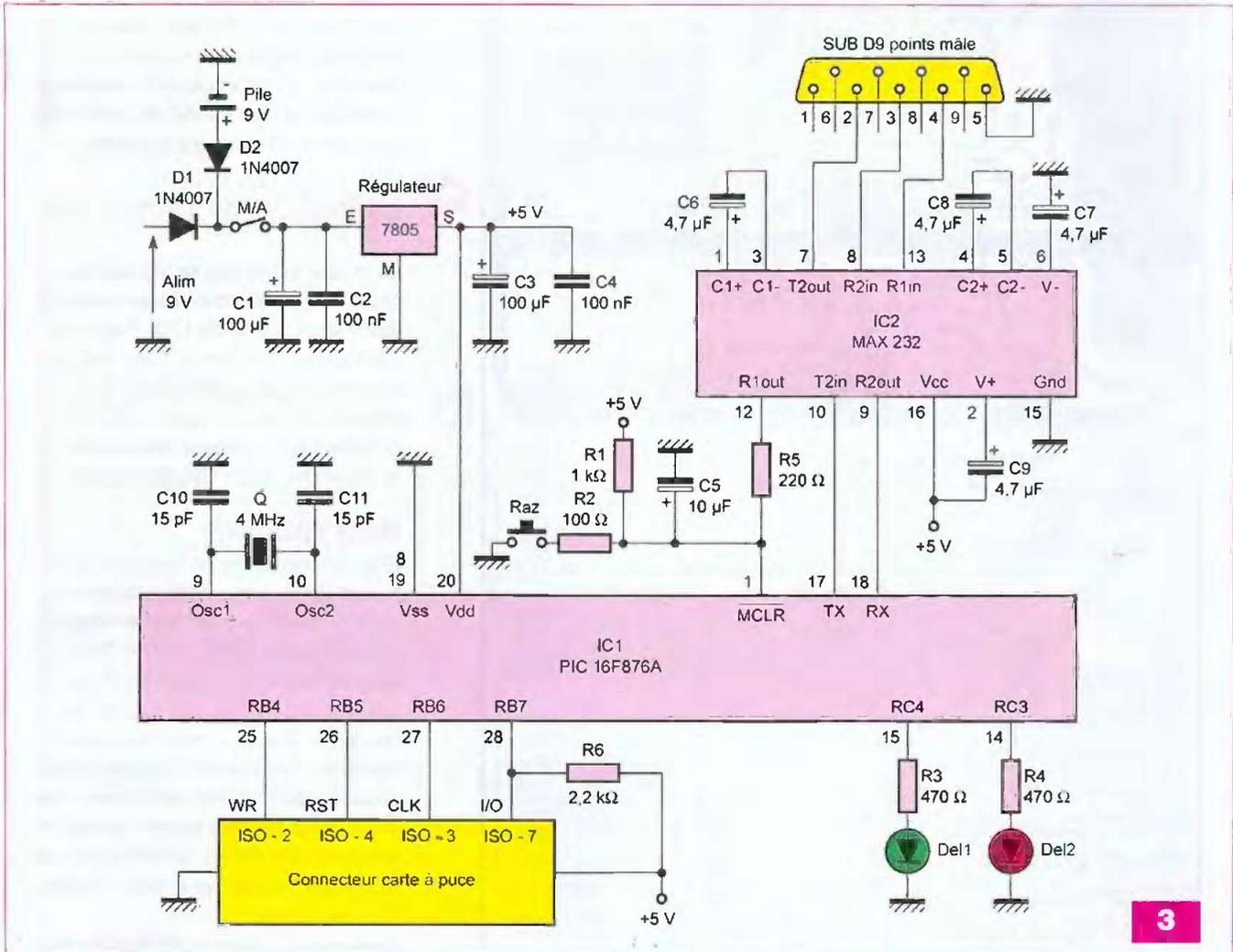
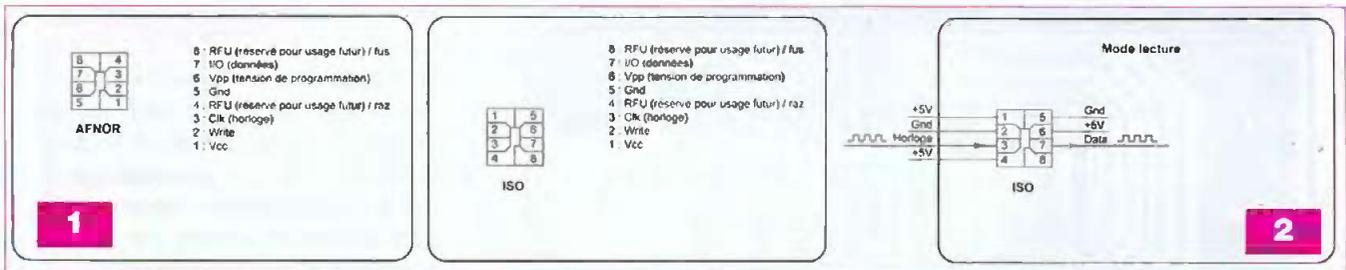
En 256 tops d'horloge, on a lu tout le contenu de la mémoire.

En mode programmation de bits, une tension de + 21 V doit être appliquée

sur la broche « Vpp » (ISO/6) et la broche « Write » (ISO/2) doit être positionnée à « 1 ».

**La télécarte T2G** est un peu plus qu'une simple mémoire EEPROM. En effet, celle-ci comporte des compteurs et des clés de certifications masquées par des « 1 » (sécurité oblige). Notez, au passage, que la capacité de cette mémoire passe à 512 bits et que cette fois-ci une tension de + 5 V est suffisante pour la programmation.

Pour la lecture, le principe est le même que sur la T1G. On peut lire successivement les informations des 512 cellules lorsque la broche de lecture/écriture (ISO/2) est positionnée en mode lecture (**figure 2**). Chaque top d'horloge permet alors de lire via la broche I/O (ISO/7) la valeur du bit correspondant à la cellule mémoire. Dorénavant, 512 tops d'horloge sont nécessaires pour lire tout le contenu de la télécarte.



## Principe

Le schéma de principe, relativement simple, de notre montage est donné en figure 3. Le cœur du montage est à base d'un PIC 16F876. Les broches RB4 RB5 et RB6 du PIC permettent d'appliquer à la télécarte les trois signaux « Write », « Reset » et « Clock » et la broche RB7 permet de recueillir le signal « I/O » correspondant aux données lues.

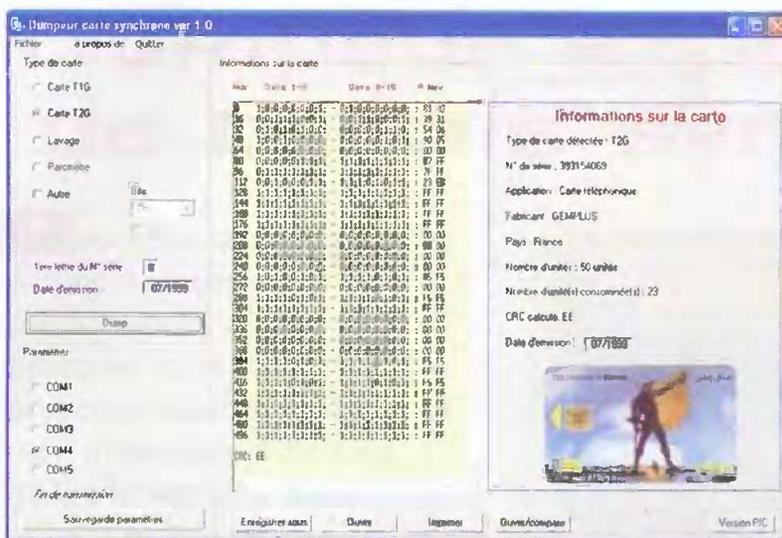
Le microcontrôleur est cadencé à la fréquence de 4 MHz et interfacé avec le port série d'un PC, celui-ci permettant l'affichage et le traitement des

informations provenant de la télécarte à lire. Le circuit MAX 232 remet en forme les signaux issus du PC vers le PIC et inversement. La liaison série est paramétrée côté PC et microcontrôleur en 9 600 bauds/8 bits de données, aucune parité et 1 bit de stop. L'alimentation du montage est assurée soit par un bloc secteur de 9 V, soit par une pile de 9 V. Un régulateur de tension de type 7805 fournit le + 5 V au montage. Deux diodes de protection 1N4007 (une pour le bloc secteur et une pour la pile de 9 V) permettent d'éviter les inversions d'alimentation.

## Fonctionnement

La sélection d'un type de carte, puis l'appui sur le bouton « Dump » depuis le logiciel PC, transmet au PIC via la liaison « série » l'état des signaux à appliquer à la carte ainsi que la taille de la mémoire à lire.

Le PIC applique les signaux « Reset », « Write » et « Clock » (CLK) à la télécarte et transmet alors immédiatement sur la liaison « série » le bit en provenance de l'adresse courante. Le programme du PIC se nomme « *dumper.hex* ». Il est intégré dans le fichier zippé à télécharger sur notre



CARTE T1G 50 unités			N° de série
0	1 1 0 1 0 0 1 1	- 0 0 0 0 0 1 0 0	D3 01
16	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	08 18
32	1 0 1 1 1 0 1 1	- 0 0 0 0 0 0 0 0	0B 69
48	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 1 1 0 0 1 1	09 33
64	1 1 0 0 0 0 1 1	- 0 0 0 1 0 1 1 1	C7 17
80	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 1 1 0	10 06
96	1 1 1 1 1 1 1 1	- 1 1 1 1 1 1 1 1	FF FF
112	1 1 1 1 1 1 1 1	- 1 1 1 1 1 1 1 1	FF FF
128	1 1 1 1 1 1 1 1	- 1 1 1 1 1 1 1 1	FF FF
144	1 1 1 1 1 1 1 1	- 1 1 1 0 0 0 0 0	FF F0
160	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	00 00
176	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	00 00
192	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	00 00
208	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	00 00
224	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 0 0 0 0 0 0 0	00 00
240	0 0 0 0 0 0 0 0	- 0 1 1 1 1 1 1 1 1	00 FF
CRC: 63			

site internet ([www.electroniquepratique.com](http://www.electroniquepratique.com)).

Le logiciel via la liaison « série » réceptionne les informations reçues et lance un traitement dès la fin de la transmission. En fin de traitement, le logiciel ouvre le fichier « param.ini » et compare les bits reçus par rapport aux informations de ce fichier.

La dernière opération consiste à afficher les informations à l'écran qui comprennent le vidage mémoire de la carte et les informations décodées. Un fichier nommé « log.txt » est créé à chaque lecture d'une télécarte.

## 4 Le logiciel de commande

Le logiciel est réalisé en Visual Basic 5, celui-ci pourra être éventuellement lancé depuis une clé USB (figure 4). Ce logiciel fonctionne avec les versions 9x et XP de Windows. Comme d'habitude, vous pouvez télécharger gratuitement le logiciel sur le site de la revue ou sur le site de l'auteur.

## Mode opératoire

Sélectionner, dans un premier temps, le port de communication (COM1 par défaut) puis cliquer sur le bouton « Sauvegarde paramètres ». Ensuite, avec les boutons d'options, choisir le type de carte à lire, puis cliquer sur le bouton « Dump » pour visualiser le contenu d'une carte. La led rouge s'éteint dès le début du « dump » et la led verte clignote selon l'état du bit transmis. En fin de transmission, la led rouge s'allume et le port « COM » est alors libéré.

Il est possible d'imprimer les informations correspondantes à la carte avec le bouton « imprimer ». Des informations complémentaires peuvent être ajoutées manuellement, notamment le fabricant de la carte (renseigner le champ « 1<sup>ère</sup> lettre du numéro de série »), la lettre est inscrite sur la télécarte ou bien encore la date d'émission.

Il est également possible d'enregistrer le contenu d'une carte (bouton « Enregistrer sous »).

Pour comparer le contenu de deux cartes, vous pouvez ouvrir une deuxième fenêtre avec le bouton « Ouvrir/Compare », une boîte de dialogue « Ouvrir » vous demandera alors le nom du fichier à visualiser.

6

## Nomenclature

### Résistances 1/4 W - 5 %

R1 : 1k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R2 : 100  $\Omega$  (marron, noir, marron)  
 R3, R4 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)  
 R5 : 220  $\Omega$  (rouge, rouge, marron)  
 R6 : 2,2 k $\Omega$  (rouge, rouge, rouge)

### Condensateurs

C1 : 100  $\mu$ F/16 V  
 C3 : 100  $\mu$ F/16 V  
 C5 : 10  $\mu$ F/16 V  
 C6, C7, C8, C9 : 4,7  $\mu$ F/16 V  
 C2, C4 : 100 nF  
 C10, C11 : 15 pF

### Semiconducteurs

IC1 : PIC 16F876 A  
 IC2 : MAX 232  
 Del1, Del2 : diode  $\varnothing$  5 mm (rouge et verte)  
 D1, D2 : 1N4007 ou équivalent  
 7805 : régulateur 5 V

### Divers

Q : quartz 4 MHz  
 1 support DIL « tulipe » 28 broches « étroit »  
 1 support DIL « tulipe » 16 broches  
 1 dissipateur pour 7805  
 1 bouton poussoir pour CI  
 1 prise SUB-D 9 points mâle pour CI  
 1 jack alim. femelle coudée pour CI (5,5 x 2,1)  
 1 cordon série femelle-femelle (cf. texte)  
 1 inter miniature pour CI  
 1 connecteur pression pour pile 9 V  
 1 connecteur pour carte à puce (exemple : ITT Cannon)

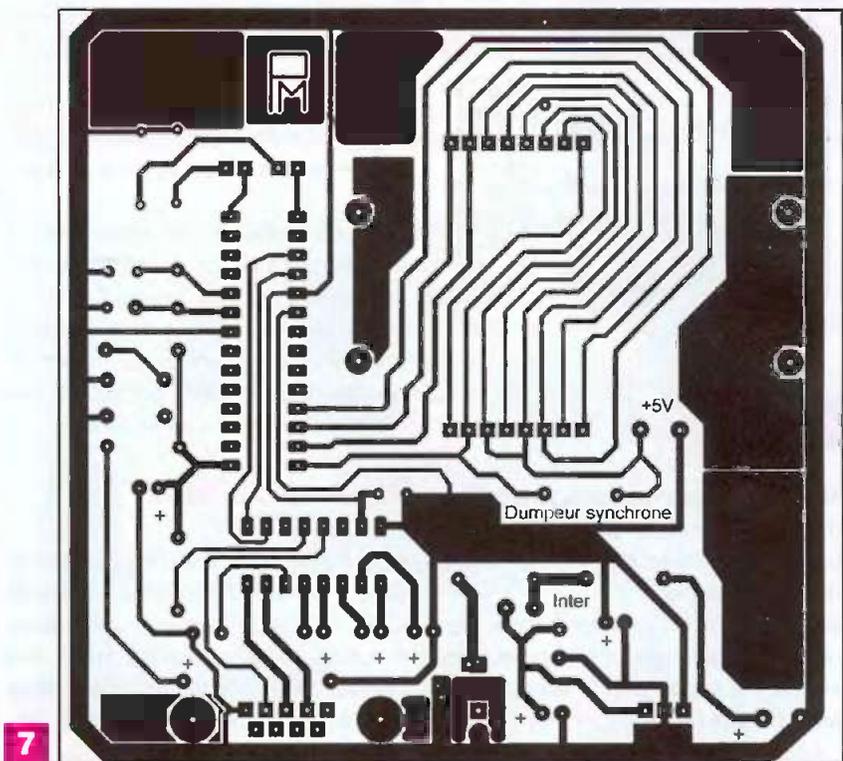
La lecture d'autres cartes synchrones est réalisable en sélectionnant le bouton d'option « Autre ». Ce choix vous permettra, par exemple, de lire jusqu'à 1024 bits sur une carte.

## Informations du fichier param.ini

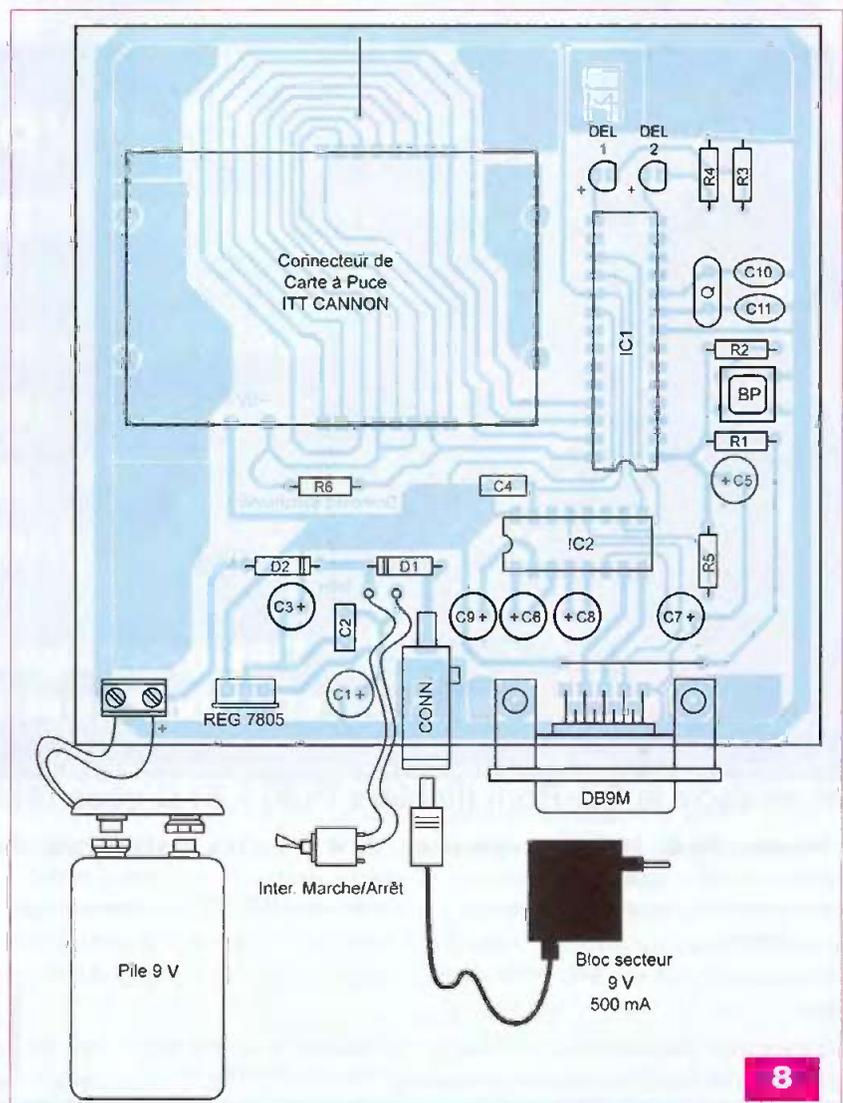
C'est avec ce fichier paramétrable que vous pourrez modifier certaines fonctionnalités du logiciel, notamment le type de carte rencontré, ou bien encore la photo de la télécarte à afficher lors d'un « dump ». Le codage du nombre d'unités de la télécarte et le pays émetteur sont également paramétrables depuis ce fichier (figures 5 et 6).

## Réalisation

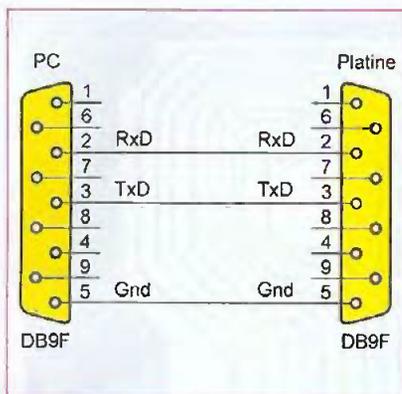
La figure 7 donne le dessin des pistes du circuit imprimé. Les perçages des trous se feront à  $\varnothing$  0,8 mm



7



8



**9**

et  $\varnothing$  1 mm pour le passage des pattes des composants les plus larges.

La **figure 8** présente l'implantation des composants.

Souder, dans un premier temps, par ordre de taille les résistances, les straps, les supports DIL, les condensateurs et le quartz.

Terminer par les leds, la prise DB9, le connecteur jack de l'alimentation.

Le cordon « série » reliant la platine au PC peut être réalisé avec du fil en nappe et deux DB9 femelles en suivant le raccordement précisé en **figure 9**.

Si vous achetez ce câble, faites attention, les fils ne doivent pas être croisés (2 avec 2 et 3 avec 3).

La platine est capable de traiter une programmation en Bootloader, la broche 4 de la DB9 permettant de réaliser un « reset » de la carte.

## Mise en service

Une fois le PIC 16F876 programmé avec le fichier « *dumper.hex* » et après avoir vérifié qu'aucun court-circuit éventuel n'est présent, que les valeurs des composants et leur sens de montage ont été respectés, ali-

menter le montage soit avec un bloc secteur (200 mA ou plus) positionné sur 9 V, soit avec une pile de 9 V.

Connecter le PC avec le câble tel que défini en **figure 9** et lancer le logiciel « *dumpeur.exe* » que vous avez téléchargé.

Insérer une télécarte, sélectionner le type de carte avec les boutons d'options, puis cliquer sur le bouton « dump » afin de visionner le vidage mémoire de la télécarte présente.

Nous espérons que cet article vous aura fait découvrir le monde passionnant des cartes synchrones encore bien implantées dans de nombreuses applications.

Il restera à étudier, par la suite, un autre type de carte basé, cette fois, sur des échanges asynchrones.

P. MAYEUX

<http://perso.libertysurf.fr/p.may>

## Et si vous réalisiez votre ampli à tubes...

**Une sélection de 9 amplificateurs de puissances 9 Weff à 65 Weff à base des tubes triodes, tétrodes ou pentodes**

**Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications**

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si vous réalisiez votre ampli à tubes... »

France : 30 € Union européenne : 32 € Autres destinations : 33 € (frais de port compris)

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_

N° : \_\_\_\_\_ Rue : \_\_\_\_\_

Code Postal : \_\_\_\_\_ Ville-Pays : \_\_\_\_\_

Tél. ou e-mail : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  chèque  virement bancaire (IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445 / BIC : CCFRFRPP)  
A retourner accompagné de votre règlement à : TRANSOCÉANIC 3, boulevard Ney 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80

# Minuteur, cadenceur et retardateur

Cette réalisation va vous permettre de commander un appareil électrique suivant une période, un mode de fonctionnement et une durée programmables. La platine est capable, à partir d'un menu sélectionné depuis un afficheur alphanumérique de quatre lignes, de commander un relais ou une sortie à triac.

**T**rois des six boutons/poussoirs (B/P) de la platine servent à se déplacer et à sélectionner les options dans le menu présenté par l'afficheur. Parmi les trois autres, un permet de passer en mode « rapide » pour la sélection des durées de programmation. Les deux autres lancent ou arrêtent le départ de la fonction paramétrable sélectionnée.

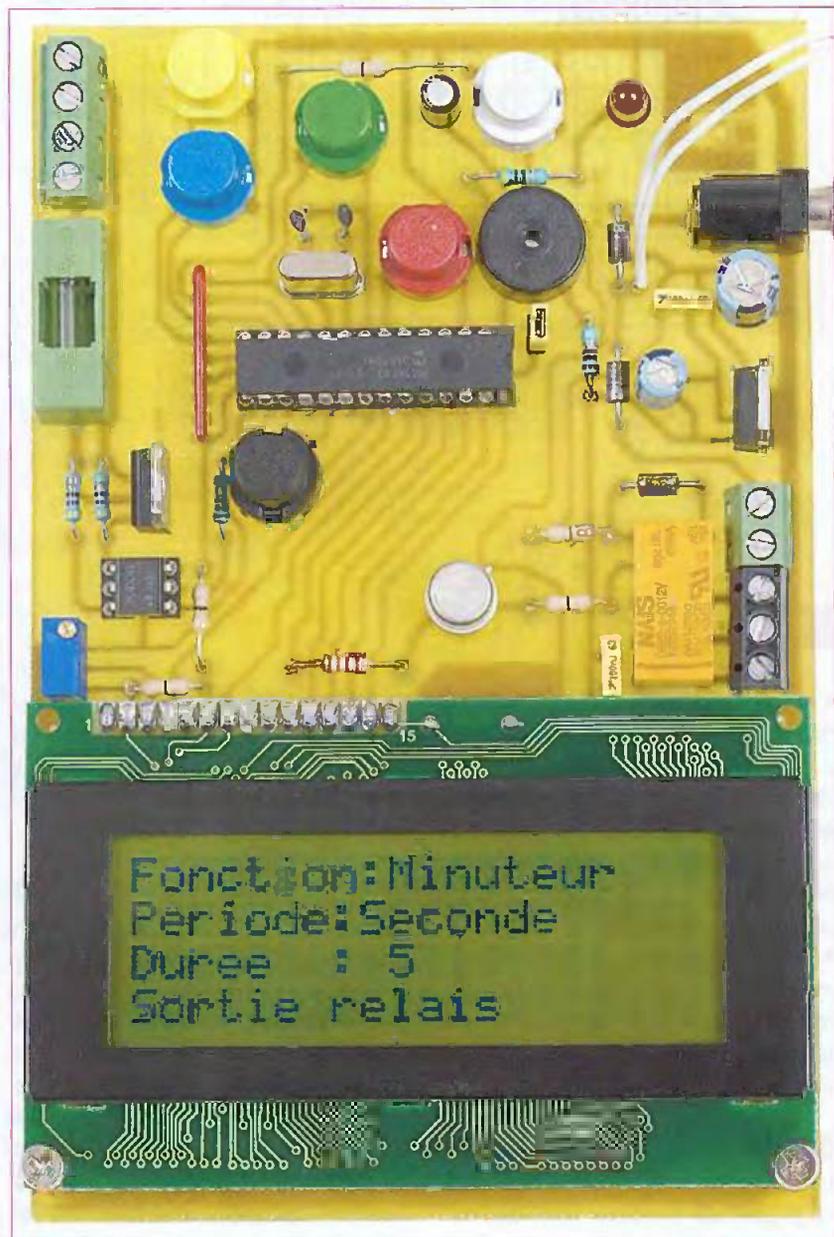
Les différentes possibilités offertes par ce montage sont les suivantes :

- Mode « minuteur » allant de 1 seconde à 65 535 jours
- Mode « retardateur » allant de 1 seconde à 65 535 jours
- Mode « cadenceur » allant de 1 seconde à 65 535 jours

Chacun des modes permet de commander un appareil ou une fonction à partir soit d'un relais, soit d'une sortie à triac, soit des deux sorties simultanément (figure 1). Une des particularités du mode cadenceur est de pouvoir, à chaque cycle, commander alternativement ou le relais, ou la sortie sur triac. La sortie à activer peut également être uniquement le buzzer équipant la platine.

## Choix dans les menus Première ligne « afficheur »

La première ligne de l'afficheur définit la fonction à réaliser. Pour pouvoir la

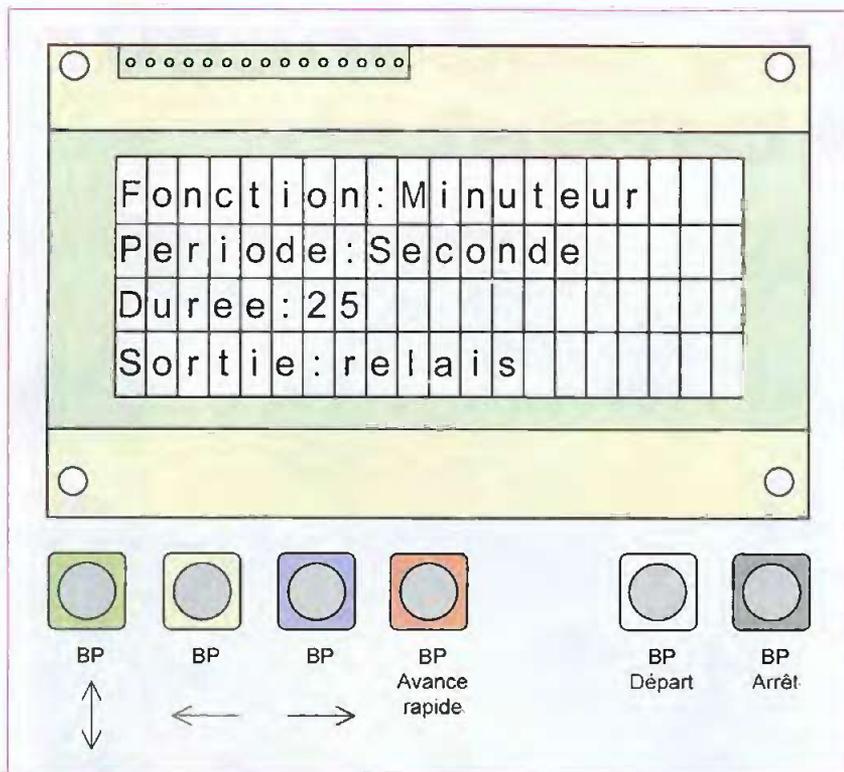


sélectionner (clignotement du curseur sur cette ligne), appuyer sur le bouton/poussoir de sélection de ligne. Vous avez ensuite, depuis les deux boutons/poussoirs droit et gauche, les choix suivants :

- Mode « minuteur ». Ce mode enclenche la sortie sélectionnée dès l'appui sur le bouton/poussoir « marche » pendant la durée définie. Durée : entre 1 seconde et 65 535 jours.
- Mode « cadenceur ». Ce mode enclenche la sortie sélectionnée dès l'appui sur le bouton/poussoir

« marche » pendant le temps défini, puis désactive cette sortie pendant la même durée, puis l'actionne, etc. La fin du cycle se termine dès l'appui sur le bouton/poussoir « arrêt ». Durée : entre 1 seconde et 65 535 jours.

- Mode « retardateur ». Dans ce mode la sortie sélectionnée est activée une fois que le bouton/poussoir « marche » est actionné et une fois la temporisation définie échu. La sortie reste alors active tant que le B/P « arrêt » n'est pas actionné. Durée : entre 1 seconde et 65 535 jours.



## 1

• **Mode « marche ».** Ce mode permet, dès l'appui sur le bouton/poussoir « marche », d'enclencher la sortie définie et ce instantanément. L'arrêt est alors actif dès l'appui sur le B/P « arrêt ». Le temps de fonctionnement est indiqué sur l'afficheur (jusqu'à 65 535 secondes).

• **Mode « paramètres ».** Ce mode permet de définir la durée de fonctionnement du buzzer dès qu'un cycle est terminé. Durée : entre 1 et 255 secondes

### Deuxième ligne « afficheur »

La deuxième ligne de l'afficheur définit la période à utiliser pour la fonction choisie. Une fois cette ligne activée (clignotement du curseur sur cette ligne), avec le bouton/poussoir de sélection de ligne, vous avez depuis les deux boutons/poussoirs droit et gauche les choix suivants :

- Période : Seconde
- Période : Minute
- Période : Heure
- Période : Jour

### Troisième ligne « afficheur »

La troisième ligne de l'afficheur définit la durée à utiliser pour la fonction choisie. Une fois activée (clignote-

ment du curseur sur cette ligne), avec le bouton/poussoir de sélection de ligne, vous avez depuis les deux boutons/poussoirs droit et gauche les choix suivants :

- Durée : 1 à 65 535

Un appui sur le bouton/poussoir droit ajoute une unité, un appui sur le gauche enlève une unité. Pour réaliser un comptage rapide, appuyer au préalable sur le bouton/poussoir « rapide » et maintenir celui-ci tout en actionnant un des deux boutons/poussoirs d'incrément-décrément. Un relâchement du bouton/poussoir « rapide » permet de revenir à l'état normal. Un appui simultané sur les deux boutons force la valeur de la durée à 1.

### Quatrième ligne « afficheur »

La quatrième ligne de l'afficheur définit la sortie à commander dès que le cycle est lancé. Une fois cette ligne activée (clignotement du curseur), avec le bouton/poussoir de sélection de ligne, vous avez depuis les deux boutons/poussoirs droite et gauche les choix suivants :

- **Sortie relais.** Le relais est le seul à être enclenché dès que le cycle est lancé.

- **Sortie triac.** La sortie à triac est la seule activée
- **Sortie relais-triac.** Les deux sorties sont activées en même temps
- **Aucune sortie.** Seul le buzzer, est actif dès le cycle terminé
- **Memo eeprom relais.** Mémorise le cycle présent. À chaque mise sous tension, c'est cette fonction qui sera proposée par défaut.
- **Memo eeprom triac.** Mémorise le cycle présent. À chaque mise sous tension, cette fonction sera proposée par défaut.
- **Memo eeprom buzzer.** Mémorise le cycle présent. À chaque mise sous tension, la fonction sera proposée par défaut.

## Fonctionnement

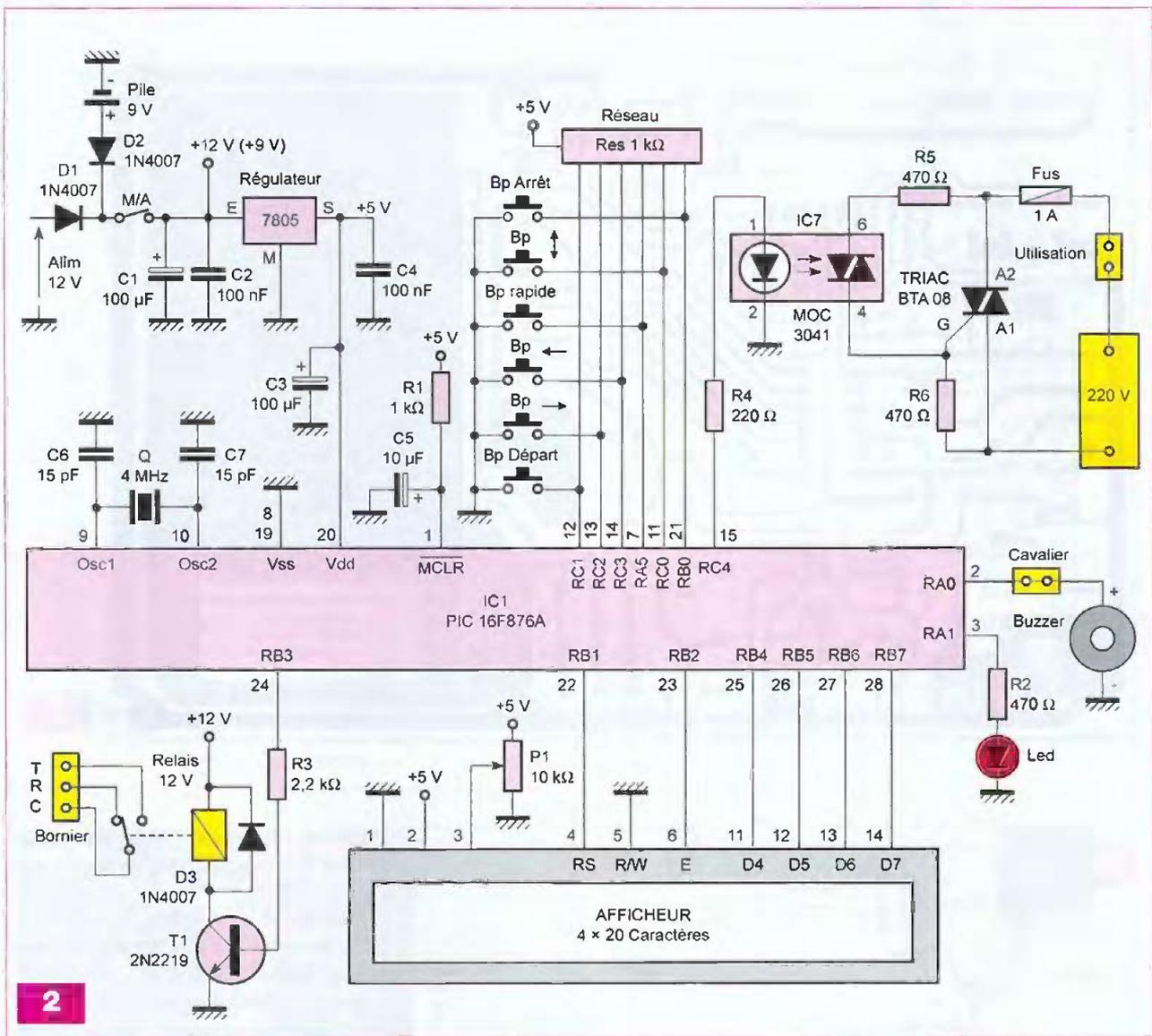
Relativement simple, le schéma de principe est donné en figure 2.

Le cœur du montage est à base d'un PIC 16F876. Le microcontrôleur est cadencé à 4 MHz. L'afficheur est du type « parallèle » en huit broches de données. Le microcontrôleur, quant à lui, est configuré en quatre bits pour le pilotage, ce qui explique que seuls quatre bits de données sont reliés à l'afficheur (RB4 à RB7).

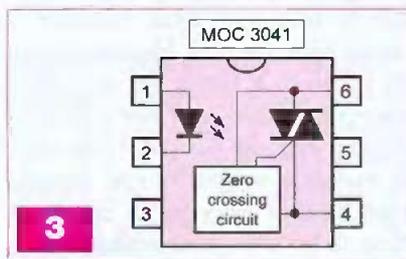
La sortie RB3 du microcontrôleur pilote un relais via le transistor 2N2219 monté en émetteur commun, ce qui permet la commande du relais alimenté en 12 V.

Une diode de « roue libre » en parallèle sur la bobine permet d'éviter les surtensions dues aux effets de self qui peuvent être destructrices pour le transistor et le microcontrôleur. Pour la sortie à triac, la broche RC4 du microcontrôleur pilote un opto-triac de type MOC3041. Ce composant permet le pilotage depuis une sortie logique d'un composant de puissance tel qu'un triac. L'intérêt d'utiliser un tel composant est, bien sûr, d'isoler « galvaniquement » le microcontrôleur du secteur 220 V.

Le MOC3041 a également été choisi pour son circuit de « détection de passage à zéro », ce qui signifie que l'on pilote le triac de sortie lors du passage à zéro de la tension secteur. Ce dispositif permet d'éliminer de nombreux problèmes de parasitage et évite de commander le triac en charge.



2



3

Le schéma interne du MOC 3041 est donné en figure 3, celui-ci se présente en boîtier plastique à six broches. Les deux résistances (R5 et R6) de 470 Ω, connectées d'une part à la tension secteur et, d'autre part, aux broches (4) et (6) du MOC 3041, permettent à l'opto-triac de détecter le passage à zéro de la tension secteur. La sortie de l'opto-triac, broche (4), commande la gâchette d'un triac. Ce composant de puissance est assimilable à un interrupteur que l'on vient

fermer si on présente un signal sur son électrode de commande (gâchette ou gate en anglais). Une résistance de 220 Ω limite le courant dans l'entrée de l'opto-triac. Sa valeur minimale de déclenchement est d'environ 15 mA. Chaque appui sur un des boutons/poussoirs est traité par logiciel afin d'éviter les rebonds.

L'alimentation du montage est assurée soit par un bloc secteur de 12 V, soit par une pile de 9 V. Un régulateur de tension de type 7805 fournit le 5 V au montage. Deux diodes de protection 1N4007 (une pour le bloc secteur et une pour la pile de 9 V) permettent d'éviter toute destruction de composant dans le cas de l'inversion des fils de raccordement de l'alimentation. Le montage consomme environ 120 mA lorsque le relais et le triac sont commandés.

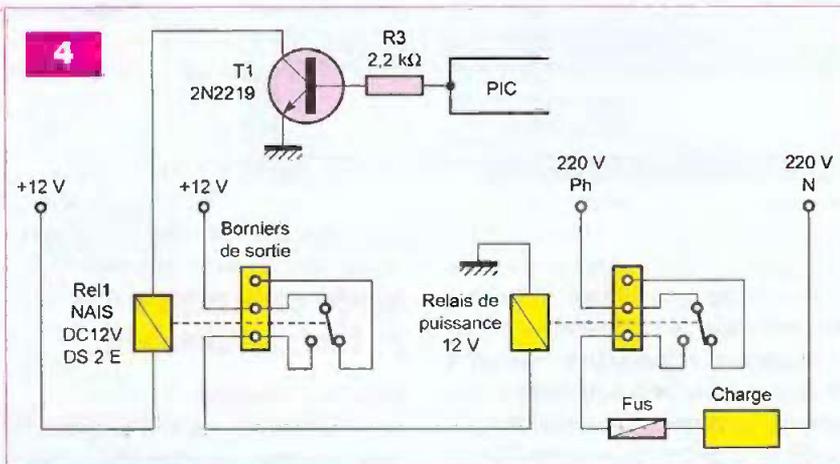
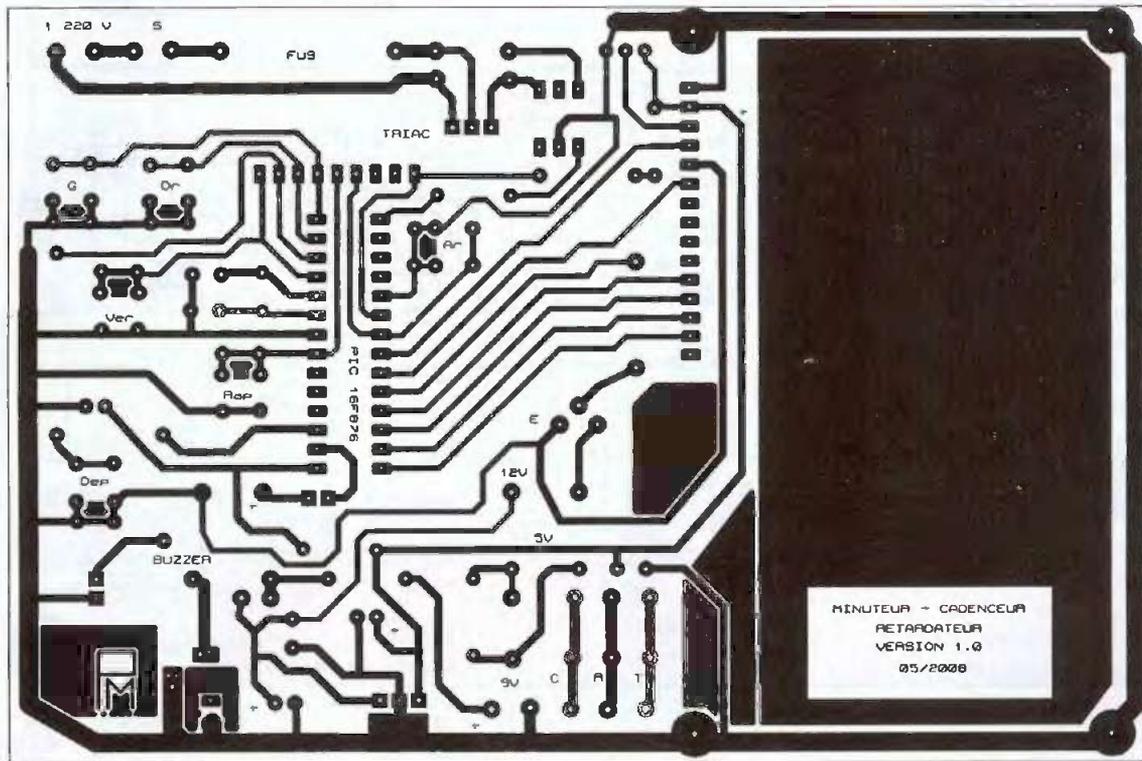
## Mode opératoire et fonctionnement

### Mise en service

Une fois le PIC 16F876 programmé avec le fichier « *minuteur.hex* », vérifier qu'aucun court circuit n'est présent entre pistes, que les valeurs des composants et les sens d'insertion ont été respectés. Alimenter le montage soit avec un bloc secteur (200 mA ou plus) positionné sur 12 V, soit avec une pile de 9 V. À la mise sous tension, la led clignote une fois et un menu doit s'afficher. Noter qu'un réglage du contraste de l'afficheur peut être nécessaire via le potentiomètre P1.

### Exemple 1

Ce mode écrit un exemple de fonction (minuterie de trente secondes avec sortie relais).



La platine alimentée, sélectionner la première ligne de l'afficheur (afin de programmer la fonction choisie) à l'aide du bouton « sélection de ligne ». Le curseur clignote alors en première ligne. Appuyer sur le bouton « droite » ou « gauche » afin de faire défiler les fonctions possibles. Sélectionner pour l'exemple (minuteur). Un appui sur le bouton « sélection de ligne » envoie le curseur à la deuxième ligne. Sélectionner avec les B/P « droite » et « gauche » la période (seconde). Un nouvel appui sur le B/P de « sélection ligne » permet d'aller en

troisième ligne de l'afficheur. Avec les B/P « droite » et « gauche », indiquer une durée de (30). La possibilité est de 1 à 65 535. Appuyer une dernière fois sur le B/P de « changement de ligne » et indiquer avec les B/P « droite » ou « gauche » la sortie (relais). La fonction est alors programmée. Appuyer sur le bouton/poussoir « départ », la led s'allume et le relais doit s'enclencher. L'afficheur indique à chaque seconde le temps restant avant la coupure du relais. Au bout de trente secondes, le relais « chute » et le buzzer retentit si le cavalier sur la

platine est présent. Un nouvel appui sur le B/P « départ » relance la minuterie.

### Exemple 2

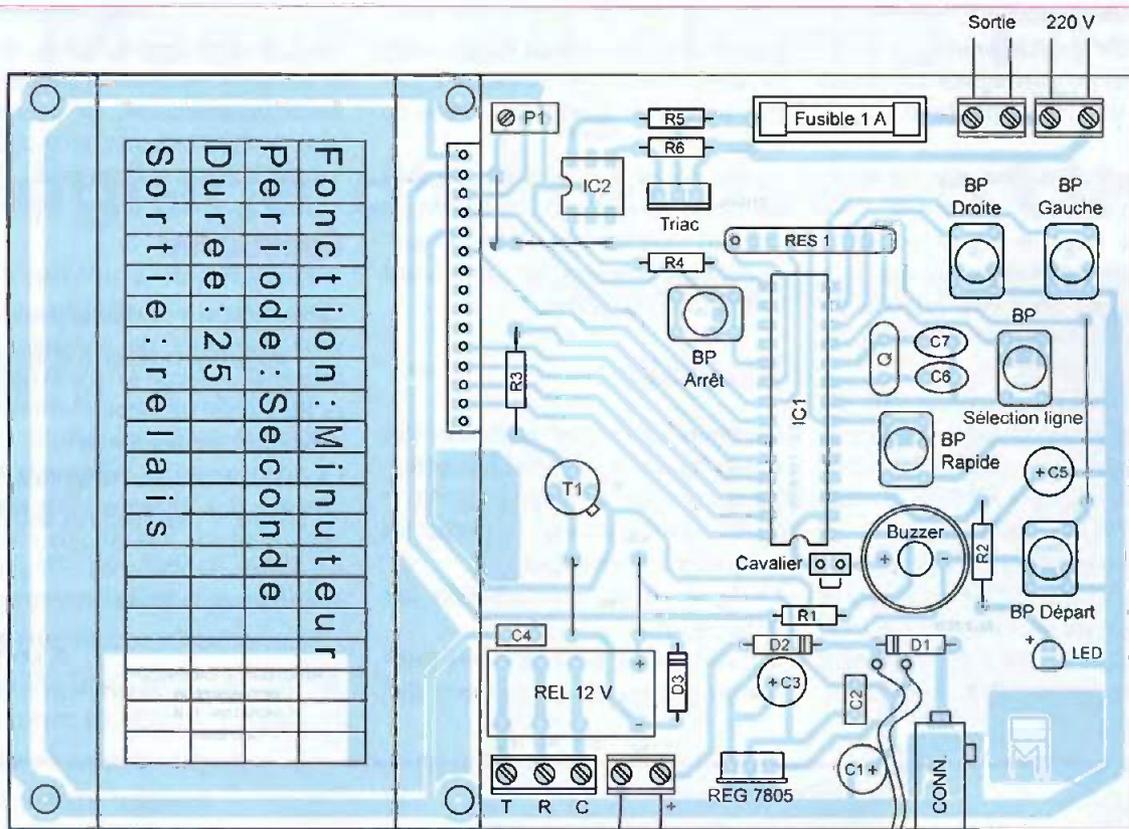
#### Programmation du temps de fonctionnement du buzzer.

Sur la première ligne de l'afficheur, indiquer (paramètres). Sur la deuxième ligne, la période est en secondes. Sur la troisième ligne, indiquer la durée souhaitée de fonctionnement du buzzer (1 à 255 s). Sur la quatrième ligne, la sortie doit être sur (sortie buzzer). Appuyer sur le B/P « départ » le message suivant (durée enregistrée) s'inscrit alors sur la quatrième ligne de l'afficheur pour indiquer la sauvegarde de l'information en EEPROM du microcontrôleur.

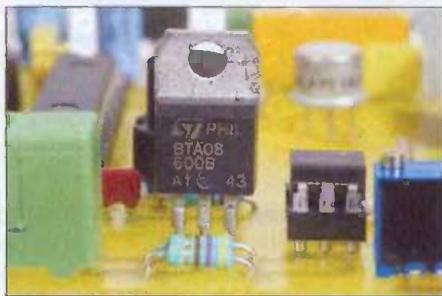
### Exemple 3

#### Programmation de la fonction par défaut.

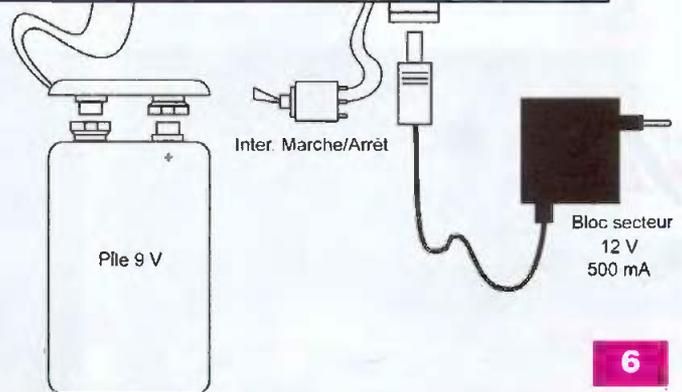
Sur la première ligne de l'afficheur, choisir une fonction (par exemple retardateur). Sur la deuxième ligne, sélectionner une période (exemple : minute). Sur la troisième ligne, indiquer la durée souhaitée de fonctionnement (1 à 65 535). Sur la quatrième ligne, indiquer la sortie souhaitée



Afficheur alphanumérique  
4 x 20 caractères



**A**



**6**

(exemple: memo EEPROM Triac). Appuyer sur le B/P « départ », le message suivant (memo enregistrée) s'inscrit alors sur la quatrième ligne de l'afficheur pour indiquer la sauvegarde de la fonction en EEPROM du microcontrôleur. À la mise sous tension, la fonction ainsi programmée est affichée par défaut.

### Sortie sur un relais de puissance

Le relais implanté sur la platine est d'un type supportant 0,6 A sous 125 Vac par contact. Possédant deux jeux de contacts, ceux-ci sont mis en parallèle afin d'augmenter le courant d'utilisation. Pour des puissances supérieures, il conviendra d'ajouter un relais de puissance selon le schéma proposé en figure 4.

## Nomenclature

### Résistances 5 %

- Res 1 : Réseau de résistances 8 x 1 k $\Omega$  (9 pins)
- P1 : Potentiomètre multitours 10 k $\Omega$
- R1 : 1 k $\Omega$  (marron noir rouge)
- R3 : 2,2 k $\Omega$  (rouge rouge rouge)
- R4 : 220  $\Omega$  (rouge rouge marron)
- R2, R5, R6 : 470  $\Omega$  (jaune violet marron)

### Condensateurs

- C1 : 100  $\mu$ F/63 V
- C3 : 100  $\mu$ F/16 V
- C5 : 10  $\mu$ F/16 V
- C2, C4 : 100 nF
- C6, C7 : 15 pF

### Semiconducteurs

- IC1 : PIC 16F876
- IC2 : MOC 3041
- TR1 : Triac BTA 08 (8 A 400 V)
- TR1 : 2N2219 ou équivalent
- DEL1 : diode électroluminescente 5 mm

- D1, D2, D3 : 1N4007 ou équivalent
- Régulateur 5 V : 7805

### Divers

- Quartz : 4 MHz
- 1 support DIL « tulipe » 28 broches/étroit
- 1 support DIL « tulipe » 6 broches
- 1 dissipateur pour 7805
- 6 boutons/poussoirs pour CI
- 1 relais 12 V type NAIS DS2E-S-DC12 V ou équivalent
- 1 buzzer 5 V
- 1 afficheur alphanumérique 4 x 20 caractères (accès parallèle)
- 1 jack alim femelle/coudée pour CI (5,5 x 2,1)
- 1 inter miniature pour CI
- 1 connecteur pression pour pile 9 V
- 3 borniers pour CI (2 entrées)
- 1 bornier pour CI (3 entrées)
- 1 cavalier pour CI
- Barrette « sécable »

Le triac de sortie peut, quant à lui, commander des appareils connectés à des tensions alternatives comprises entre 12 V et 220 V (photo A).

### Cas d'une utilisation avec alimentation en 220 V.

Avant de relier le 220 V, penser à revérifier le circuit de puissance.

Le montage, pour des raisons de sécurité, doit être inséré dans un boîtier en plastique.

En cas de non fonctionnement, ne pas toucher les composants, notamment le triac, le fusible ou le circuit MOC 3041, sans avoir au préalable déconnecté le secteur 220 V.

Le triac supporte au maximum 8 A, ce qui correspond théoriquement à une puissance de 1500 W. Le fusible du montage est un 1 A qui limite à une utilisation de 220 W maximum.

Dans le cas de plus fortes puissances, il est impératif d'augmenter la largeur des pistes du circuit imprimé, notamment celles de sorties du triac.

Faute de quoi, le circuit imprimé chauffera en raison de l'intensité du courant traversant les pistes, échauffement qui conduira, à terme, à une destruction du cuivre.

### Réalisation

La figure 5 montre le dessin des pistes du circuit imprimé. Les perçages des pastilles se feront à 0,8 mm et 1 mm pour le passage des pattes des composants plus larges.

La figure 6 indique l'insertion des composants.

Souder, par ordre de taille, les résistances, les straps, les supports DIL,

les boutons/poussoirs, les condensateurs, le quartz, le régulateur, le triac, le transistor et terminer par la diode électroluminescente, le connecteur jack de l'alimentation, le support de fusible, le relais et l'afficheur.

### Conclusion

Cette platine « multifonctionnalités » vous permettra de commander un dispositif de façon simple et conviviale, les plages de fonctionnement sont relativement importantes.

La commande de l'ensemble « affichage » et « traitement des informations » est une fois de plus confiée à un microcontrôleur, ce qui simplifie énormément la tâche.

P. MAYEUX

<http://perso.libertysurf.fr/p.may>



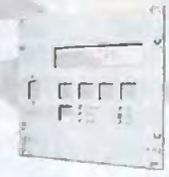
**Schaeffer AG**

## FACES AVANT ET BOÎTIERS

Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel – *Designer de Faces Avant\** – vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle. GRATUIT: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, des interlocuteurs français attendent vos questions.

\*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.



Exemple de prix: 32,50€ majoré de la TVA/ des frais d'envoi

- Calcul des prix automatique
- Délai de livraison: entre 5 et 8 jours
- Si besoin est, service 24/24

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 8058695-30  
Fax +49 (0)30 8058695 33 · Web [info.fr@schaeffer-ag.de](mailto:info.fr@schaeffer-ag.de) · [www.schaeffer-ag.de](http://www.schaeffer-ag.de)



## Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes...

8 amplis de puissances  
4 à 120 Weff  
4 préamplis  
haut et bas niveau  
1 filtre actif deux voies

### Des montages à la portée de tous en suivant pas à pas nos explications

**Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF)**  
« Et si vous réalisiez votre chaîne hi-fi à tubes... »

France : 30 € • Union européenne : 32 € • Autres destinations : 33 €

Nom : \_\_\_\_\_ Prénom : \_\_\_\_\_  
Adresse \_\_\_\_\_  
Code postal : \_\_\_\_\_ Ville/Pays : \_\_\_\_\_  
Tél. ou courriel : \_\_\_\_\_

Je vous joins mon règlement par :  
 chèque à l'ordre de Transocéanic  
 virement bancaire (IBAN : FR76 3005 6000 3000 1728 445/ÉIC : CCFRFRPP)

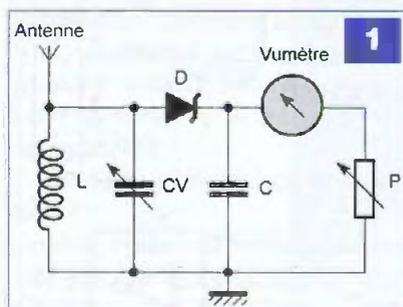
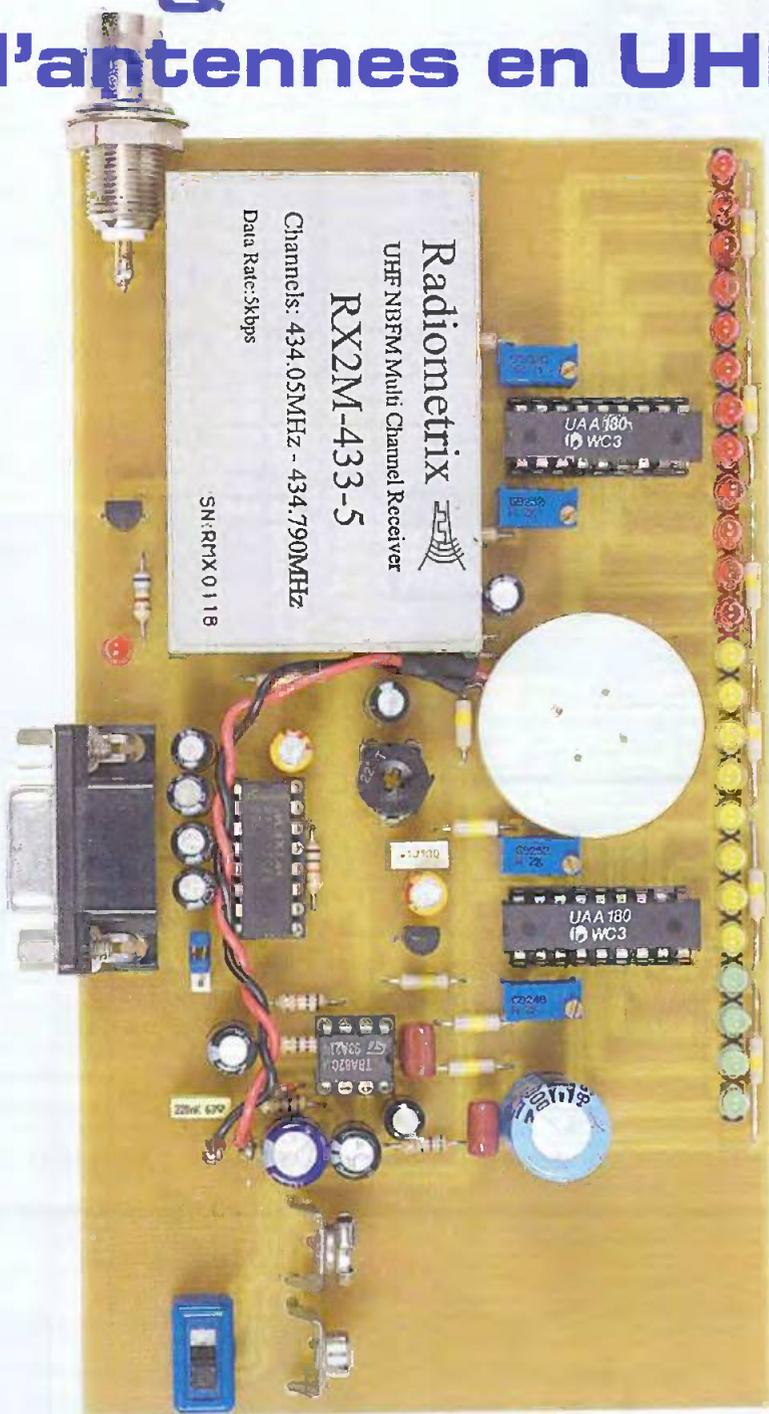
Bon à retourner accompagné de votre règlement à : Transocéanic  
3, boulevard Ney 75018 Paris - France - Tél. : 01 44 65 80 80

# Mesure du champ RF & Réglage d'antennes en UHF

Nous publions, depuis fort longtemps, des réalisations basées sur des modules hybrides RF. Ces derniers étant d'une extrême fiabilité et d'une grande simplicité de mise en œuvre, il suffit de les utiliser suivant les recommandations préconisées par le constructeur. Leurs portées, pour les moins puissants (0 dBm – 1 mW), n'atteint que quelques dizaines de mètres. Quant aux plus puissants (+10 dBm – 10 mW), des liaisons avoisinant les mille mètres peuvent être obtenues.

**P**our parvenir à ce résultat, il convient d'optimiser le rendement de l'émetteur par l'utilisation d'une antenne très bien accordée et d'un plan de masse soigné. Il faut donc disposer d'un appareil permettant d'apprécier correctement le champ RF généré par l'émetteur et rayonné par l'aérien. Dans cet article, nous vous proposons la réalisation de ce « mesureur de champ ».

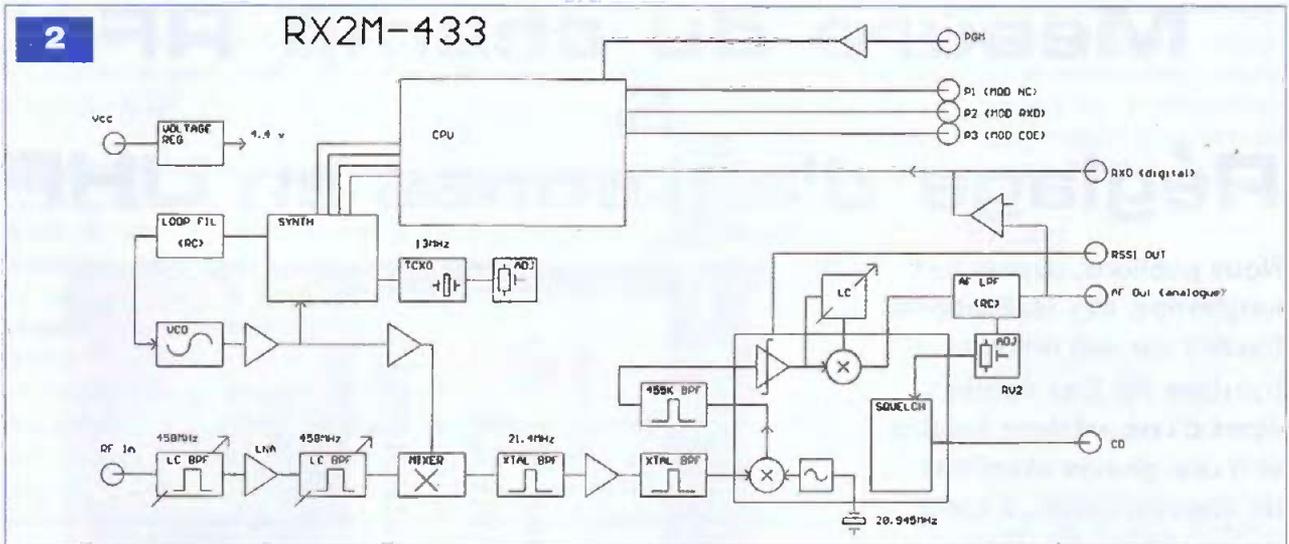
Le terme « mesureur de champ » est toutefois inexact puisque nous ne mesurons pas avec exactitude le champ électrique rayonné par l'antenne. En réalité, nous ne pouvons



que « apprécier » ce champ. Cependant, par comparaisons, nous pourrions évidemment savoir si tel émetteur est plus puissant que tel autre, ou si une antenne est plus efficace que l'autre. Nous reviendrons sur ce point lors des essais.

Le mesureur de champ le plus simple que l'on puisse concevoir est représenté en figure 1. L'antenne transmet

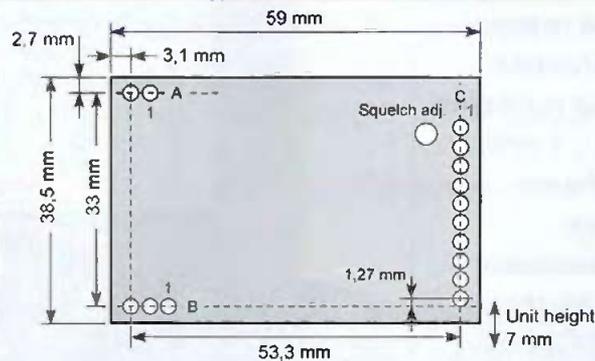
les ondes radioélectriques à un circuit LC, circuit accordé sur la fréquence à recevoir. Le signal est ensuite redressé par une diode, de préférence de type Schottky (tension de seuil de 0,3 V), filtré par un condensateur et appliqué à un vumètre dont la sensibilité doit être la plus élevée possible (50  $\mu$ A à 100  $\mu$ A). Si ce circuit a le mérite d'être des



Pin description RX2M

Pin A	Name	Function
1	+ Vin	+ 4,5 - 16 V
2	Gnd	Ground

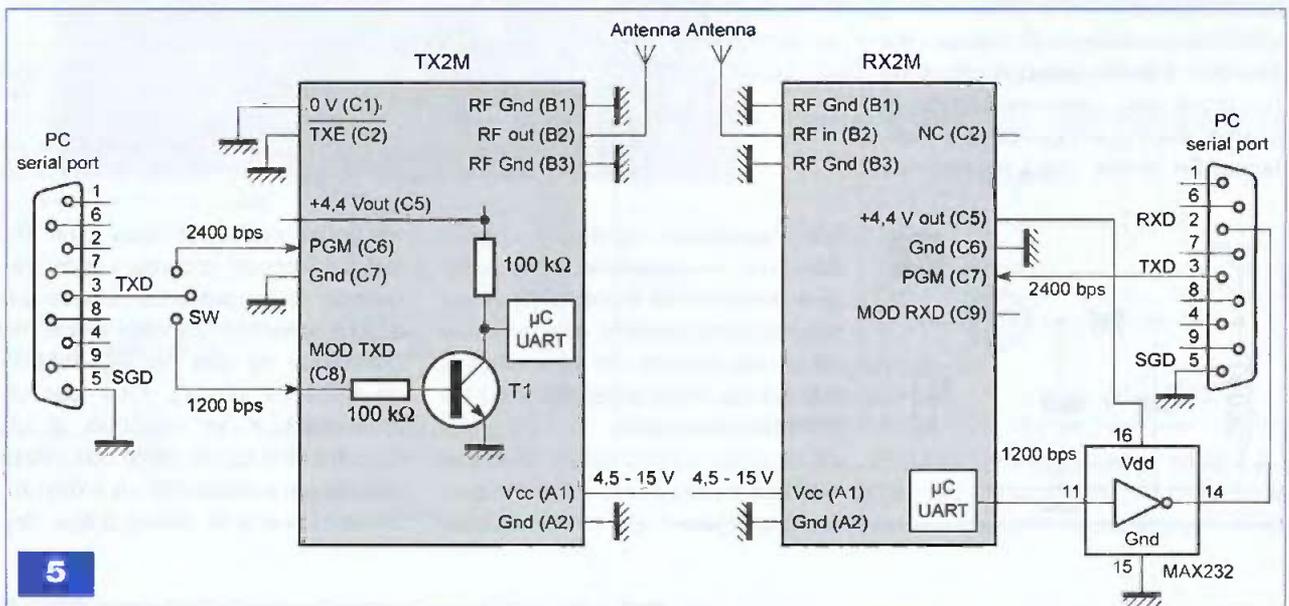
Pin B	Name	Function
1	Gnd	RF ground
2	RF out	To the antenna
3	Gnd	RF ground



- A: 1 = Vcc
- A: 2 = Gnd
- B: 1 = Gnd
- B: 2 = RF in
- B: 3 = Gnd
- C: 1 = RSSI
- C: 2 = SQF
- C: 3 = AF out
- C: 4 = RXD
- C: 5 = +4,4 V out
- C: 6 = 0 V
- C: 7 = PGM
- C: 8 = P1 (MOD NC)
- C: 9 = P2 (MOD RXD)
- C: 10 = P3 (MOD CDE)

Pin C	Name	Function
1	RSSI	DC level between 0,5 V and 2,5 V. 60 dB dynamic range
2	SQF	Noise operated carrier detect. Open collector. On/low = no signal
3	AF out	200 mV <sub>pk, pk</sub> audio. DC coupled, approx 1 V bias. Muted by squelch
4	RXD	Open collector output of data slicer. Need external pull-up
5	+4,4 V out	DC supply. 75 mA maximum drain. Present if unit is powered.
6	0 V	Ground
7	PGM	Serial programming/configuration input at RS232 level
8	P1 (MOD NC)	Parallel frequency select inputs. Inverted logic, 10 k pullups to 4 V
9	P2 (MOD RXD)	
10	P3 (MOD CDE)	

**3**



**5**

plus simples, il n'en demeure pas moins que sa sensibilité est médiocre et sa sélectivité très faible. Le circuit LC accordé sur une fréquence centrale laisse « passer » des signaux s'étalant sur une bande de plusieurs mégahertz, de part et d'autre de cette fréquence centrale.

Nous avons, de ce fait, décidé d'utiliser un récepteur hybride présentant une grande sensibilité et une excellente sélectivité. Ce qui a comblé les lacunes du montage décrit précédemment mais nous a, bien évidemment, amené un autre problème dû à cette grande sensibilité. Nous verrons comment y remédier.

## RÉCEPTEUR RX2M-433-5

Notre attention s'est portée sur le module hybride RX2M-433-5 de Radiometrix, distribué par la société Lextronic. Nous décrirons également, en fin d'article, l'émetteur qui lui est associé, le TX2M-433-5, émetteur que nous utiliserons à des fins de contrôles et de réglages.

Le synoptique interne du récepteur est représenté en **figure 2**, tandis que les dimensions de son boîtier et l'implantation des broches sont données en **figure 3**.

Ce récepteur présente des caractéristiques qui en font l'un des plus performants que l'on puisse trouver actuellement sur le marché. Ses points forts sont donnés ci-dessous.

- Excellente sensibilité de -118 dBm
- Récepteur superhétérodyne à double changement de fréquence (21,4 MHz et 455 kHz) qui garantit une sélectivité excellente (supérieure à -60 dB entre canaux adjacents) et une réjection de la fréquence image de -70 dB
- Tête HF architecturée autour d'un synthétiseur stabilisé par une PLL (**Phase-Locked Loop** – Boucle à verrouillage de phase) et un TCXO (**Temperature Controlled Crystal Oscillator** – Oscillateur compensé en température), lesquels assurent une stabilité extrême de la fréquence de réception
- Récepteur disposant de trois sorties :
  - sortie « audio » (200 mV pk-pk)
  - sortie « squelch » à collecteur ouvert (ON/low = pas de signal) pouvant

CANAL	FREQUENCE	CANAL	FREQUENCE	CANAL	FREQUENCE
0	433,05	57	434,475	114	435,875
1	433,075	58	434,500 #	115	435,900 #
2	433,100 #	59	434,525	116	435,925
3	433,125	60	434,55	117	435,95
4	433,15	61	434,575	118	435,975
5	433,175	62	434,600 #	119	436,000 #
6	433,200 #	63	434,625	120	436,025
7	433,225	64	434,65	121	436,05
8	433,25	65	434,675	122	436,075
9	433,275	66	434,700 #	123	436,100 #
10	433,300 #	67	434,725	124	436,125
11	433,325	68	434,75	125	436,15
12	433,35	69	434,775	126	436,175
13	433,375	70	434,800 #	127	436,2
14	433,400 #	71	434,825	*****	*****
15	433,425	72	434,85	*****	*****
16	433,45	73	434,875	*****	*****
17	433,475	74	434,900 #	*****	*****
18	433,500 #	75	434,925	*****	*****
19	433,525	76	434,95	*****	*****
20	433,55	77	434,975	*****	*****
21	433,575	78	435,000 #	*****	*****
22	433,600 #	79	435,025	*****	*****
23	433,625	80	435,05	*****	*****
24	433,65	81	435,075	*****	*****
25	433,675	82	435,100 #	*****	*****
26	433,700 #	83	435,125	*****	*****
27	433,725	84	435,15	*****	*****
28	433,75	85	435,175	*****	*****
29	433,775	86	435,200 #	*****	*****
30	433,800 #	87	435,225	*****	*****
31	433,825	88	435,25	*****	*****
32	433,85	89	435,275	*****	*****
33	433,875	90	435,300 #	*****	*****
34	433,900 #	91	435,325	*****	*****
35	433,925	92	435,35	*****	*****
36	433,95	93	435,375	*****	*****
37	433,975	94	435,400 #	*****	*****
38	434,000 #	95	435,425	*****	*****
39	434,025	96	435,45	*****	*****
40	434,05	97	435,475	*****	*****
41	434,075	98	435,500 #	*****	*****
42	434,100 #	99	435,525	*****	*****
43	434,125	100	435,55	*****	*****
44	434,15	101	435,575	*****	*****
45	434,175	102	435,600 #	*****	*****
46	434,200 #	103	435,625	*****	*****
47	434,225	104	435,65	*****	*****
48	434,25	105	435,675	*****	*****
49	434,275	106	435,700 #	*****	*****
50	434,300 #	107	435,725	*****	*****
51	434,325	108	435,75	*****	*****
52	434,35	109	435,775	*****	*****
53	434,375	110	435,800 #	*****	*****
54	434,400 #	111	435,825	*****	*****
55	434,425	112	435,85	*****	*****
56	434,45	113		*****	*****

commander un transistor  
- sortie « RSSI » (**Received Signal Strength Indication** – Indicateur d'amplitude du signal reçu), très pratique pour notre réalisation ! Sur cette sortie est disponible une tension variant entre 0,5 V et 2,5 V proportionnelle à l'amplitude du signal RF reçu

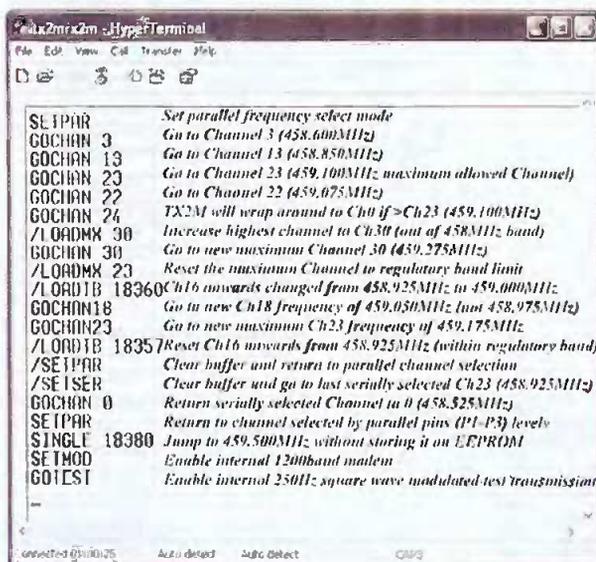
- Récepteur pouvant être « calé » sur cent vingt-huit canaux différents par pas de 25 kHz, s'étalant sur une bande de fréquence déterminée à l'origine entre 433,050 MHz et

436,200 MHz (**figure 4**)

- Sélection des canaux pouvant être effectuée de deux façons :
  - soit en utilisant trois entrées (P1, P2 et P3, mode parallèle) pour la programmation de seize canaux uniquement,
  - soit en connectant directement le récepteur à l'interface RS232 d'un PC (**figure 5**), ce qui permet, entre autres, le choix d'un canal parmi cent vingt-huit au moyen d'instructions simples

Command Format	Description
SINGLE nnnnn	Set value of N for single channel operation
GOCHAN xx	Serial select of channel xx (0 to 127)
LOADMX xx	Set highest permitted (serial selected) channel xx (others default to ch0)
LOADaa nnnnn	Set value of N for channel aa (channels 0 to 15)
LOADTB nnnnn	Set value of N for channel 16 (channels 17 to 127 then in sequence)
RVALUE rrrr	Enter value for R register
SETPAR	Channel selected by 3 bit parallel input (0 to 7). Disable modem
SETSER	Channel selected by most recent GOCHAN operation
SETMOD	Enable internal modem. Frequency selected by most recent GOCHAN or SINGLE
GOTEST	250 Hz test tone modulated transmission
<CR>	Process entry (carriage return = 0D hex)
/	Clear all buffers

xx = channel numer from 00 to 127  
 aa = two digit channel number from 00 to 15  
 nnnnn = synthesizer N register value, (up to 65535)  
 rrrr = synthesizer R register value, (up to 16383)



6

• Récepteur disposant également d'un modem permettant la transmission de données séries au format 1200 bps, 1 bit de start, 8 bits de données et 1 bit de stop.

Ce modem est relativement rudimentaire car il ne permet ni la correction des erreurs de transmission, ni la retransmission des paquets perdus. Il assure cependant, au moyen de codes de synchronisation contenus dans les trames de données, une certaine sécurité de la communication. Ce modem utilise l'interface « série » du microcontrôleur PIC interne pilotant le récepteur.

Le récepteur RX2M-433-5 consomme 13 mA. Il peut être alimenté sous une tension comprise entre + 4,5 V et + 16 V. Point à ne pas négliger, la sortie du régulateur interne (+ 4,4 V) est disponible sur une broche du boîtier, ce qui permet l'alimentation de circuits externes consommant un courant maximum de 75 mA.

## La programmation en mode « série »

Bien que les fréquences de réception du module puissent être sélectionnées au moyen de trois entrées parallèles (« switches »), nous n'avons pas souhaité utiliser cette méthode car elle ne permet que le choix d'un canal parmi seize. Nous avons donc opté pour le mode « série ».

La programmation du récepteur s'effectue très simplement à l'aide des commandes données dans le tableau de la figure 6, lesquelles lui sont transmises au moyen du logiciel **HyperTerminal** de **Windows**.

L'interface « série » devra être configurée à une vitesse de 2400 bps, 8 bits de données, 1 bit de départ, 1 ou 2 bits de stop et sans contrôle de flux.

La vue d'écran représentée en figure 7 donne quelques exemples de la syntaxe qu'il faut absolument respecter, y compris les lettres entrées en capitales.

Il ne sera pas nécessaire d'utiliser toutes les instructions si on se contente des cent vingt-huit canaux de base. Voici les principales :

- **SETPAR** : permet de passer au mode de programmation « parallèle »
- **SETMOD** : valide le fonctionnement du modem interne

7

Channel Number	433, MHz band	N value for TX	N value for RX
0	433,050	/LOAD00 17322	/LOAD00 16466
1	433,075	/LOAD01 17323	/LOAD01 16467
2	433,100	/LOAD02 17324	/LOAD02 16468
3	433,125	/LOAD03 17325	/LOAD03 16469
4	433,150	/LOAD04 17326	/LOAD04 16470
5	433,175	/LOAD05 17327	/LOAD05 16471
6	433,200	/LOAD06 17328	/LOAD06 16472
7	433,225	/LOAD07 17329	/LOAD07 16473
8	433,250	/LOAD08 17330	/LOAD08 16474
9	433,275	/LOAD09 17331	/LOAD09 16475
10	433,300	/LOAD10 17332	/LOAD10 16476
11	433,325	/LOAD11 17333	/LOAD11 16477
12	433,350	/LOAD12 17334	/LOAD12 16478
13	433,375	/LOAD13 17335	/LOAD13 16479
14	433,400	/LOAD14 17336	/LOAD14 16480
15	433,425	/LOAD15 17337	/LOAD15 16481
16	433,450	/LOADTB 17338	/LOADTB 16482
F max	434,775	/LOADMX 69	/LOADMX 69

8

- **SETSER** : sélectionne le canal appelé par la dernière instruction GOCHAN

- <CR> : retour chariot pour la prise en compte de l'instruction

- / : efface tous les buffers

- **GOTEST** : permet, sur l'émetteur, de passer en mode « test » par la mise en fonction du générateur interne de signal carré d'une fréquence de 250 Hz

- **GOCHAN xx** : fixe la fréquence de réception sur le canal xx

- **LOADMX xx** : fixe le plus haut canal autorisé. Par exemple, pour avoir accès aux canaux compris entre 70 et 127, il convient d'entrer la commande /LOADMX 127. On peut ensuite entrer l'instruction GOCHAN 127

- **Calculs** : à l'aide des formules données ci-dessous, on peut également décaler la bande des fréquences. Ainsi, pour l'émetteur on utilisera :

$$NTX = f_{RF} / f \text{ écart entre canaux soit :}$$

$$NTX = 433,000 / 25 \text{ kHz} = 17320$$

Pour le récepteur :

$$NRX = f_{RF} - 21,4 \text{ MHz} / f \text{ écart entre canaux soit :}$$

$$NRX = 433,000 - 21,4 \text{ MHz} / 25 \text{ kHz} = 16464$$

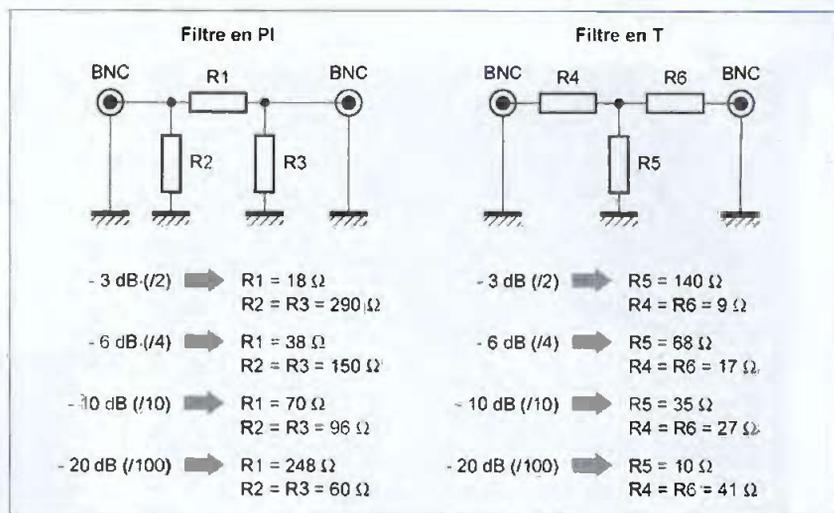
Il suffira ensuite d'entrer, pour le canal (0), l'instruction /LOAD00 17320 (émetteur) et /LOAD00 16464 (récepteur). Pour les canaux (1) à (16), il conviendra d'effectuer les mêmes calculs. La fréquence du canal (16) sera entrée en utilisant l'instruction /LOADTB nnnnn (où nnnnn est la valeur calculée). Voir notre tableau présenté en figure 8.

### Atténuateurs

En utilisant un émetteur de forte puissance (supérieure à 10 mW) à proximité du récepteur, sa grande sensibilité aura pour résultat une saturation de sa sortie « RSSI » dont la tension sera pratiquement à son maximum.

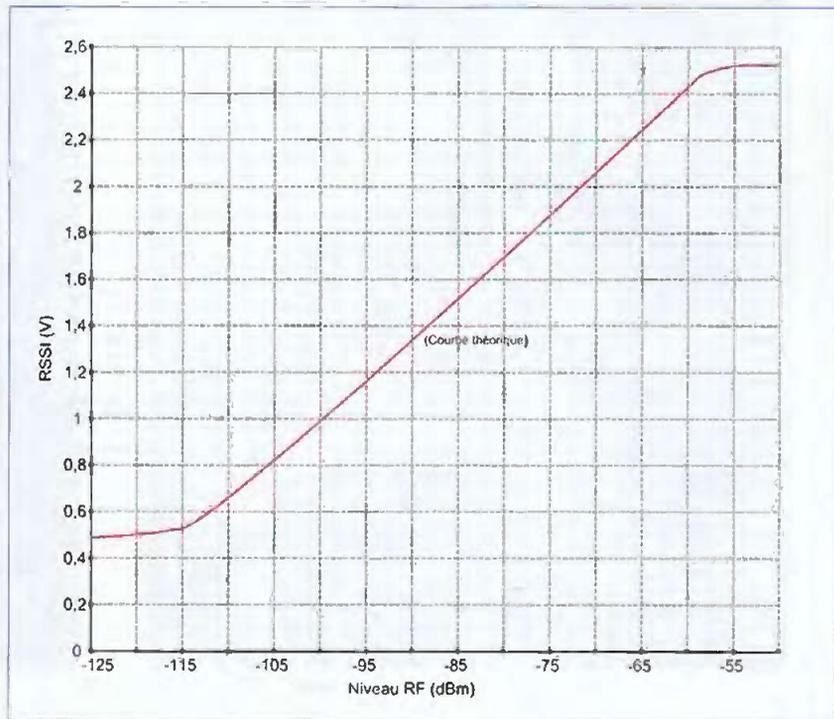
Il ne sera donc pas possible de lire les petites variations de champ HF, ce qui sera très gênant lors des réglages ou de la conception d'antennes.

Il convient donc d'utiliser des atténuateurs qui vont diminuer la puissance appliquée à l'antenne de l'émetteur. De tels atténuateurs sont aisément réalisables, mais nécessitent un travail soigné. Ils doivent présenter, aussi bien en « entrée » qu'en « sortie », une impédance de 50 Ω.



9

11



Nous n'entrerons pas dans le détail des calculs. Il suffit de savoir que le **facteur d'atténuation linéaire N** est le nombre qui divise la tension d'entrée. L'atténuation en dB de la puissance est donnée par la relation **atténuation (dB) = -10 log N**.

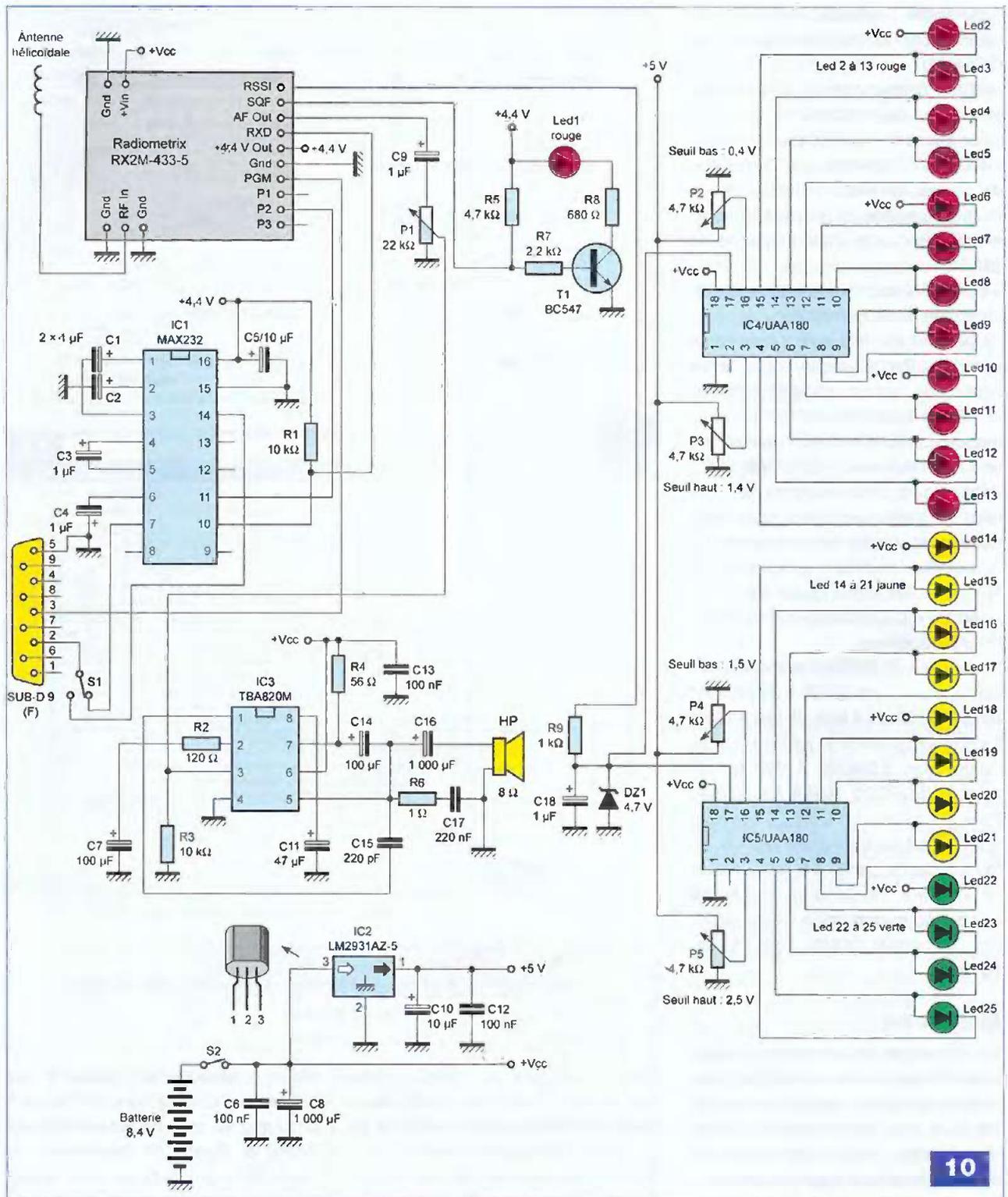
Ainsi, si on désire réduire la puissance de sortie d'un émetteur de 10 mW à 1 mW, un facteur d'atténuation de 10 doit être réalisé et le filtre doit présenter une atténuation en puissance de -10 dB.

De même, une puissance de sortie de 100 mW sera réduite à 1 mW en utilisant un atténuateur de -20 dB (facteur d'atténuation de 100).

Nous proposons en figure 9 des schémas d'atténuateurs en Π et en T, ainsi que les valeurs des résistances. Celles-ci seront de préférence de type CMS ou carbone (non inductives). L'entrée et la sortie s'effectueront sur des connecteurs BNC et on utilisera un petit boîtier métallique qui assurera le blindage de l'ensemble.

### Schéma de principe

Le principe de fonctionnement de notre mesure de champ est indiqué en figure 10. La sortie « RSSI » du module RX2M-433-5 est connectée au système de mesure constitué de deux circuits de type UAA180. Les-



quels permettent la commande de douze leds. Ces circuits intègrent une série de comparateurs et possèdent deux entrées de réglages :

- l'une pour le seuil « bas », c'est-à-dire le seuil d'illumination de la première led
  - l'autre pour le seuil « haut », tension maximale pour laquelle s'activera la dernière led.
- En utilisant deux UAA180, on aug-

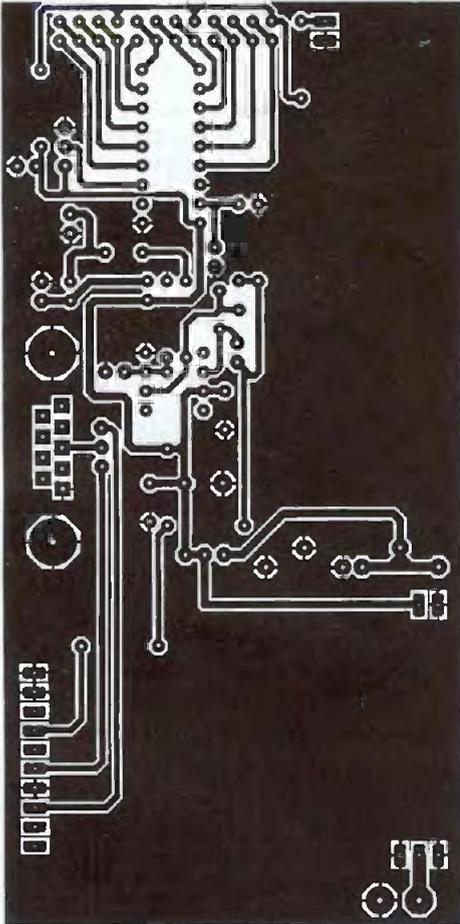
mente la précision de la mesure de la tension d'entrée, chaque led représentant une augmentation de celle-ci de 80 mV.

La sortie « RSSI » présente une tension de 0,5 V en absence de signal RF (-115 dBm) et une tension de 2,4 V à la réception d'un signal d'environ -60 dBm (et plus). La relation étant à quelque chose près linéaire, on peut alors en déduire la valeur du champ

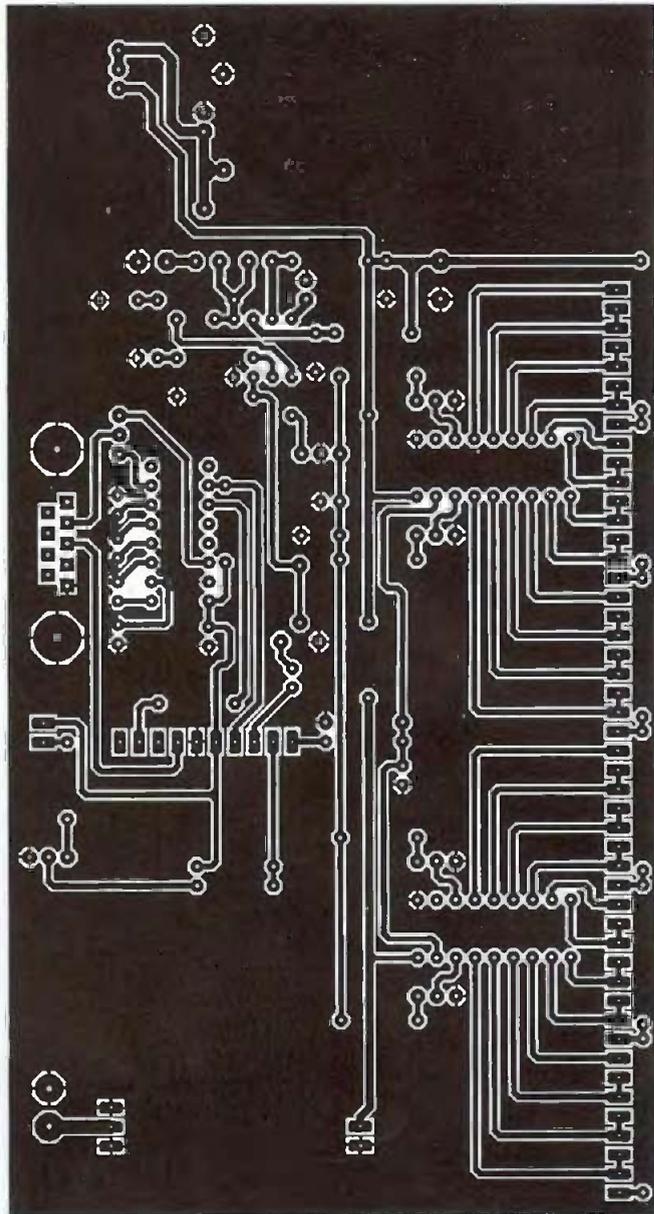
RF (voir figure 11, page précédente). Le module récepteur peut être directement programmé par un signal RS232. Les données reçues et disponibles à la sortie « RXD » et en sortie du modem interne étant aux niveaux TTL, un circuit d'interface MAX232 adaptateur de niveaux est donc nécessaire.

La sortie « SQF » commande un transistor lors de la détection d'une por-

17



12



teuse. Une diode led, insérée dans le collecteur de ce dernier, s'illumine lors de cette réception.

Nous avons souhaité équiper le mesurateur de champ d'un circuit « audio » permettant l'écoute des signaux reçus par le récepteur, qu'ils soient numériques ou vocaux. Il constitue un excellent moyen de contrôle de la qualité de la modulation. Nous avons ainsi utilisé un petit amplificateur intégré, le TBA820M, qui peut fournir une puissance « audio » de 2 W dans une charge de 8 Ω.

La platine est alimentée par une batterie NiMH de 8,4 V (180 mAh).

Un régulateur de tension de type

LM2931/AZ-5 génère la tension de référence nécessaire au fonctionnement des UAA180.

### Réalisation

Le tracé du circuit imprimé est disponible en **figure 12**.

Se référer à l'implantation des composants donnée en **figure 13** pour réaliser le câblage de la platine.

Les straps et les résistances sont d'abord implantés. Souder ensuite tous les condensateurs, le transistor et le régulateur de tension. Tous les circuits intégrés sont positionnés sur des supports. Pour le module récepteur, utiliser des morceaux de barrette

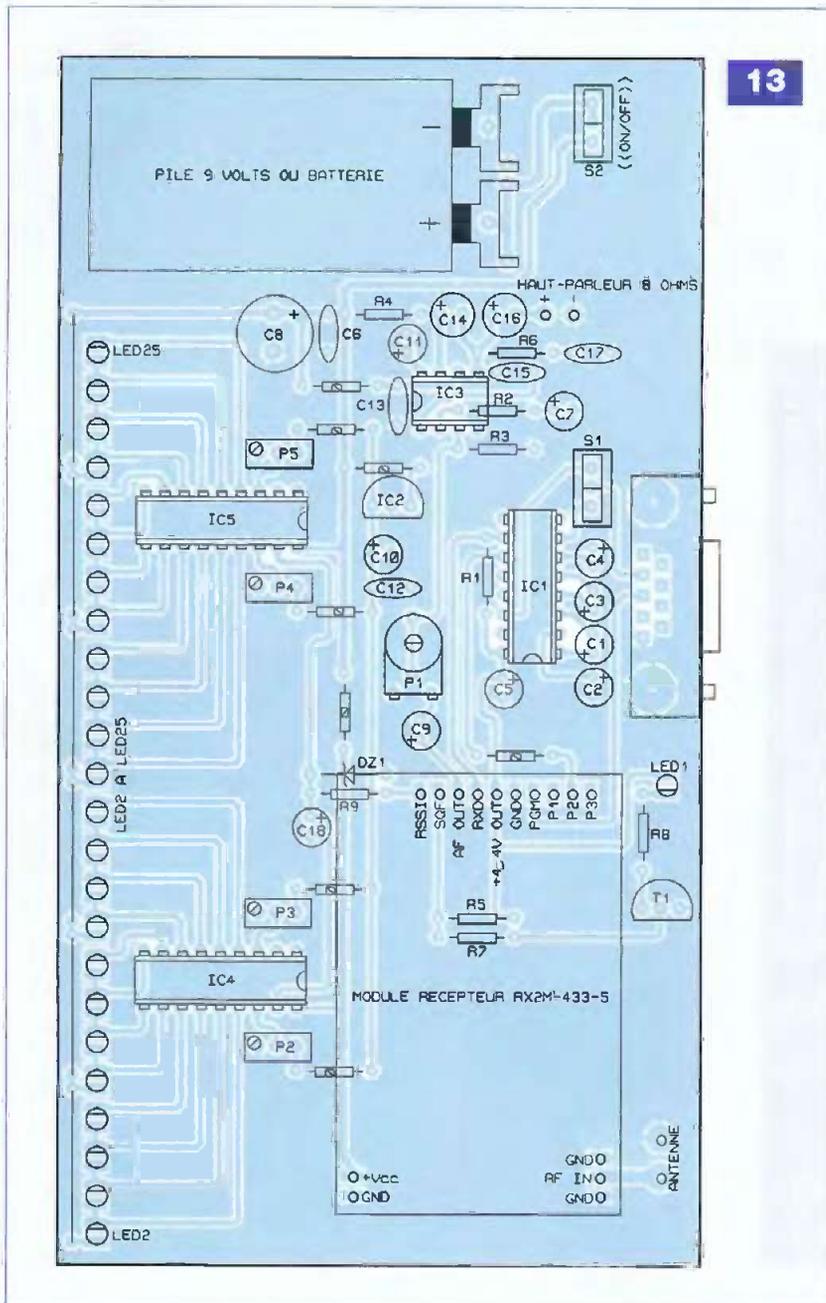
« sécable femelle » qui tiendront lieu de support.

Les leds peuvent être soudées ou insérées dans une rangée de support « tulipe », cette dernière solution rendant leur implantation plus aisée.

Achever le câblage par la mise en place des supports de la batterie, le connecteur SubD et les commutateurs. Souder alors les fils du haut-parleur (modèle miniature).

Le connecteur BNC utilisé est un modèle pour châssis. On le soude directement sur la carte à l'aide de la rondelle à languette.

Procéder enfin à un nettoyage de l'excédent de résine au moyen d'un



chiffon imbibé d'acétone ou de dissolvant à vernis. Vérifier les soudures afin de s'assurer qu'aucun court-circuit ne relie une piste au plan de masse.

### Réglages et essais

Aucun composant « actif » n'étant positionné sur la platine, insérer la batterie dans son support. Vérifier la tension en sortie du régulateur (5 V), puis les tensions parvenant aux broches d'alimentations des différents circuits et du module récepteur. Passer ensuite au réglage des résistances ajustables P2 à P5 (broches (16), seuil « bas » et broches (3), seuil « haut »). Les tensions suivantes

devront être mesurées :

- broche (16) de IC4 → 0,45 V
- broche (3) de IC4 → 1,45 V
- broche (16) de IC5 → 1,5 V
- broche (3) de IC5 → 2,5 V

La batterie étant ôtée de son connecteur, insérer les composants et le module récepteur dans les supports respectifs. À la mise sous tension, un souffle doit se faire entendre dans le haut-parleur et la diode Led2 doit scintiller. Pour les essais de réception, il est possible d'utiliser soit un émetteur à fréquence fixe connue, soit de réaliser le montage utilisant l'émetteur TX2M-433-5 que nous allons maintenant décrire.

## Nomenclature

### MESUREUR DE CHAMP

#### Résistances

- R1, R3 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R2 : 120 Ω (marron, rouge, marron)
- R4 : 56 Ω (vert, bleu, noir)
- R5 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
- R6 : 1 Ω (marron, noir, or)
- R7 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R8 : 680 Ω (bleu, gris, marron)
- R9 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
- P1 : 22 kΩ
- P2, P3, P4, P5 : 4,7 kΩ multitours

#### Condensateurs

- C1, C2, C3, C4, C9, C18 : 1 μF/16 V
- C5, C10 : 10 μF/16 V
- C6, C12, C13 : 100 nF
- C7, C14 : 100 μF/16 V
- C8, C16 : 1000 μF/16 V
- C11 : 47 μF/16 V
- C15 : 220 pF
- C17 : 220 nF

#### Semiconducteurs

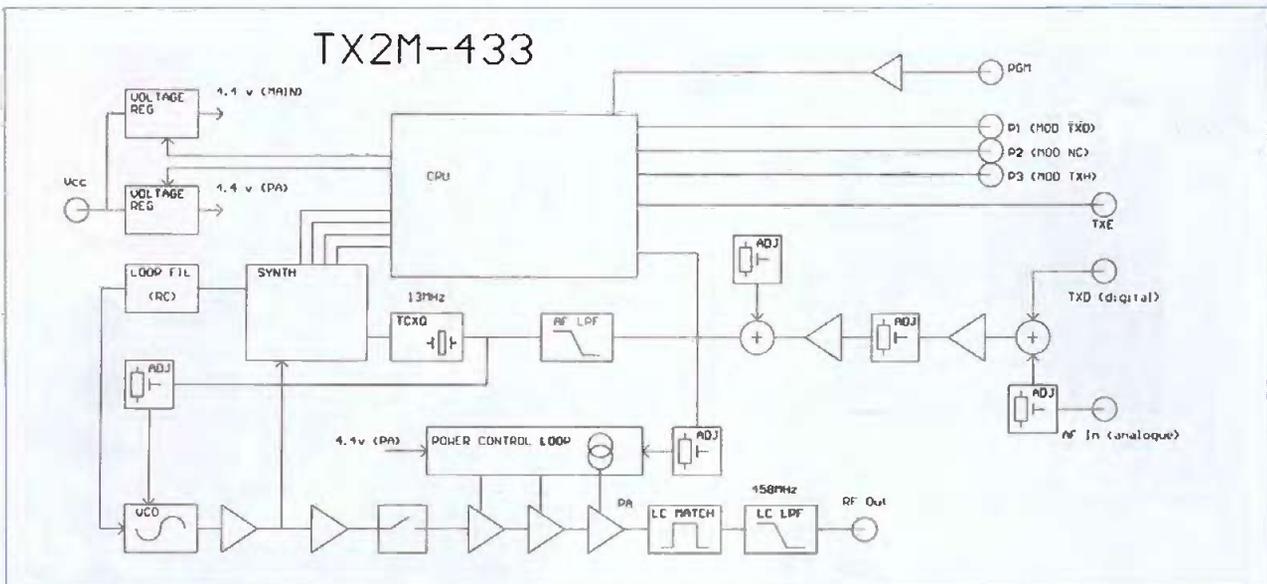
- T1 : BC547
- LED1 à LED13 : led 3 mm rouge
- LED14 à LED21 : led 3 mm jaune
- LED22 à LED25 : led 3 mm verte
- IC1 : MAX232
- IC2 : régulateur de tension LM2931AZ-5
- IC3 : TBA820M
- IC4, IC5 : UAA180

#### Divers

- 1 module récepteur Radiometrix RX2M-433-5 (Lextronic)
- 1 support 8 broches
- 1 support 16 broches
- 2 support 18 broches
- 1 morceau de barrette « sécable » de support femelle 15 points
- 1 morceau de barrette « sécable » de support « tulipe » 48 points
- 1 morceau de barrette « sécable » de picots 3 points
- 1 cavalier
- 2 interrupteurs miniatures pour C.1.
- 2 clips pour pile 9 V pour C.1.
- 1 connecteur SubD femelle 9 broches coudées pour circuit imprimé
- 1 connecteur BNC femelle pour châssis
- Fil pour straps ou résistances 0 Ω
- 1 haut-parleur 8 Ω miniature

## ÉMETTEUR TX2M-433-5

Bien que la mise en œuvre du TX2M-433-5 impose la réalisation d'un second circuit imprimé, nous avons souhaité le présenter à nos lecteurs. Vous pourrez l'utiliser dans une réalisation personnelle avec le RX2M-433-5 et juger ainsi de la haute qualité de l'ensemble. Le synoptique interne du module est présenté en figure 14.



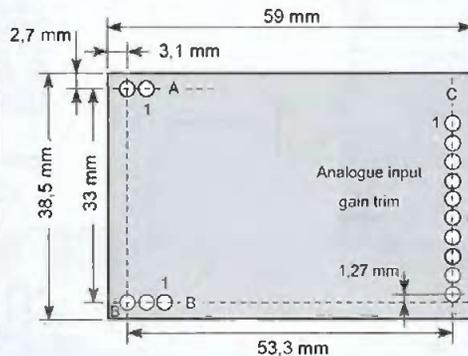
14

15

Pin description TX2M

Pin A	Name	Function
1	+ Vin	+ 4,5 - 16 V
2	Gnd	Ground

Pin B	Name	Function
1	Gnd	RF ground
2	RF out	To the antenna
3	Gnd	RF ground



- A: 1 = Vcc
- A: 2 = Gnd
- B: 1 = Gnd
- B: 2 = RF out
- B: 3 = Gnd
- C: 1 = 0 V
- C: 2 = TXE
- C: 3 = TXD
- C: 4 = AF in
- C: 5 = +4,4 V out
- C: 6 = PGM
- C: 7 = 0 V
- C: 8 = P1 (MOD TXD)
- C: 9 = P2 (MOD NC)
- C: 10 = P3 (MOD TXH)

Pin C	Name	Function
1	0 V	Ground
2	TXE	Transmitter enable. Low = ON, open = off. 4,7 k internal pullup to Vcc
3	TXD	DC coupled input for 3-12 V CMOS logic. Leave open if unused
4	AF in	AC coupled Analogue Input. Limit to 1 V <sub>pk-pk</sub> ± 10 % to keep distortion < 1,5 % and peak FM deviation > 2,5 kHz
5	+4,4 Vout	DC supply. 75 mA maximum drain. Only present when TXE is low
6	PGM	Serial programming/configuration input at RS232 level
7	0 V	Ground
8	P1 (MOD TXD)	Parallel frequency select Inputs. Inverted logic. 10 k pullups to 4 V
9	P2 (MOD NC)	
10	P3 (MOD TXH)	

La figure 15 donne les dimensions ainsi que la fonction de chacune de ses broches. Il convient d'apporter quelques précisions sur les propriétés de certaines de ces broches :

- la broche « 2C, TXE/ » doit être portée au niveau logique « bas » afin de valider l'émetteur
- la broche « 4C, AF IN » (entrée analogue) peut être utilisée pour la

transmission de la parole. Le signal appliqué sur cette broche doit être d'une amplitude de 1 V c à c pour garder un taux de distorsion acceptable (< 1,5 %) et une excursion en fréquence > 2,5 kHz

- la broche « 6C, PGM, » permet la configuration et la programmation des fréquences et des canaux. Cette entrée supporte les niveaux RS232

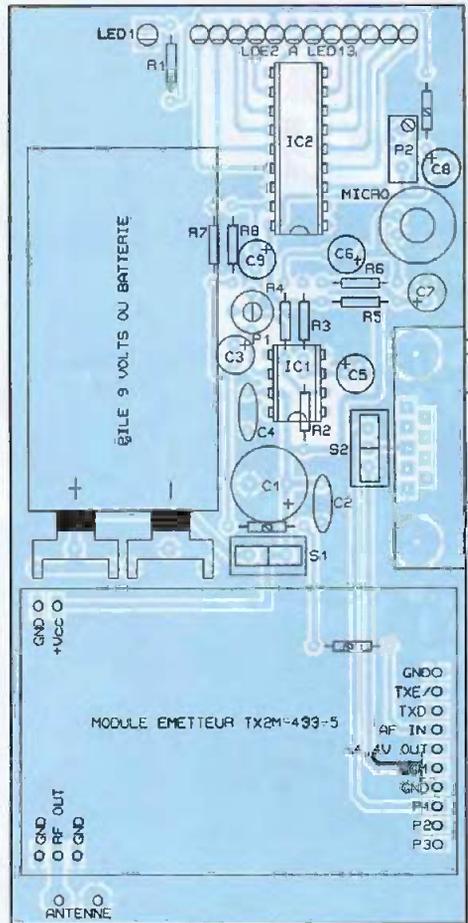
- les broches « 8C, 9C et 10C » sont utilisées pour la programmation de seize canaux en mode « parallèle »

Pour la programmation du module émetteur, se référer aux explications données précédemment.

Le module peut être alimenté sous une tension comprise entre 4,5 V et 16 V. Il consomme un courant de 41 mA en émission.



18



immédiatement procéder à un premier essai.

Le mesureur de champ, sans antenne, est mis sous tension. Ensuite, l'émetteur positionné à un mètre est également alimenté. Les diodes leds du récepteur doivent s'allumer instantanément jusqu'à un certain niveau (trois ou quatre leds vertes restent éteintes). En approchant l'émetteur, une ou plusieurs d'entre elles doivent s'allumer à leur tour.

Le module « émetteur » peut être programmé afin de changer le canal d'émission. Pour cela, les lecteurs possédant un second ordinateur (portable de préférence), connecteront la platine « récepteur » à l'un d'eux et la platine « émetteur » au second. Sous le logiciel **HyperTerminal**, il suffira d'entrer, par exemple, les instructions suivantes (sur les deux platines) :

- **GOCHAN 35**  
→ se positionne sur le canal 35 (valable jusqu'au canal 69)
- **/LOADMX 127**  
→ permet d'avoir accès aux canaux

## Nomenclature

### ÉMETTEUR

#### Résistances

- R1, R6, R8 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)
- R2, R3, R4 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)
- R5 : 4,7 k $\Omega$  (jaune, violet, rouge)
- R7 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)
- P1 : ajustable 1 M $\Omega$
- P2 : ajustable multitours 10 k $\Omega$

#### Condensateurs

- C1 : 1000  $\mu$ F/16 V
- C2, C4 : 100 nF
- C3, C5, C6, C7, C8 : 10  $\mu$ F/16 V
- C9 : 1  $\mu$ F/16 V

#### Semiconducteurs

- LED1 : led  $\varnothing$  3 mm rouge
- LED2 à LED6 : led miniature au pas de 2,54 mm verte
- LED7 à LED11 : led miniature au pas de 2,54 mm jaune
- LED12, LED13 : led miniature au pas de

supérieurs (70 à 127)

- **GOCHAN 120**  
→ se positionne sur le canal 120
- **GOTEST**  
→ permet d'entrer une fréquence de 250 Hz

2,54 mm orange

IC1 : LM741  
IC2 : UAA180

#### Divers

- 1 module émetteur Radiometrix TX2M-433-5 (Lextronic)
- 1 support 8 broches
- 1 support 18 broches
- 1 morceau de barrette « sécable » de support femelle 15 points
- 2 morceaux de barrette « sécable » de support « tulipe » 12 points
- 2 clips pour pile 9 V pour C.1.
- 1 interrupteur miniature pour C.1.
- 1 morceau de barrette « sécable » de picots 3 points
- 1 cavalier
- 1 connecteur SubD femelle 9 broches coudées pour circuit imprimé
- Fil pour straps ou résistances 0  $\Omega$
- 1 microphone à électret

**Dernier point important à signaler :**  
le mesureur de champ doit être placé dans un boîtier métallique.

P. OGUIC

p.oguic@gmail.com

# Compteur de passages par laser

La légendaire précision du rayon laser est à la base d'applications dont le nombre ne cesse d'augmenter. Le montage que nous vous proposons permet d'assurer le comptage du passage de personnes ou, de manière plus générale, de mobiles.

**C**e montage dispose également de la faculté de discerner le sens de déplacement et de ne retenir que le comptage des personnes pénétrant, par exemple, dans un local.

De même, une détection de passage peut être à l'origine de la fermeture momentanée d'un contact pour commander, entre autres, l'ouverture d'une porte ou d'une barrière.

## Principe

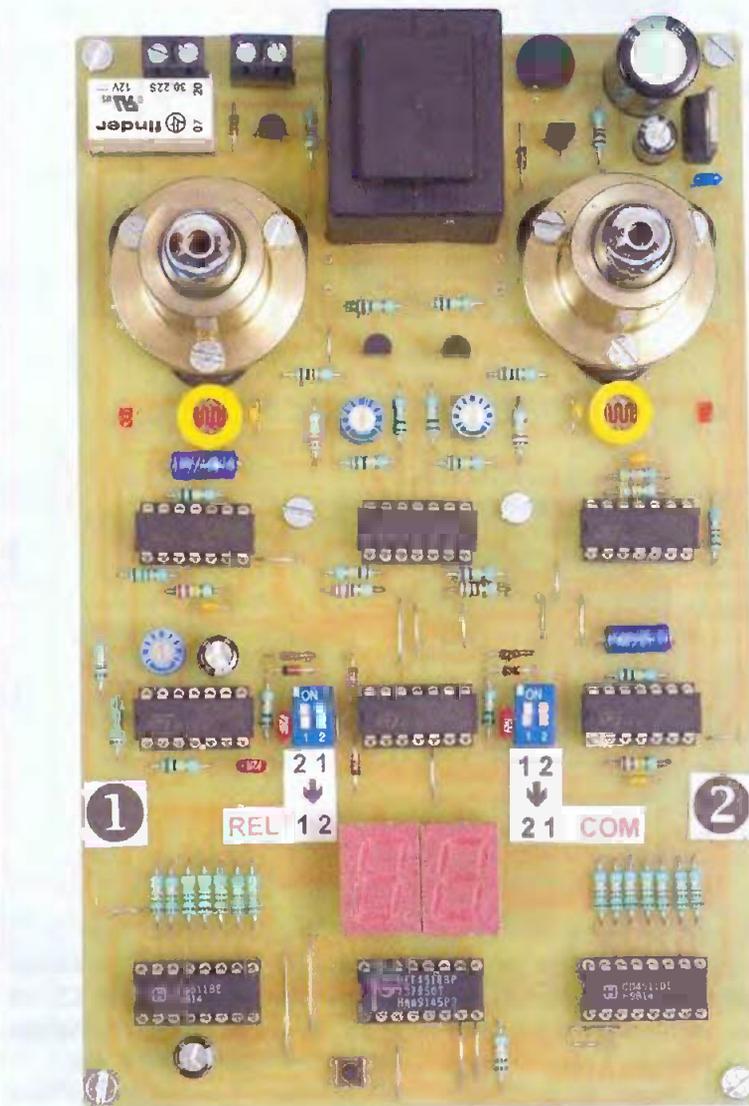
### Fonctionnement général

Deux pointeurs « laser », à orientation parallèle et séparés de quelques centimètres, envoient deux faisceaux vers un miroir pouvant être éloigné de plusieurs mètres. Ce dernier assure la réflexion des faisceaux qui sont alors dirigés, chacun en ce qui le concerne, vers une cellule de réception LDR (figure 1).

Lorsqu'un élément mobile se dirige du milieu (1) vers le milieu (2), il franchit successivement le faisceau issu du laser (1), puis celui du laser (2).

Bien entendu, dans le sens contraire, cette succession se trouve simplement inversée.

Une logique électronique adaptée permet de prendre en compte l'ordre de franchissement pour assurer, au final, l'une des diverses possibilités de comptage suivantes :



- comptage des passages du milieu (1) vers le milieu (2)
- comptage des passages du milieu (2) vers le milieu (1)
- comptage des passages dans les deux sens.

De même, tout franchissement des faisceaux peut également aboutir à la fermeture temporisée d'un contact, pour l'un des cas suivants :

- passage du milieu (1) vers le milieu (2)
- passage du milieu (2) vers le milieu (1)
- passage dans les deux sens.

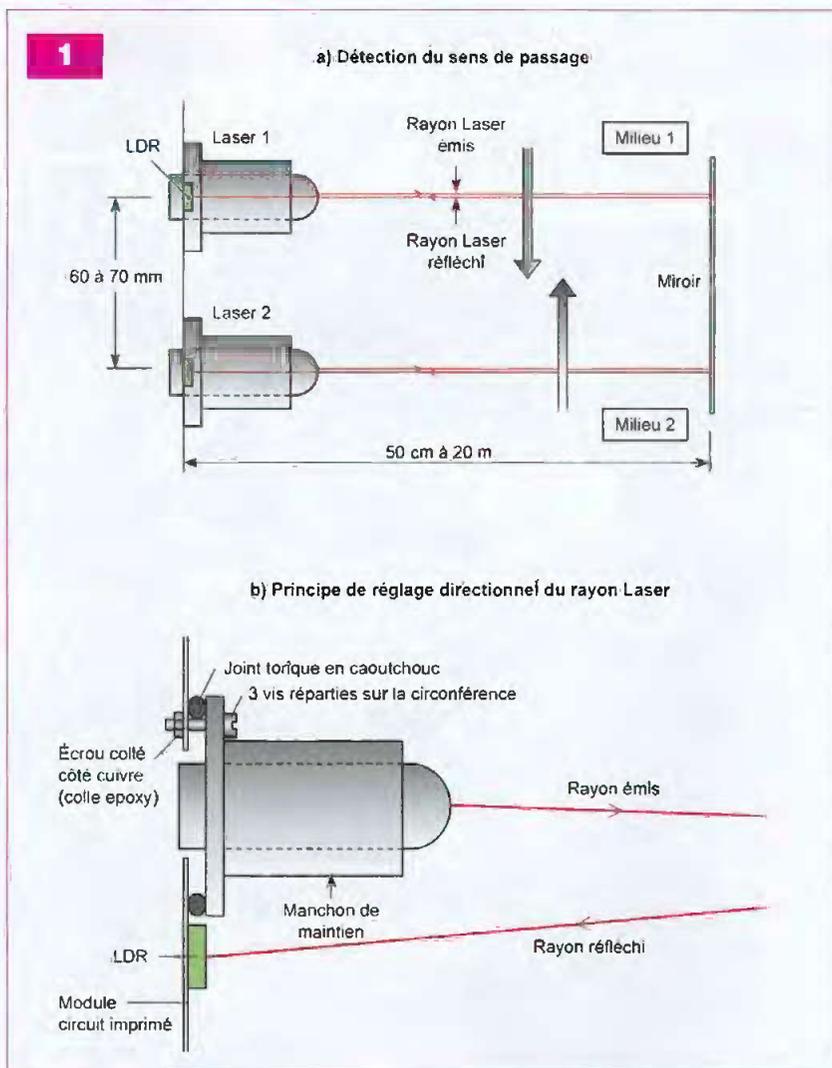
### Réglage directionnel des faisceaux

Un rayon laser se caractérise essentiellement par son extraordinaire

concentration et l'absence de toute réfraction. De plus, il est visible, ce qui permet de faciliter les réglages.

Avant de passer en revue le fonctionnement électronique du montage, arrêtons-nous un instant sur le principe du réglage directionnel des faisceaux.

Chaque pointeur laser est maintenu dans un manchon dont l'embase comporte trois trous répartis à 120° sur une circonférence. Cette embase n'est pas directement plaquée contre le module constituant le circuit imprimé. En effet, un joint torique en caoutchouc se trouve interposé entre l'embase et le module. Grâce à l'élasticité de ce joint, il est ainsi possible



de serrer plus ou moins les vis de fixation, d'où la possibilité de faire varier légèrement l'inclinaison du faisceau laser par rapport à la perpendiculaire au module. L'objectif étant, bien entendu, de faire aboutir le rayon réfléchi sur le centre de la cellule LDR correspondante.

Nous verrons, en fin d'article, la réalisation pratique de ce dispositif ainsi que la méthode de mise au point.

## Fonctionnement

### Alimentation

Un transformateur délivre sur son enroulement secondaire une tension alternative de 12 V.

Après un redressement en double alternances assuré par un pont de diodes, la capacité C1 réalise un premier filtrage. En sortie du régulateur, un 7809, on relève un potentiel continu stabilisé à 9 V (figure 2). C'est ce dernier qui assure l'alimentation de la

partie « logique » du montage.

La capacité C2 effectue un filtrage complémentaire, tandis que C5 fait office de capacité de découplage entre alimentation et circuit aval.

Les pointeurs « laser » fonctionnant normalement avec une tension continue de 4,5 V, il est nécessaire de disposer de cette valeur. C'est la raison d'être du transistor NPN/T1, monté en collecteur commun et fonctionnant suivant le mode « suiveur de potentiel ».

La base de T1 est maintenue à un potentiel de 5,1 V grâce à la diode zéner DZ. Pour obtenir un fonctionnement correct de celle-ci, il convient d'y faire circuler un courant de quelques milliampères. C'est la raison d'être de R1. Compte tenu de la tension de jonction de 0,6 V base/émetteur interne au transistor, on recueille un potentiel de 4,5 V sur son émetteur. Il est destiné à l'alimentation des pointeurs « laser ».

### Alimentation des pointeurs « laser »

Les portes NOR (III) et (IV) de IC1 sont montées en oscillateur astable. Plus exactement, on relève sur la sortie de la porte (IV) un créneau de forme carrée, caractérisé par une période dont la valeur se détermine au moyen de la relation :

$$T = 2,2 \times R4 \times C6$$

Dans le cas présent, cette période est de l'ordre de 1 ms, ce qui correspond à une fréquence de 1 kHz.

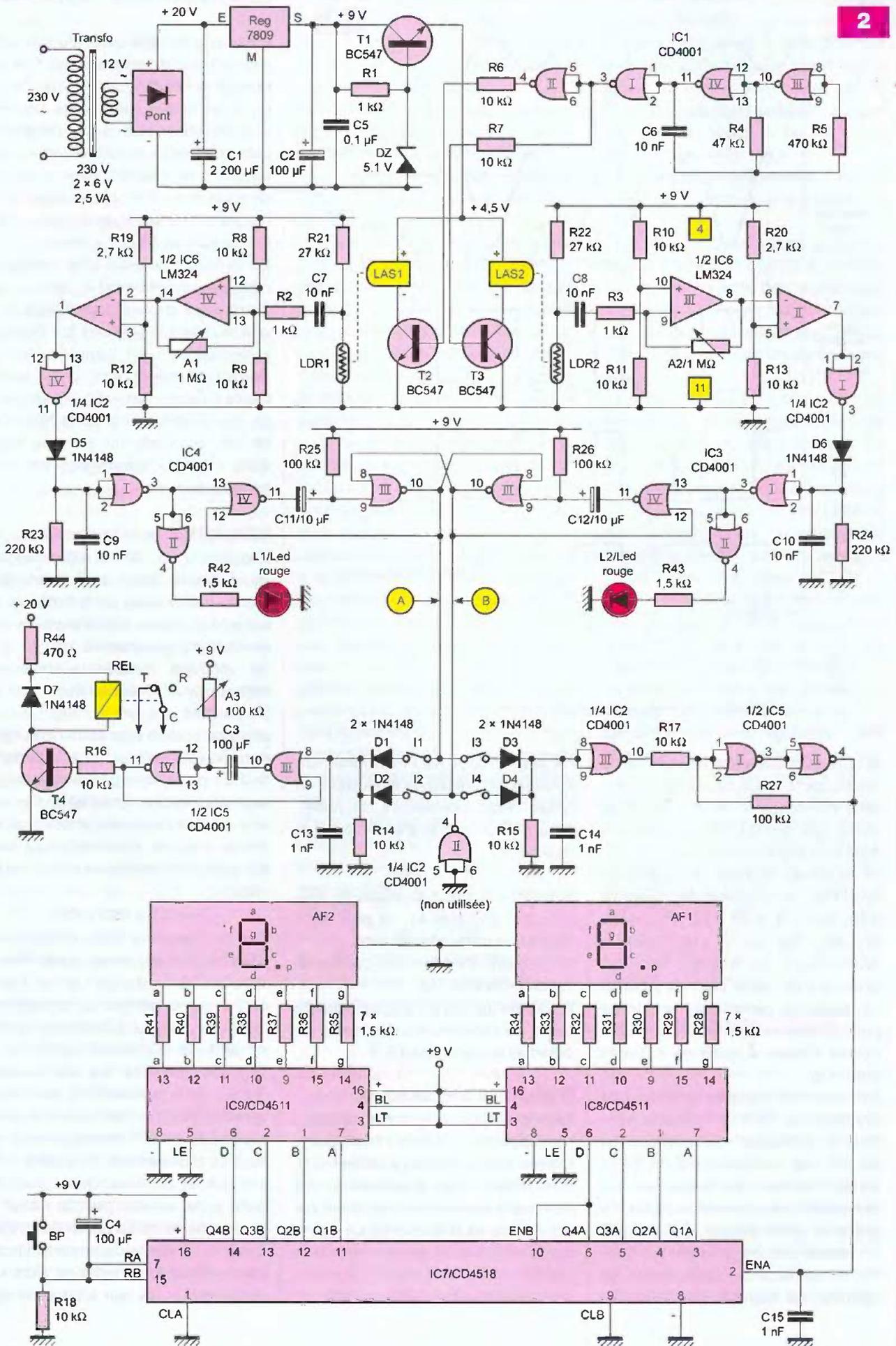
Les portes NOR (I) et (II) du même circuit intégré réalisent deux inversions consécutives, si bien que sur les sorties de ces portes, on recueille des créneaux en opposition de phase. Les états « haut » sont à l'origine de saturations alternées des transistors T2 et T3, par l'intermédiaire des résistances de limitation de courant R6 et R7. Les circuits des collecteurs de T2 et T3 comportent respectivement les pointeurs LAS 1 et LAS 2. Ces derniers sont alors alimentés alternativement sous un potentiel de 4,5 V, à la périodicité de 1 ms. Au niveau du courant délivré par l'émetteur de T1, tout se passe comme si ce dernier fournissait un courant constant de l'ordre de 10 mA.

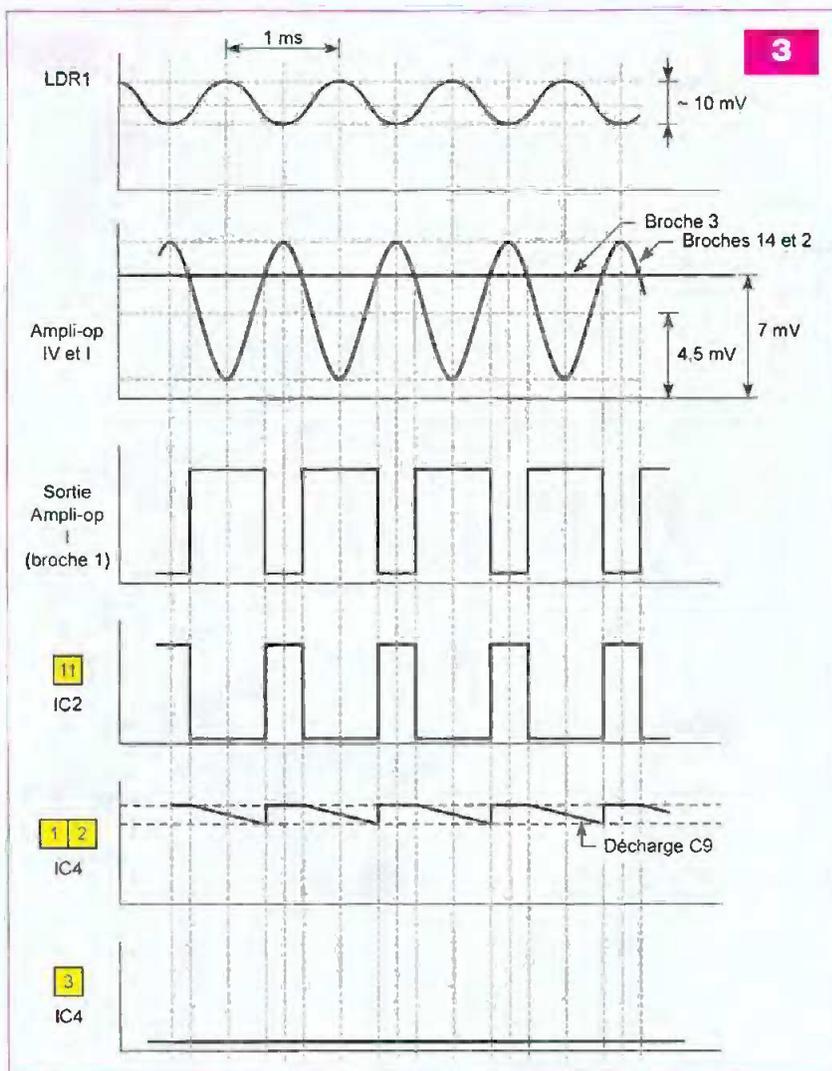
Les pointeurs « laser » fonctionnent donc en régime impulsionnel. Cette disposition présente l'avantage d'une plus grande fiabilité au niveau de la réception des signaux lumineux dans la mesure où les inconvénients liés à une variation de l'éclairage ambiant se trouvent éliminés. C'est toute la supériorité du dynamique sur le statique.

### Amplification des signaux

Au même titre que l'on est en présence de deux pointeurs « laser », on relève également deux chaînes identiques et indépendantes affectées à la réception, à l'amplification et au traitement des signaux. À titre d'exemple, examinons la première de ces chaînes : celle qui correspond à la LDR 1.

La cellule LDR présente une résistance ohmique plus ou moins élevée suivant son exposition à un éclairage. Dans la pénombre, la valeur de la résistance peut atteindre plusieurs centaines de kilohms. En revanche, si





la LDR se trouve dans une ambiance lumineuse telle que l'éclairage diurne, cette résistance se réduit à quelques ohms. Tant que la LDR n'est pas soumise à un rayonnement laser, on relève au niveau du point de sa jonction avec R21, un potentiel de quelques volts, mais là n'est pas l'important. En effet, dès que la LDR reçoit le rayonnement du faisceau laser, on observe à ce même point de jonction un potentiel périodique caractérisé par une période de 1 ms et dont l'amplitude s'élève à quelques millivolts (figure 3).

Ce potentiel variable est aussitôt transmis sur l'entrée « inverseuse » d'un amplificateur opérationnel (IV) de IC6, par l'intermédiaire de C7 et de R2. L'entrée « non inverseuse » est maintenue à une tension fixe de 4,5 V grâce au pont diviseur que forment les résistances d'égales valeurs R8 et R9. En sortie de cet amplificateur, on recueille les signaux présentés sur

l'entrée « inverseuse » mais fortement amplifiés en amplitude et inversés en phase. Plus exactement, le coefficient d'amplification s'exprime par la relation :

$$K = A1/R2$$

Suivant la position angulaire du curseur de l'ajustable A1, on peut donc faire varier cette amplification.

En position médiane, ce coefficient est de l'ordre de 500.

En cas de rupture du faisceau laser, la sortie de l'amplificateur présente un potentiel de repos de 4,5 V.

### Traitement des signaux

Les signaux précédemment amplifiés sont appliqués à l'entrée « inverseuse » d'un second amplificateur référencé (I). Son entrée « non inverseuse » est soumise à un potentiel fixe défini par les valeurs de R12 et R19. La valeur de ce potentiel est déterminée par la relation :

$$u = 9 \text{ V} \times R12 / (R12 + R19)$$

Dans le présent cas, il est de l'ordre de 7 V.

Ainsi, en cas de rupture du faisceau « laser » issu du pointeur LAS 1, si on considère l'amplificateur (I) de IC6, le potentiel auquel est soumise l'entrée « inverseuse » (4,5 V) est inférieur à celui de l'entrée « non inverseuse » (7 V). La sortie de l'amplificateur présente donc un état « haut » permanent. Il en résulte que la sortie de la porte NOR (IV) de IC2 est à l'état « bas ».

En revanche, quand la LDR 1 est soumise au rayonnement « laser » en provenance de LAS 1, à chaque fois que le potentiel présenté sur l'entrée « inverseuse » de l'amplificateur (I) devient supérieur à 7 V, la sortie passe à l'état « bas ». En conséquence, sur la sortie de la porte NOR (IV) de IC2, on relève une suite de brefs états « haut » caractérisés par une période de 1 ms.

### Intégration et signalisation

L'ensemble D5, R23 et C9 constitue un dispositif intégrateur. Lors des états « haut » issus de la sortie de la porte NOR (IV) de IC2, la capacité C9 se charge rapidement à travers D5. Au contraire, lorsque la sortie de cette porte NOR est à l'état « bas », C9 ne peut que se décharger à une allure beaucoup plus lente dans R23 dont la résistance est plus importante. Plus précisément, la durée nécessaire pour que le potentiel de l'armature positive devienne inférieur à la demie tension d'alimentation, soit 4,5 V, peut se calculer au moyen de la relation :

$$t = 0,7 \times R23 \times C9$$

Compte tenu des valeurs des composants utilisés, cette durée théorique est de l'ordre de 1,5 ms. Étant donné que la période de renouvellement des charges successives de C9 est de 1 ms, le potentiel de forme triangulaire présenté sur les entrées réunies de la porte NOR (I) de IC4 se caractérisera par des minima restant supérieurs à 4,5 V, correspondant au seuil de basculement de la porte.

Il en résulte, au niveau des entrées de cette porte, un état pseudo « haut », tandis que sa sortie présente un état « bas ». La sortie de la porte (II) du même circuit intégré délivre alors un état « haut », ce qui a pour consé-

quence l'allumage de la led de signalisation L1.

En revanche, aussitôt qu'il y a rupture du faisceau laser, la sortie de la porte NOR (I) de IC4 passe à l'état « haut » tandis que celle de la porte (II) passe à l'état « bas », ce qui provoque l'extinction de la led L1.

### Discernement du sens de passage

Le front montant qui se manifeste sur la sortie de la porte NOR (I) de IC4 lors de la rupture du faisceau « laser » issu du pointeur LAS 1, est pris en compte par une bascule monostable constituée par les portes NOR (III) et (IV) de IC4. Cette dernière délivre aussitôt sur sa sortie un état « haut » dont la durée se détermine par la relation :

$$t = 0,7 \times R25 \times C11$$

Dans le cas présent, cette durée est d'environ 0,7 s. Cet état « haut » est également présenté sur l'entrée (8) de la porte NOR (III) de IC3. Cette porte fait partie d'une autre bascule monostable NOR (III) et (IV) de IC3 qui fonctionne de la même manière en cas de rupture du faisceau en provenance du pointeur LAS 2.

Quand un individu (ou un mobile quelconque) provoque d'abord la rupture du faisceau LAS 1, puis du faisceau LAS 2, la bascule évoquée ci-dessus et faisant partie de la chaîne initialisée par la cellule LDR 2 se trouve neutralisée pendant 0,7 s. Elle ne réagit donc pas au passage de l'individu provoquant la rupture du faisceau issu de LAS 2. Sa sortie reste à l'état « bas ».

L'ensemble étant rigoureusement symétrique, il se dégage la règle suivante :

- lorsque les faisceaux sont rompus dans le sens LAS 1 vers LAS 2, seul le point (A) du schéma présente un état « haut » d'une durée de 0,7 s
- lorsque les faisceaux sont rompus dans le sens LAS 2 vers LAS 1, seul le point (B) du schéma présente un état « haut » d'une durée de 0,7 s

### Établissement d'un contact temporisé

Compte tenu de la règle énoncée ci-dessus, si on ferme l'interrupteur I1, un état « haut » de 0,7 s apparaît au

niveau des cathodes communes des diodes D1 et D2 pour tout passage dans le sens LAS 1/LAS 2. Le sens inverse est pris en compte lorsque l'on ferme l'interrupteur I2. Enfin, quand les deux interrupteurs sont fermés simultanément, le système accuse réception des deux sens de franchissement des faisceaux « laser ». L'état « haut » évoqué ci-dessus commande l'entrée d'une bascule monostable constituée des portes NOR (III) et (IV) de IC5. Pour chaque sollicitation, celle-ci délivre à son tour un état « haut » d'une durée réglable pouvant aller jusqu'à 7 s, selon la position angulaire du curseur de l'ajustable A3. Pendant ce laps de temps, le transistor T4 se sature. Il comporte dans son circuit collecteur la bobine d'un relais d'utilisation. Ce dernier, lors de sa fermeture, établit ainsi un contact temporisé pouvant être utilisé pour diverses servitudes extérieures au montage.

La diode D7 protège T4 des effets liés à la surtension de self, lesquels se manifestent essentiellement lors des ouvertures. Par ailleurs, on notera que la bobine du relais est alimentée par un potentiel de l'ordre de 20 V prélevé directement sur l'armature positive de C1. S'agissant d'un relais dont la tension nominale de fonctionnement est de 12 V, il a été nécessaire d'insérer dans son circuit d'alimentation une résistance réalisant une chute de tension de 8 V. Si « r » est la résistance de la bobine du relais, la valeur de la résistance R44 à insérer peut se déterminer par la relation :

$$R44 = 2 r/3$$

Le relais utilisé se caractérisant par une résistance de bobine de 720  $\Omega$ , la valeur de R44 adoptée est donc de 470  $\Omega$ .

### Comptage des passages

Les fermetures des interrupteurs I3 et I4, séparément ou simultanément, permettent d'obtenir la même sélection des cas à prendre en compte que ceux explicités au paragraphe précédent. Pour chaque état « haut » de 0,7 s disponible sur le point commun des cathodes des diodes D3 et D4, la sortie de la porte NOR (III) de IC2 présente un état « bas » de la même

durée. Ce dernier est pris en compte par le trigger de Schmitt formé par les portes NOR (I) et (II) de IC5. Son rôle consiste à donner aux fronts montants et descendants une allure davantage verticale grâce à la réaction positive apportée par R27 lors des basculements.

Le circuit intégré référencé IC7 est un CD 4518. Il contient deux compteurs BCD.

Le compteur (A) est affecté au comptage des unités. Il avance au rythme des fronts négatifs des signaux de comptage présentés sur son entrée « Enable A » étant donné que l'entrée « Clock A » est reliée en permanence à un état « bas ».

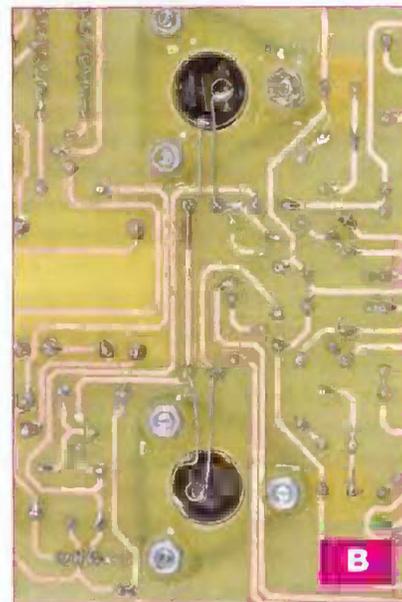
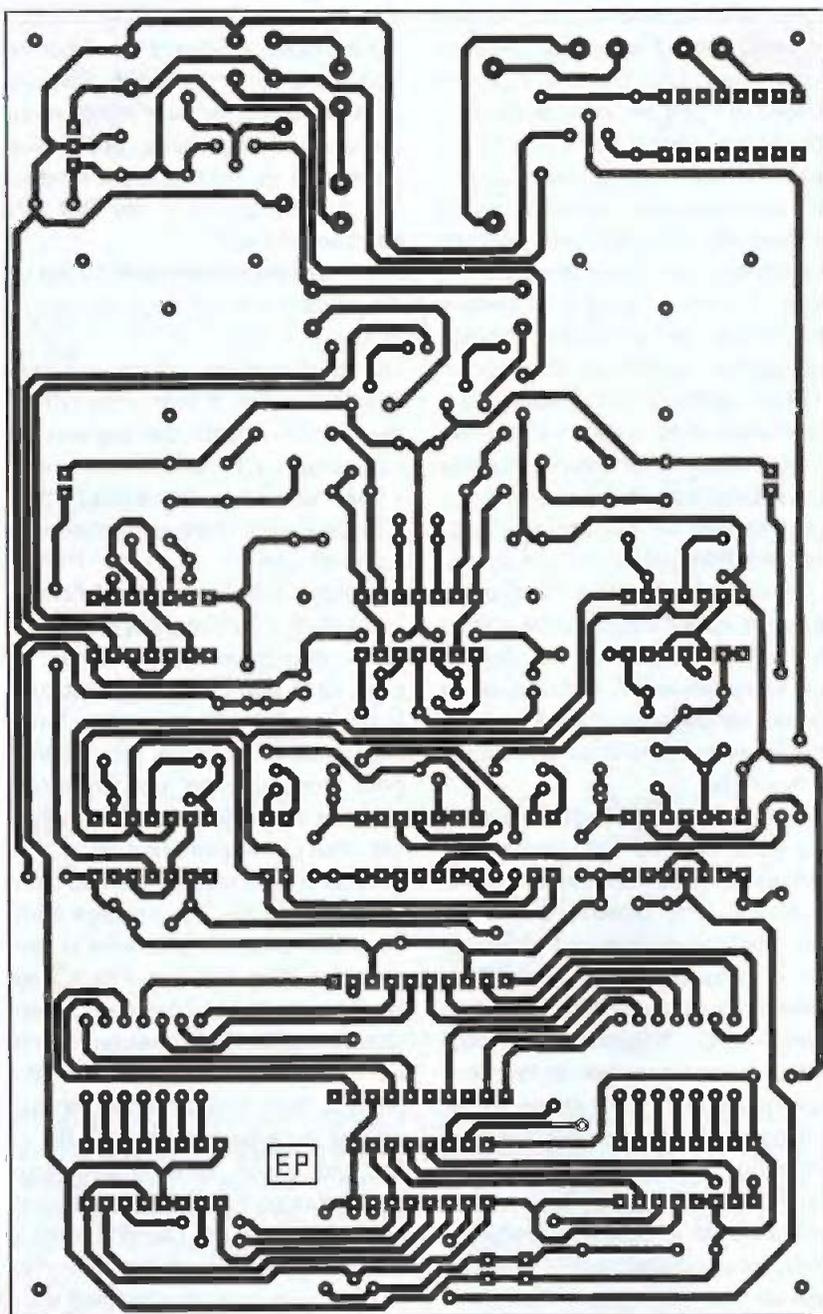
La sortie « Q4A » est reliée à l'entrée « Enable B » du compteur (B) qui fait office de compteur des dizaines. En effet, lorsque le compteur (A) occupe la position 9 (1001 en notation binaire), la position suivante, zéro (0000) a pour conséquence une transition négative sur « Q4A », ce qui fait avancer d'un pas le compteur (B).

Lors de la mise sous tension du montage, la capacité C4 se charge à travers R18, ce qui a pour effet la présentation d'un bref état « haut » sur les entrées « Reset » des deux compteurs. Il en résulte leur remise à zéro. Le comptage peut également être remis à zéro volontairement en appuyant sur le bouton-poussoir BP.

Les indications binaires des deux compteurs sont décodées par les circuits IC8 et IC9, des CD 4511, dont le rôle consiste à délivrer sur les sorties des niveaux logiques compatibles à l'alimentation de deux afficheurs sept segments à cathodes communes. Les résistances R28 à R41 limitent le courant dans ces segments.

### Réalisation pratique

Le circuit imprimé tient compte de l'implantation « dimensionnelle » des deux pointeurs « laser » (figure 4). Dans l'exemple présenté, la distance séparant les deux axes varie de 6 à 7 cm, mais cette valeur n'est absolument pas critique. Un individu qui se déplacerait en courant, même à 15 km/H, mettrait une bonne quinzaine de millisecondes pour franchir cette distance. Étant donné la pério-



de retenue pour l'alimentation impulsionnelle des pointeurs, soit 1 ms, noter qu'il reste de la marge. Remarque également que le module comporte six trous de fixation. Cette disposition est destinée à rigidifier davantage l'époxy, surtout au voisinage de la fixation des manchons de maintien des pointeurs. La moindre déformation du module à ce niveau conduirait, en effet, à une légère déviation des faisceaux « laser », ce qui augmenterait les difficultés des réglages. Le circuit peut être reproduit en partant directement de l'étude publiée. Se procurer les composants nécessaires avant sa gravure afin

d'être en mesure d'effectuer les éventuelles retouches sur le typon dues à des différences de brochages ou d'espacements dimensionnels. Après la mise en place des straps de liaisons, commencer par l'insertion des composants présentant les plus faibles épaisseurs, pour terminer par les plus volumineux. Bien respecter l'orientation des composants polarisés (figure 5).

### Les pointeurs « laser »

Les pointeurs utilisés sont disponibles auprès de la plupart des revendeurs. Ils se présentent sous une forme tubulaire d'environ 12 mm de

diamètre et de 6 à 7 cm de longueur (photo A). Nous avons dû les raccourcir par sciage pour avoir accès au ressort de contact intérieur, ce dernier étant prévu à l'origine pour une alimentation par trois piles « bouton » de 1,5 V. Les pointeurs ont été montés dans des manchons adaptés (figure 1), en y intercalant une ou deux couches de ruban adhésif afin d'aboutir à une bonne immobilisation. Les straps d'alimentation, côté cuivre, ont été soudés directement sur le ressort, d'une part et le corps métallique du pointeur, d'autre part (photo B). C'est généralement ce dernier qui est

## Nomenclature

### Résistances

R1, R2, R3 : 1 k $\Omega$  (marron, noir, rouge)  
 R4 : 47 k $\Omega$  (jaune, violet, orange)  
 R5 : 470 k $\Omega$  (jaune, violet, jaune)  
 R6 à R18 : 10 k $\Omega$  (marron, noir, orange)  
 R19, R20 : 2,7 k $\Omega$  (rouge, violet, rouge)  
 R21, R22 : 27 k $\Omega$  (rouge, violet, orange)  
 R23, R24 : 220 k $\Omega$  (rouge, rouge, jaune)  
 R25, R26, R27 : 100 k $\Omega$  (marron, noir, jaune)  
 R28 à R43 : 1,5 k $\Omega$  (marron, vert, rouge)  
 R44 : 470  $\Omega$  (jaune, violet, marron)  
 LDR1, LDR2 : photorésistance  $\varnothing$  7 mm  
 A1, A2 : ajustable 1 M $\Omega$   
 A3 : ajustable 100 k $\Omega$

### Semiconducteurs

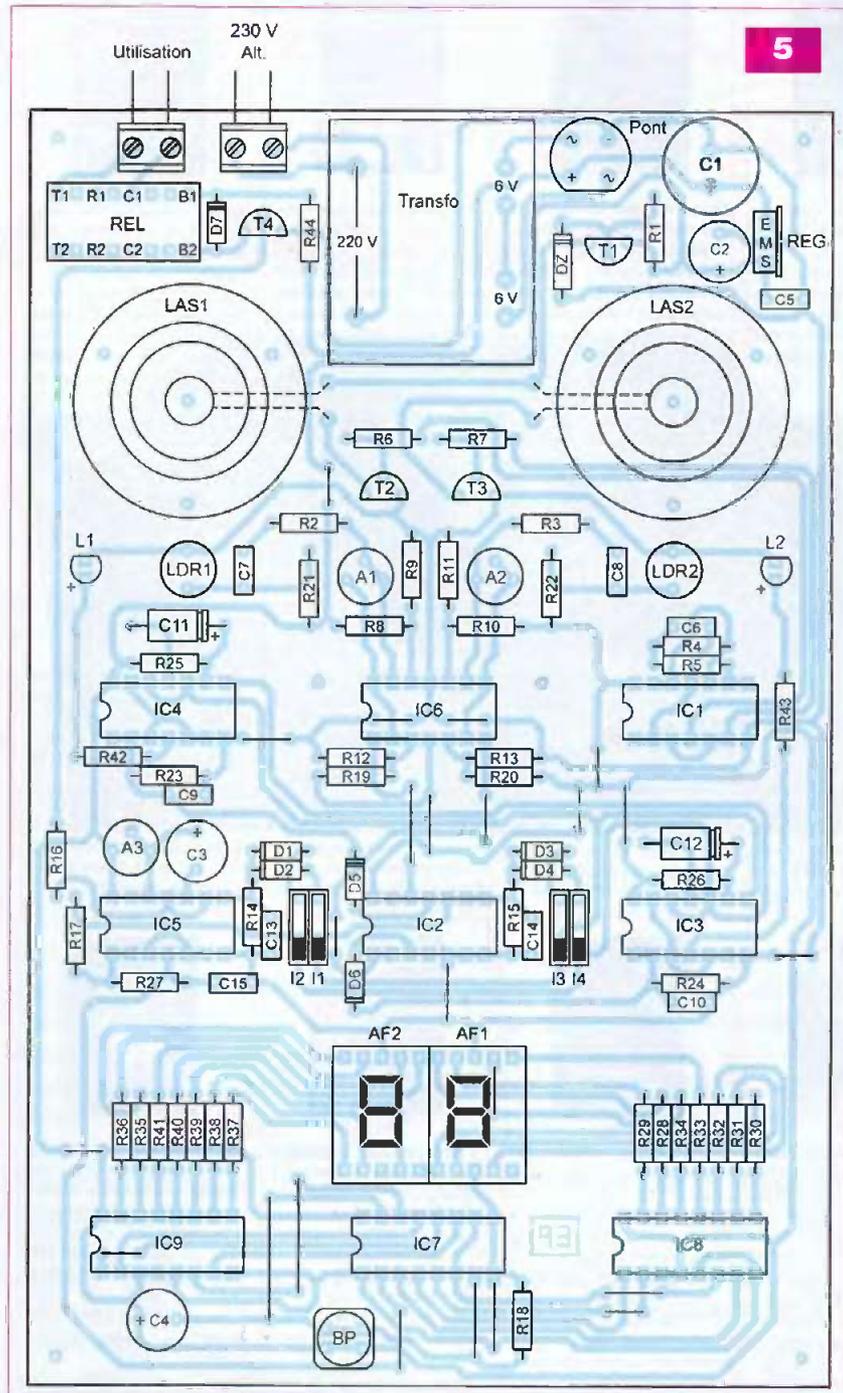
D1 à D7 : 1N 4148  
 DZ : diode zéner 5,1 V/0,4 W  
 L1, L2 : led rouge  $\varnothing$  3 mm  
 AF1, AF2 : afficheur 7 segments à cathode commune (TDSR 5160 G)  
 Pont de diodes  
 REG : Régulateur 9 V (7809)  
 T1 à T4 : BC 547  
 IC1 à IC5 : CD 4001  
 IC6 : LM 324  
 IC7 : CD 4518  
 IC8, IC9 : CD 4511

### Condensateurs

C1 : 2 200  $\mu$ F/25 V  
 C2, C3, C4 : 100  $\mu$ F/16 V  
 C5 : 0,1  $\mu$ F  
 C6 à C10 : 10 nF  
 C11, C12 : 10  $\mu$ F/16 V  
 C13, C14, C15 : 1 nF

### Divers

23 straps (8 horizontaux, 15 verticaux)  
 2 borniers soudables de 2 plots  
 Relais 12 V/2 RT Finder (3022)  
 6 supports 14 broches  
 4 supports 16 broches  
 2 barrettes de 10 broches  
 Transformateur 230 V/2 x 6 V/2,5 VA  
 LAS1, LAS2 : pointeur laser (voir texte)  
 I1/I2, I2/I3 : groupements de deux interrupteurs DIL  
 BP : bouton-poussoir miniature



affecté à la polarité positive. Le bouton-poussoir de commande a été enfoncé au maximum en position de fermeture permanente, lors de l'enrobage du corps par le ruban adhésif.

## Mises au point

Les curseurs des ajustables A1 et A2 sont à placer en position médiane. C'est généralement celle qui convient. Rappelons que c'est par l'intermédiaire de ces ajustables que l'on peut régler le coefficient d'amplification des signaux « laser » reçus.

Le coefficient augmente en tournant les curseurs dans le sens horaire.

Le réglage essentiel concerne l'orientation des deux faisceaux. Dans un premier temps, les manchons de maintien des pointeurs sont à monter sur les modules, joint torique en caoutchouc incorporé, sans serrage, de manière à ménager un maximum de latitude de réglage (photo A).

Une fois le miroir de réflexion fixé à quelques mètres, il est possible de réaliser une première approche de réglage en jouant sur la fixation des six vis de maintien du module.

Ensuite, un réglage plus fin consiste à intervenir sur les trois vis de réglages des manchons de maintien des pointeurs de façon à obtenir l'éclairement des LDR correspondantes par réflexion des faisceaux sur le miroir. Un bon réglage est confirmé par l'allumage de la led rouge qui se trouve en correspondance avec chaque LDR. L'ajustable A3 sert à déterminer la durée de fermeture temporaire du relais d'utilisation. Cette durée augmente en tournant le curseur dans le sens horaire.

R. KNOERR

# LES GRANDES ÉLECTRONIQUES

## Préamplificateur SP10 d'Audio Research

Lorsqu'en 1982 Audio Research met sur le marché le célèbre préamplificateur SP10, le constructeur bouleverse définitivement le petit monde de l'audio à tubes.

**L**e SP10 est la synthèse des théories développées par Bill Johnson tout au long des années soixante-dix : régulation des tensions et stabilisation des points de fonctionnement des tubes, comme dans le matériel de laboratoire.

A cela s'ajoute un zeste de génie : une très légère expansion de dynamique tout au long du spectre sonore (de l'ordre de 0,5 dB maximum), en exploitant le mieux possible les courbes de transferts des tubes (voir cours précédents).

### 1982, l'année charnière

Endormis par le doux ronron de leurs caisses enregistreuses, les constructeurs de matériel hi-fi, japonais pour la plupart, n'ont pas vu arriver le danger : la renaissance du tube thermionique en audio due, en grande partie, à l'arrivée du numérique « grand public » en 1980, si agressif à l'époque.

Les étages analogiques à semiconducteurs d'alors furent incapables de traduire sans distorsion les grands écarts de dynamique... seul le tube le pouvait !

Attention, ce qui était vrai en 1982 ne l'est plus de nos jours... Les semiconducteurs modernes assurent !

En 1982 donc, certains constructeurs d'appareils à tubes n'ont pas baissé



les bras. Parmi eux, citons Audio Research et Conrad Johnson aux États-Unis; Jadis en France; Michaëlon et Austin (aujourd'hui Musical Fidelity) en Grande-Bretagne. Et puis, il y eut les utilisateurs qui, une fois l'engouement du « All Solid State » passé, exhumèrent de leurs caves et greniers les vieux Mc Intosh, Harman Kardon, Leak, Fisher et autres Marantz, sans oublier les appareils français célèbres « Film et Radio », Jason, Cabasse, Filson, sans oublier les « kits » Dynaco qui reprirent timidement du service. Fièvre passéiste ? Certainement... mais il faut bien avouer que ces vieux engins dominaient (c'est encore vrai de nos jours !) la majorité de la production hi-fi de l'époque, à l'exception de certaines réalisations exceptionnelles utilisant des semiconducteurs, vendues très, très cher !

Il aurait été facile aux constructeurs s'intéressant aux tubes d'en rester là, de reprendre les vieux schémas sans trop essayer de les comprendre et de refabriquer des amplificateurs et préamplificateurs à l'ancienne.

C'est malheureusement ce qui se

passé trop souvent de nos jours avec une multitude de petits constructeurs, avides de bénéfices qui conçoivent des « engins » aux performances auditives effarantes de nullité et à la fiabilité plus que douteuse.

Ils sont, bien évidemment, vendus à des prix à faire douter de son pouvoir d'achat le consommateur le mieux disposé.

Pire encore, la méconnaissance du fonctionnement des tubes électroniques amène de nouveaux gourous à redécouvrir des circuits inutilisables et inutilisés depuis des lustres par les grands créateurs de l'époque, essentiellement pour causes d'instabilités congénitales... et irrémédiables !

Bill Johnson, le créateur d'Audio Research, n'est pas de ceux-là. Depuis 1973, date de la création de l'amplificateur D75 accompagné de son préamplificateur SP3, la marque n'a cessé d'évoluer au sommet de la haute-fidélité d'exception (coûteuse !). Même son incursion dans le monde des semiconducteurs fut un succès, avec le célèbre D100, amplificateur de puissance fonctionnant en classe A « glissante ».

La philosophie de la marque ? On peut la résumer ainsi :

- Des circuits sans concession aux impératifs d'économie, s'inspirant des circuits hyper-performants utilisés dans les appareils de mesures de laboratoires
- Des tubes fonctionnant bien en deçà de leurs performances maximales, leur permettant d'assurer un service très long
- Des alimentations stabilisées ultra-rapides et à large bande passante (comme dans les appareils de mesures)
- Une construction « lourde » de type « militaire » (tôles épaisses, circuits imprimés épais et surdimensionnés, soudures à l'argent)
- Des composants de grande précision et de très haute fiabilité utilisés très en deçà de leurs marges de sécurité.

Par exemple, dans le SP10, toutes les résistances parcourues par du courant continu et de la modulation sont bobinées et non inductives.

Les autres sont à couche « métal ».

Les condensateurs de liaisons sont au polypropylène, doublés par des condensateurs de faible valeur au polystyrène, etc.

C'est vrai, un SP10 d'occasion, c'est cher !

Mais si vous avez l'intelligence de le maintenir en bon état, sans changer les tubes tous les huit jours sous prétexte qu'un « ami qui s'y connaît » vous a dit que le tube « machin chose » est meilleur que le tube « truc-machin » ou pire encore qu'un gougnafier, « spécialiste du up-grade », vous a convaincu qu'il faut revoir entièrement la structure de l'appareil et le recabler avec du câble fabriqué en Chine à 1500 € le mètre sous prétexte que « les lois de l'électromagnétisme sont impénétrables (sic, nous l'avons lu !), votre « engin » vous assurera plusieurs décennies de bons et loyaux services.

Le SP10 est fait pour durer longtemps sans problème, à condition qu'il ne soit pas maltraité et qu'en cas de panne (ce qui arrive tout de même de temps en temps !), les composants soient remplacés par ceux d'origine ou, du moins, par des équivalents.

## Le SP10 : alchimie d'un chef d'œuvre

Chez Audio Research, comme chez d'autres constructeurs, il arrive qu'une merveilleuse alchimie donne naissance à un appareil pratiquement insurpassable, dont les qualités subjectives sont exceptionnelles.

Dans cette catégorie, le SP10 reste la référence, parfois égalée mais jamais surpassée par la marque elle-même. Nous allons essayer de comprendre le pourquoi...

### Les tubes et le SP10

Quel est donc le secret de ce diable d'appareil ? Il réside dans le circuit, bien sûr, mais aussi les tubes, les célèbres ECC88/6DJ8, si mal utilisés dans certaines fabrications concurrentes. Pourquoi ? Parce qu'il s'agit d'un tube à pièges, le plus redoutable étant sa tendance à l'auto-oscillation (de l'ordre de 450 MHz !). Ceci explique qu'il ait été utilisé avec succès dans les têtes HF des téléviseurs comme « auto-oscillateur ». Vous voyez, nous sommes loin de la hi-fi !

Bien maîtrisé, ce tube est d'une linéarité exceptionnelle, à l'exception d'un petit « accident » au milieu de la courbe de transfert (pour une polarisation de -3,5 V). Utilisé correctement, cet « accident » va produire naturellement un effet expanseur de +0,5 dB qui constitue l'une des caractéristiques (difficile à mettre au point) du SP10.

Pourquoi l'ECC88/6DJ8 est-elle exceptionnelle ? C'est grâce à un procédé de fabrication évoqué dans notre série de cours : la « grille-cadre ». Cette technique révolutionnaire, mise au point en France à la fin des années cinquante par la Radiotechnique, allait bouleverser toute l'électronique en l'affranchissant des limites imposées jusque-là par la construction traditionnelle des tubes. Laquelle, à l'époque, était fort coûteuse...

Les premiers à utiliser ces tubes furent, bien entendu, l'industrie militaire et les laboratoires de mesures. Les grands oscilloscopes (Tektronix, en particulier) furent équipés de ces tubes exceptionnels. Ils virent leurs bandes passantes bondir de 20 MHz à 100 MHz. La transmission vidéo en

UHF, le radar, l'informatique progressèrent dès lors à pas de géant.

Et l'audio ? En dehors des fabricants de matériels professionnels qui les adoptèrent, ceux des matériels « grand public » les ignorèrent, en raison des prix trop élevés et une mise en œuvre délicate. La pente de ces tubes est très élevée (12,5 mA/V pour l'ECC88/6DJ8), ils exigent une alimentation rigoureusement stabilisée et des points de fonctionnement extrêmement précis afin d'éviter une tendance à l'auto-oscillation.

En 1982, le problème se posa différemment, des stocks énormes de 6DJ8 étant disponibles à bas prix.

C'est Audio Research qui, pour la première fois, osa utiliser timidement l'ECC88/6DJ8 dans un préamplificateur : le SP6C.

Les modèles A et B, fabriqués depuis 1975, utilisaient d'honnêtes et classiques 12AX7/ECC83.

Le modèle C utilisa la 6DJ8 en étage final d'adaptation d'impédance, tant pour l'étage « phono » que pour l'étage de sortie de « ligne ».

Le résultat fut spectaculaire, malgré une légère tendance à l'instabilité.

Bill Johnson se rendit compte très vite qu'il fallait repenser tout le circuit qui avait fort peu évolué depuis le SP3 en 1973. C'est ainsi que naquit le SP10, synthèse exceptionnelle du savoir-faire accumulé par Audio Research tout au long des années soixante-dix.

Un SP10 est un appareil de laboratoire mis à la disposition du « grand public » qui rompt définitivement avec l'approche traditionnelle du préamplificateur audio tel qu'il avait été défini jusqu'alors.

Le C22 de Mc Intosh, le Modèle 7 de Marantz, le SP3 d'Audio Research et bien d'autres (Dynaco, Helkit, Cabasse, etc.) ont pu être copiés, souvent sans imagination, par les marques concurrentes.

Rien de tel avec le SP10 qui demeure un appareil unique de la même facture que les amplificateurs de la marque qui rompaient définitivement avec l'approche classique de l'amplification de puissance.

Un dernier mot sur les tubes avant d'entreprendre l'étude des schémas. Evitez, dans toute la mesure du pos-

sible (sauf en cas de dépannage d'urgence), d'utiliser des tubes annoncés comme équivalents à l'ECC88/6DJ8.

**Il n'existe aucun vrai équivalent, ni version renforcée de ce tube.** C'est inutile, l'ECC88 s'est positionnée dès l'origine en tube professionnel, avec des caractéristiques bien précises.

Ceci contrairement aux tubes « grand public » telle la 12AX7/ECC83 qui change de référence en version professionnelle (E83CC, 12AX7S, 12AX7S, etc.). Les versions dérivées de l'ECC88 ont été créées pour des usages différents. Elles présentent des caractéristiques qui s'écartent parfois énormément du modèle de base.

L'E88CC, par exemple, recherchée par les audiophiles parce qu'elle renferme des « pins dorées » (la belle affaire !), a été mise au point pour l'informatique (les ordinateurs à tubes, cela a existé !). Aux valeurs des polarisations choisies dans le SP10, la pente de l'E88CC s'établit à 15 mA/V, contre 12,5 mA/V pour sa petite sœur ECC88. Le courant qui traversera les circuits du SP10 sera plus important que prévu, avec les conséquences que vous imaginez.

La 6922, vendue de nos jours comme remplaçante de l'ECC88, a une pente aux points de polarisations choisis de 8 mA/V. Là vous ne risquez rien, sauf de voir grimper le taux de distorsion. Le seul tube acceptable comme substitut est l'E188CC. Bien que sa linéarité ait été sacrifiée au profit de la diminution de ses capacités parasites (utilisation originelle en amplification vidéo), les résultats sur un SP10 seront corrects, sans « abîmer » le circuit, en particulier les circuits d'alimentation des filaments.

Dans le SP10, les filaments sont alimentés en tension continue et montés en série deux par deux sous 12 V. Chaque paire de tubes est alimentée par un régulateur de tension 7815/3 à 5 A. Une résistance chutrice limite la pointe de courant à l'allumage et ramène la tension à 12 V (on compte six régulateurs 7815).

Le courant « filament » de la 6DJ8 est de 365 mA. Il n'est que de 300 mA pour l'E88CC. Mettre ce tube à la place de la 6DJ8 revient à voir sa tension « filament » grimper à 13 V. La vie

du tube, de ce fait, sera réduite de près de 50 % et la température à l'intérieur du préamplificateur « grimpera » en conséquence.

Avec la 6922, en revanche, vous n'aurez pas ce problème, hors les défauts inhérents à ce tube industriel (Microphonie, souffle, distorsion).

Avec des 6DJ8/ECC88, leur durée dans un SP10 est de l'ordre de 12 000 heures ! Vous comprendrez le pourquoi, après l'étude du schéma. Vous constaterez que le circuit est conçu pour utiliser les tubes bien en deçà de leurs performances maximales et qu'il est fort peu sensible aux dispersions des caractéristiques de ces derniers. Ceci, contrairement au SP6C qui demandait un « réalignement » des points de fonctionnement des tubes en fonction du vieillissement ou en cas de leur changement.

Sur le SP10, rien de tout cela. Les points de fonctionnement s'ajustent automatiquement, en fonction des caractéristiques des tubes et de leur vieillissement ou en cas de changement de ceux-ci. C'est un brevet exclusif Audio Research, ce qui explique aussi la raison pour laquelle cet appareil n'a jamais été copié.

## La philosophie du circuit

Dès 1973, Bill Johnson a prôné la stabilisation des tensions d'alimentations **peu consommatrices de courant** dans ses alimentations. Il existe, en effet, trois méthodes pour soustraire une électronique des effets néfastes des variations de la tension en fonction des appels de courant.

### La méthode des constantes de temps

C'est la méthode employée avec succès par Mc Intosh, Marantz, Westrex, Ampex et appliquée avec plus ou moins de bonheur par la majorité des constructeurs.

Nous l'avons longuement développée tout au long de nos cours. Elle consiste à respecter la « courbe enveloppe » du signal audio en calculant les temps de charge et de décharge des condensateurs de filtrage, de découplage et de liaisons tout au long des circuits. Ceci, en fonction

des appels de courant et des fréquences « audio » mises en jeu. C'est parfois difficile mais, bien maîtrisé, cela fonctionne parfaitement.

### La méthode dite « audiophile »

Elle consiste à enfoncer un clou avec une presse de dix tonnes ! On augmente, au-delà du raisonnable, la capacité des condensateurs « réservoirs ». Il n'est pas rare de voir des condensateurs de 10 000  $\mu\text{F}$  en batterie, condensateurs alimentés sous une haute tension de 500 V ! De quoi tuer un cheval au moindre contact.

De la même façon, on augmente, au-delà du raisonnable, la valeur des condensateurs de liaisons sous prétexte de « passer » des basses en mettant en parallèle des condensateurs à bain d'huile, polypro, polystyrène et *tutti quanti*... Conséquence de tout cela : c'est lourd, dangereux, encombrant, pour un résultat médiocre, mou et souvent nul, les constantes de temps n'étant pas respectées.

### L'alimentation stabilisée

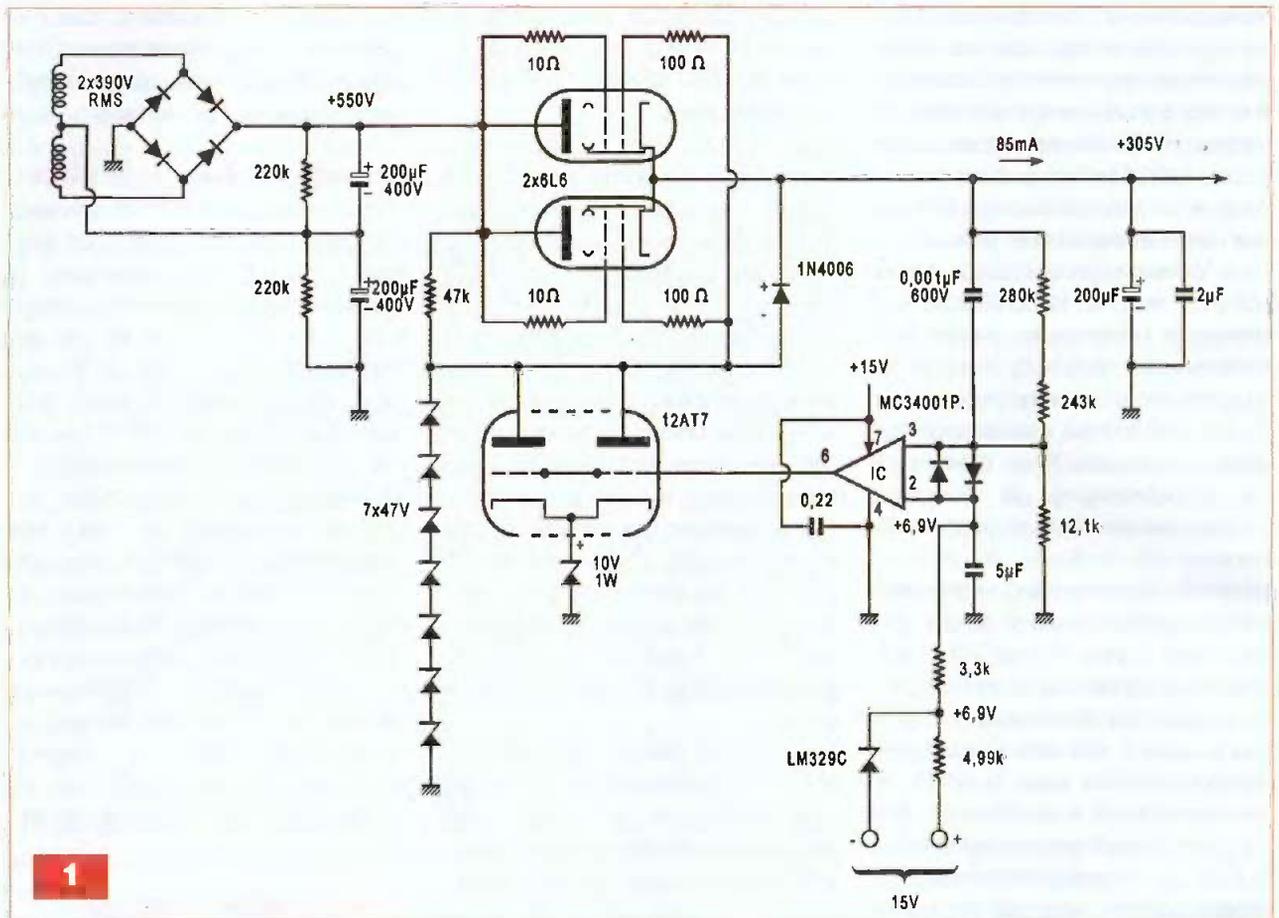
C'est la méthode idéale, bien que coûteuse et encombrante. Tout le matériel de laboratoire et audio professionnel (pour les faibles courants) utilisait, dès les années cinquante, des alimentations « haute tension » stabilisées. Seul le grand public n'y avait pas droit pour des questions de prix de revient.

Dès 1973, Audio Research stabilisa les tensions d'écrans de ses tubes de puissance et du préamplificateur inverseur de phase associé : un simple tube « série » 6L6 pour le D75 et un transistor de puissance « haute tension » pour le préamplificateur SP3 (ce qui était une nouveauté).

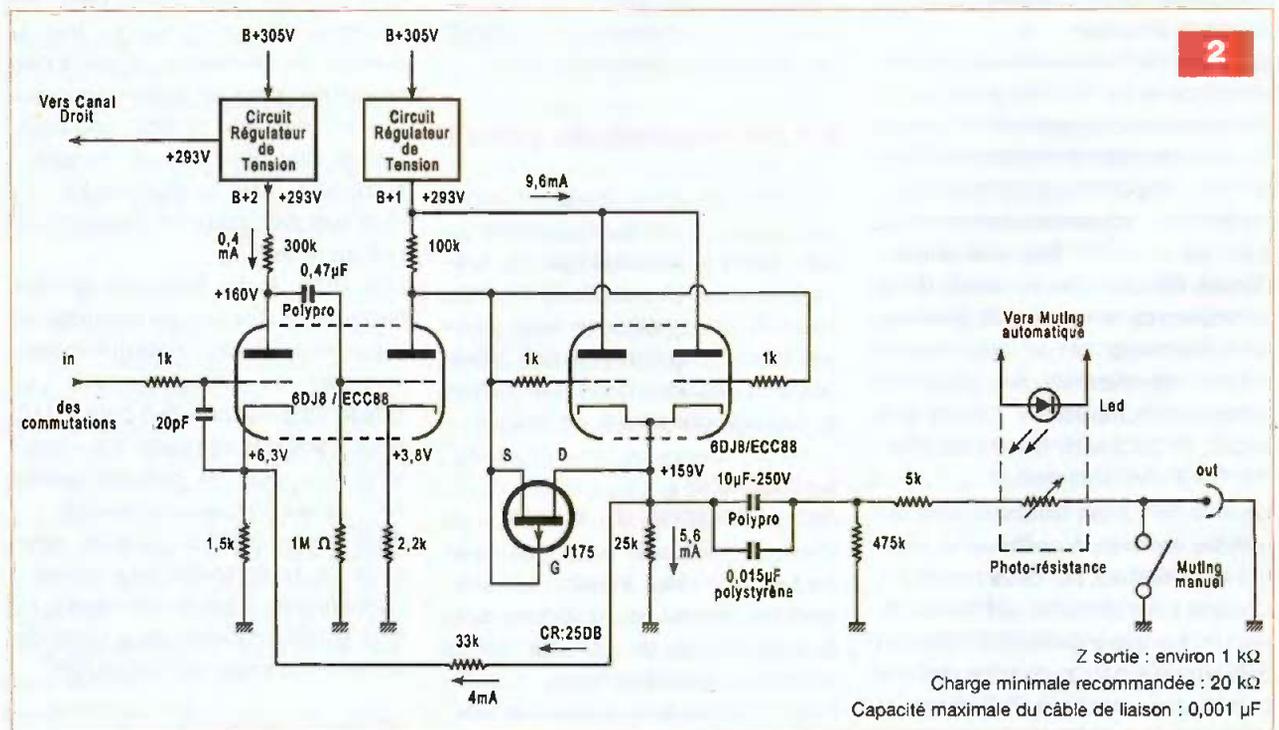
Au fil des années, l'alimentation grossit et se perfectionna pour arriver à l'alimentation à tubes ultra-rapide du D79 et celle entièrement à semi-conducteurs du préamplificateur SP6.

### L'alimentation stabilisée du SP10

Pour le SP10, Bill Johnson est revenu aux tubes (**figure 1**). C'est une alimentation « série » utilisant deux 6L6 montées en parallèle et débitant seu-



1



2

lement 85 mA sous 305 V, ce qui va leur assurer une grande durée de vie. Les 6L6 sont pilotées par une 12AT7, elle-même drivée par un amplificateur opérationnel MC34001P (remplaçable de nos jours par un TL071CP

encore plus rapide !). Une stabilisation de tension aussi parfaite aurait pu suffire, mais Bill Johnson est allé jusqu'au bout de sa philosophie en stabilisant, nous le verrons plus loin, individuellement chaque tube afin

d'assurer une complète indépendance de chaque étage (et de chaque canal) par rapport à la source. C'est un procédé utilisé couramment en osciloscopie, mais rarement en audio, même professionnelle.

Pour en terminer avec l'alimentation principale, sachez qu'elle est montée dans un châssis à part, celui-ci étant relié au châssis principal par un tordon de câbles de quatorze conducteurs d'un mètre de long. Ceci permet de l'éloigner du préamplificateur proprement dit. Cette alimentation comporte en plus des circuits redresseurs « haute » et « basse » tension : les condensateurs de filtrage, six régulateurs MC7815CK pour l'alimentation en 12 V des filaments (comme décrit plus haut), un « timer » (NE555) pilotant un astucieux système de « muting » à base de photo-résistance. La modulation n'est véhiculée que deux minutes trente après la mise sous tension de l'appareil (merci pour les haut-parleurs !).

## SP10, l'amplificateur de ligne

Nous n'avons représenté en **figure 2** ni les commutations, ni le potentiomètre d'entrée ( $2 \times 100 \text{ k}\Omega$  log), ni la balance ( $2 \times 100 \text{ k}\Omega$  lin) qui alourdiraient inutilement le schéma. Comme vous pouvez le constater, **chaque tube possède sa propre alimentation stabilisée** (entrée 305 V, sortie 293 V). Vous trouverez le schéma de ce circuit régulateur identique pour chaque tube, en **figure 3**.

L'amplificateur opérationnel MC3001P peut être remplacé de nos jours par un TL071P.

Remarquer le point de fonctionnement de la première ECC88/6DJ8 avec son très faible courant de repos (0,4 mA).

Au point choisi, le circuit va se comporter comme un léger expanseur de dynamique. Grâce à l'accident dans la courbe de transfert dont nous avons précédemment parlé, «  $\mu$  » va varier à ce point de 25 à 33.

La légère augmentation du taux de distorsion sera compensée par la ligne de contre-réaction de 25 dB située entre le tube de sortie et le tube d'entrée. C'est certainement l'utilisation très particulière du tube d'entrée qui procure subjectivement une telle aération dans le message sonore délivré par le SP10.

D'autre part, la ligne de contre-réaction contribue à fixer le point de pola-

risation de T1. Toute variation, même minime, des caractéristiques de ce tube, sera automatiquement compensée par la contre-réaction. Le gain « complet » de l'étage est de 26 dB. L'impédance de sortie, en tenant compte de la résistance de  $5 \text{ k}\Omega$  en série et de la valeur résiduelle de la photo-résistance, s'élève à  $1000 \Omega$ . La charge minimale recommandée par Audio Research est de  $20 \text{ k}\Omega$  (valeur classique de l'entrée d'un amplificateur à transistors).

La capacité maximale du câble de liaison ne doit pas excéder 1 000 pF. Un câble de dix mètres, à la capacité standard de  $100 \text{ pF}$  au mètre, sera donc utilisable. Choisir de préférence du câble « micro ». Evitez les câbles ésotériques à faible capacité et forte inductance.

Dernier point : l'étage cathodyne de sortie comporte deux demi-6DJ8/ECC88 montées en parallèle afin de **doubler** la pente qui passe à près de  $20 \text{ mA/V}$  au point de fonctionnement choisi.

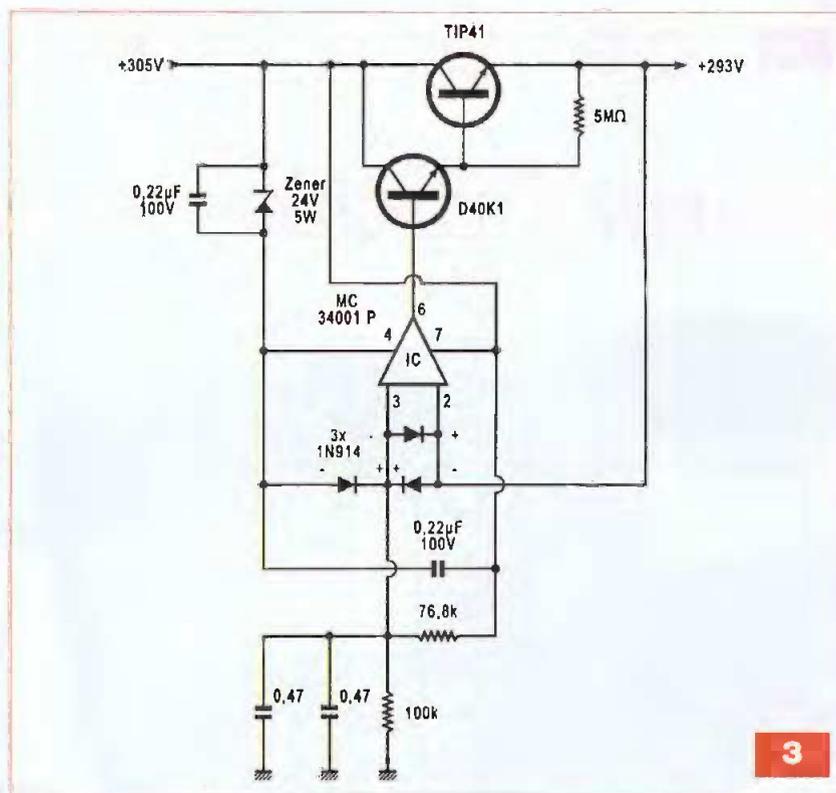
Les deux résistances de  $1 \text{ k}\Omega$  montées dans les grilles sont destinées à freiner la tendance à l'auto-oscillation du tube. Malgré la qualité du circuit et afin de ne faire courir aucun risque aux tubes en cas de surcharge, surtout à la mise sous tension où les

tubes d'entrée débitent avant les tubes de sortie (ce qui rendrait les grilles de ce dernier positives), le constructeur a placé entre les grilles du tube de sortie et sa cathode un J Fet, canal P, bloqué en fonctionnement normal. Il ne devient conducteur qu'en cas de tension positive sur les grilles du tube de sortie. En oscilloscopie, on utilise couramment un petit « néon » à cet usage... C'est plus joli, ça s'éclaire...

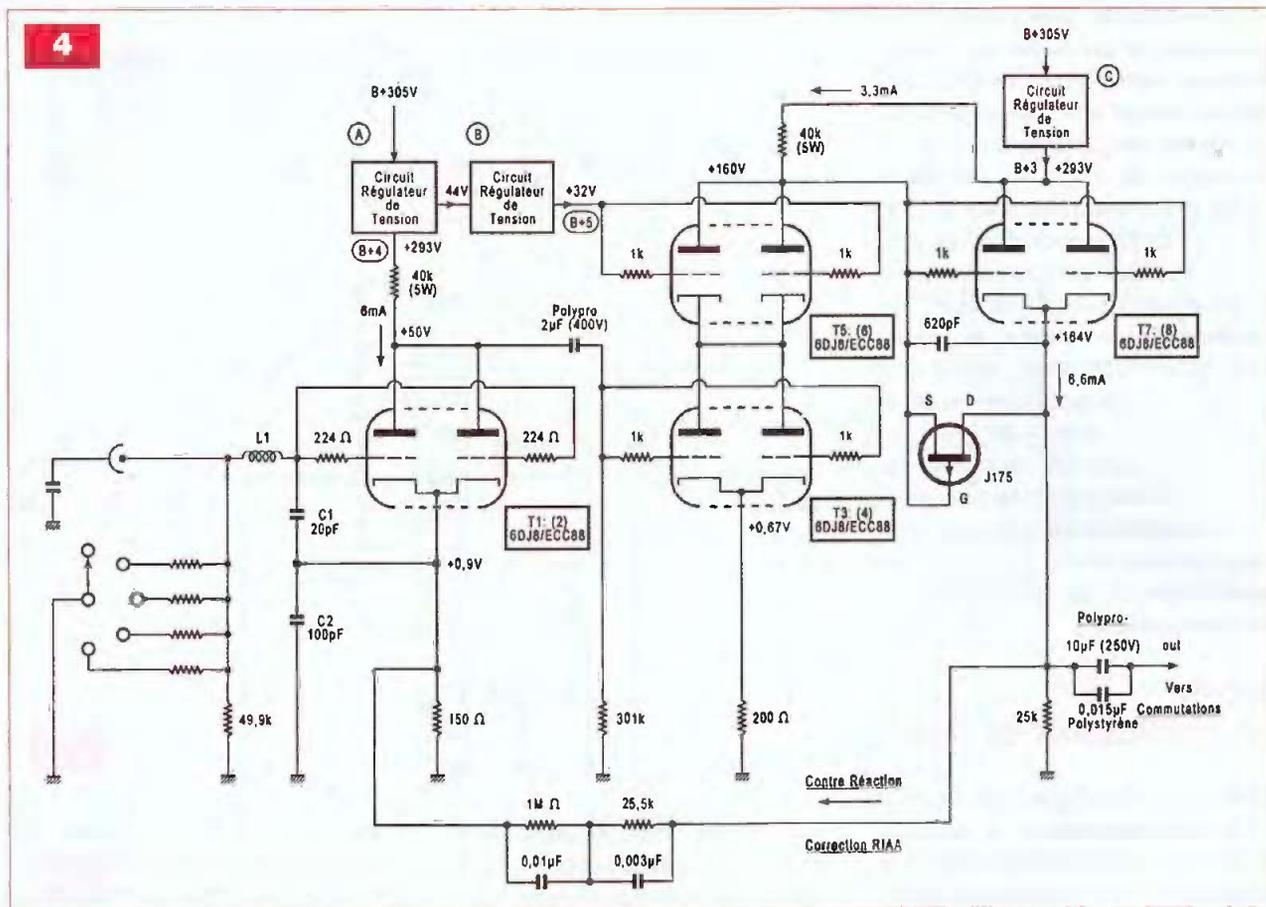
## SP10, l'étage phono, correcteur RIAA

C'est en examinant le circuit de la **figure 4** que tout le savoir-faire d'Audio Research en matière de tubes apparaît clairement.

Tout d'abord, comme nous l'avons déjà signalé, chaque tube a sa propre alimentation stabilisée (figure 3). Ce procédé utilisé sur tous les étages, en dehors de la beauté du circuit, assure aux versatiles ECC88/6DJ8 une source de courant constant. Ceci, quel que soit leur vieillissement ou leur remplacement par des tubes aux caractéristiques un peu différentes. Sur les appareils plus modernes, on utilise des sources à courant constant placées dans les circuits de cathodes... ça fonctionne mais moins bien !



4



D'autre part, non content de la valeur très grande de la pente de l'ECC88 (12,5 mA/V), Bill Johnson monte les deux moitiés en parallèle (T1 et T2) doublant ainsi la pente et divisant par la même occasion sa résistance interne par deux. Sous-alimentées en 50 V et traversées par un courant très faible par rapport aux capacités réelles du tube (3 mA par moitié), le rapport signal/bruit du premier étage est extrêmement bas : supérieur à 100 dB (ce que l'on appelle la résistance équivalente de bruit de l'ECC88 étant déjà très faible : 300 Ω).

Ce premier étage peut donc être considéré comme un pré-préamplificateur à faible bruit dont la sensibilité avoisine 200 μV. Toutes les cellules à bobines mobiles peuvent donc être utilisées à l'entrée du SP10, à l'exception des Ortophon et autres Koetsu dont la sensibilité est très faible (50 à 100 μV). Ces cellules demanderont obligatoirement un transformateur d'adaptation connecté sur l'entrée standard 47 kΩ commutable sur la face avant de l'appareil. L'entrée de l'ECC88 est protégée des interférences « radio » par un filtre L1,

C1, C2 et contre sa tendance à l'auto-oscillation par deux résistances en série de 224 Ω dans les grilles.

Le second étage est, à lui seul, un petit chef d'œuvre d'efficacité. C'est un amplificateur « cascode » à haut gain et à faible bruit.

Sans entrer dans la théorie du « cascode », sachez qu'un cascode présente tous les avantages d'une pentode, sans en avoir les inconvénients. Son bruit de fond est très bas (celui d'une triode), son coefficient d'amplification est très élevé (celui d'une pentode). Le problème majeur du cascode est la polarisation de la grille du tube supérieur (ici T5/T6). Elle est généralement assurée par un pont de résistances découpé par un condensateur de forte valeur. Le SP10 s'affranchit de ce problème en stabilisant la polarisation du tube supérieur (T5/T6) avec un circuit régulateur complet (encore un !).

Cette débauche de régulateurs assure, on s'en doute, des points de fonctionnement rigoureusement stables ! C'est ce qui permet une liaison directe avec l'étage de sortie (équivalent à l'étage de sortie « ligne » à charge

cathodyne), sans avoir les inconvénients dus à ce type de liaison (instabilité surtout aux fréquences élevées). L'impédance de sortie extrêmement basse de T7/T8 ( $Z = 1/S = 1/0,0025 = 40 \Omega$ ), montées en parallèle, permet de rendre complètement indépendante de la charge la ligne de contre-réaction sélective assurant la correction RIAA.

## En conclusion

N'espérez pas trouver un SP10 d'occasion en bon état (ce qui devient rare) très rapidement. Compte tenu du prix très élevé en 1982 (de l'ordre de 30 000 francs à l'époque, ce qui en monnaie constante représenterait aujourd'hui environ 23 000 €), il y en a peu en circulation dans notre pays. Vous pouvez, en revanche, vous inspirer des schémas du SP10 pour construire votre propre préamplificateur en ne perdant pas de vue que ces circuits sont protégés par des brevets, donc utilisables uniquement pour un usage privé !

Bon travail  
R. BASSI

# Vumètre stéréo & Détecteur d'écrêtage

Si le vumètre, qui équipe la plupart des appareils « audio » de haut de gamme, permet de visualiser la modulation du signal, il est souvent pris en « défaut » lors des passages transitoires. Il suffit d'un coup de cymbale inattendu pour exiger de l'amplificateur plus d'énergie qu'il ne peut en fournir, ce qui se traduit par l'écrêtage du signal et l'apparition d'une désagréable distorsion.

**C**ette réalisation associée au vumètre un circuit de détection d'écrêtage fort utile en cas d'utilisation d'amplificateurs de faible et moyenne puissance, mais également en sonorisation.

## Qui bluffe le vumètre ?

La dynamique originelle d'un orchestre de musique classique s'étend sur plus de 100 dB. Cette dynamique est compressée au « mastering » pour être limitée à environ 65 dB. Autrement dit, entre les « pianissimi » et les « fortissimi », la variation de la puissance peut s'étendre de 100  $\mu$ W à 100 W. Le niveau d'écoute « normal » dans une pièce moyenne avoisine 1 W. Si on considère les 60 dB nécessaires à la restitution de la dynamique, on doit se demander où se situe ce 1 W dans l'échelle des 60 dB.

Dans le cas d'un amplificateur d'une dizaine de watts, puissance maximale d'un « single end » à 300B, ce 1 W

se situe déjà à 50 dB, soit assez proche de la limite d'écrêtage. Il suffira d'un passage « forte » pour saturer l'étage de sortie.

Cette saturation ne sera probablement pas visualisée par le vumètre. En effet, l'inertie du mécanisme, associée au temps de montée de la détection, ne permettra pas de suivre un transitoire. Le vumètre ne visualise que la tension moyenne de la modulation.

Il existe plusieurs normes auxquelles doivent répondre les vumètres. La plus usitée est la BS6840 (British Standards) qui dit – en substance – qu'en présence d'un échelon de tension équivalent à 0 dB Vu, l'affichage doit atteindre 99 % en 0,3 s, avec un dépassement maximal de 1,5 %.

Inutile de préciser qu'avec l'inertie et l'amortissement des appareils « bon marché », la norme n'est jamais respectée. Seuls les vumètres professionnels en sont capables, mais à un prix rédhibitoire pour l'amateur. Les vumètres électroniques « bargraph » ne sont pas limités par la contrainte

mécanique, mais par le temps de montée du circuit de détection. Et l'hypothétique détection d'un transitoire ne sera visualisée qu'un court instant, voire passera inaperçue.

## L'écrêtage ou saturation de l'amplificateur

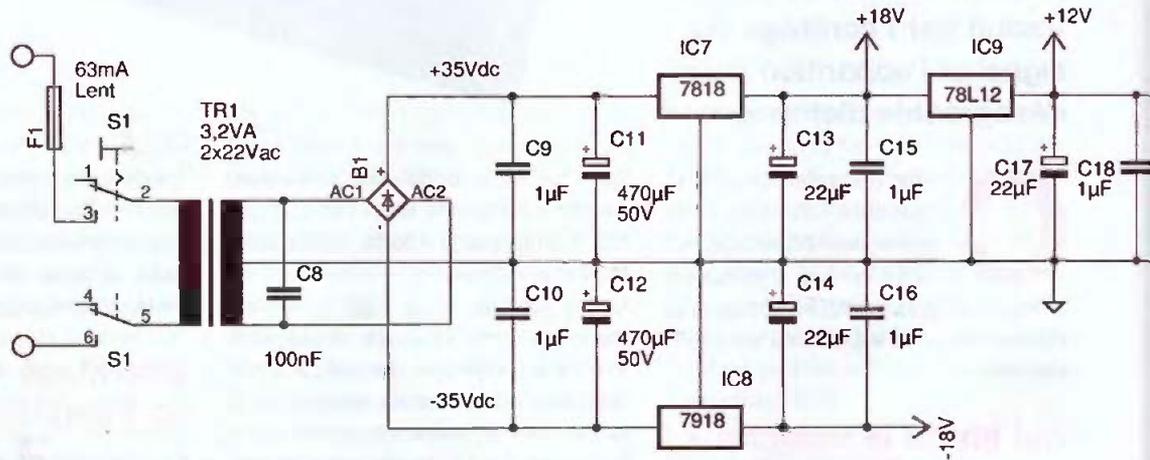
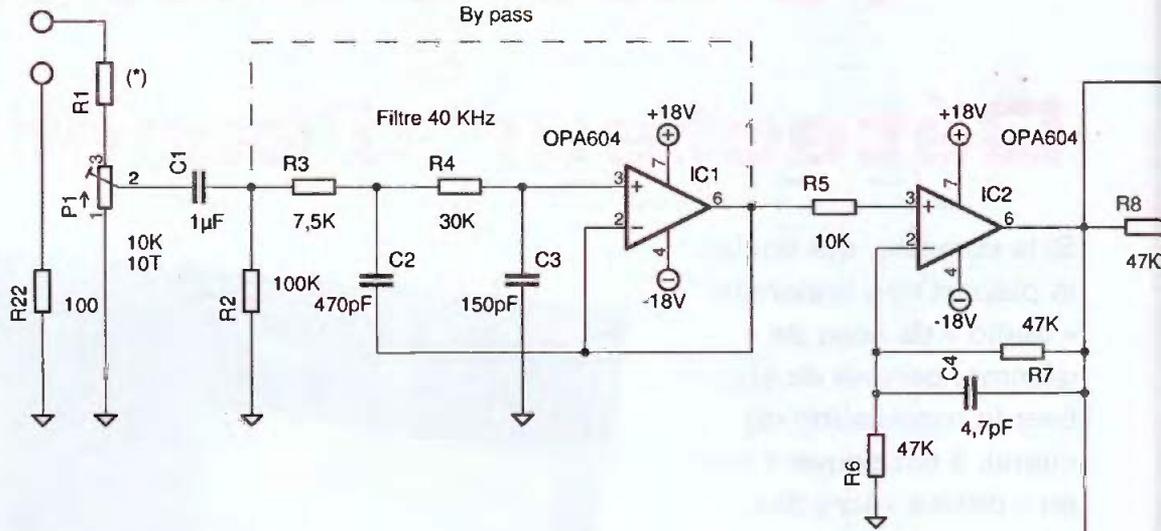
Que se passe-t-il en pratique ? Tant que le signal musical est restitué dans la partie linéaire de l'étage de sortie, le taux de distorsion reste faible.

En présence d'un transitoire, l'étage « driver » tente de suivre la modulation et pilote l'étage de sortie hors de la zone linéaire, voire hors de la limite maximale fixée par la tension d'alimentation. Cela se traduit par une discontinuité brutale du signal de sortie et la génération d'un peigne d'harmoniques (figure 1).

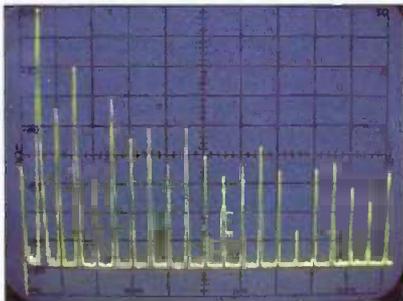
Fort heureusement, l'écrêtage des étages de sortie à tubes, spécialement celui des « single end », se produit de manière assez douce.

C'est une forme de compression qui

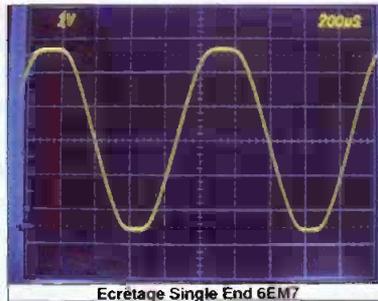




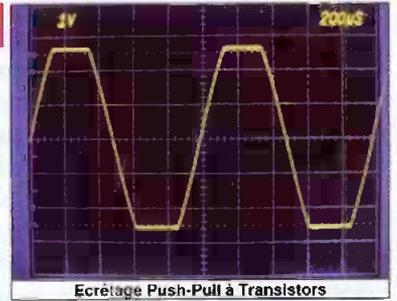
3



1



2



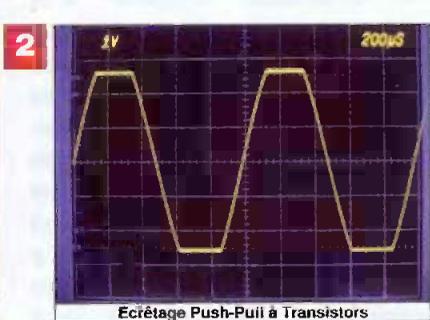
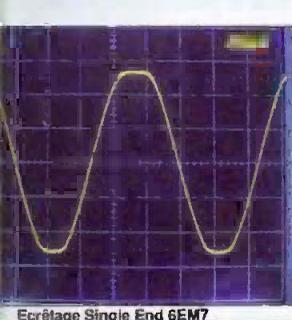
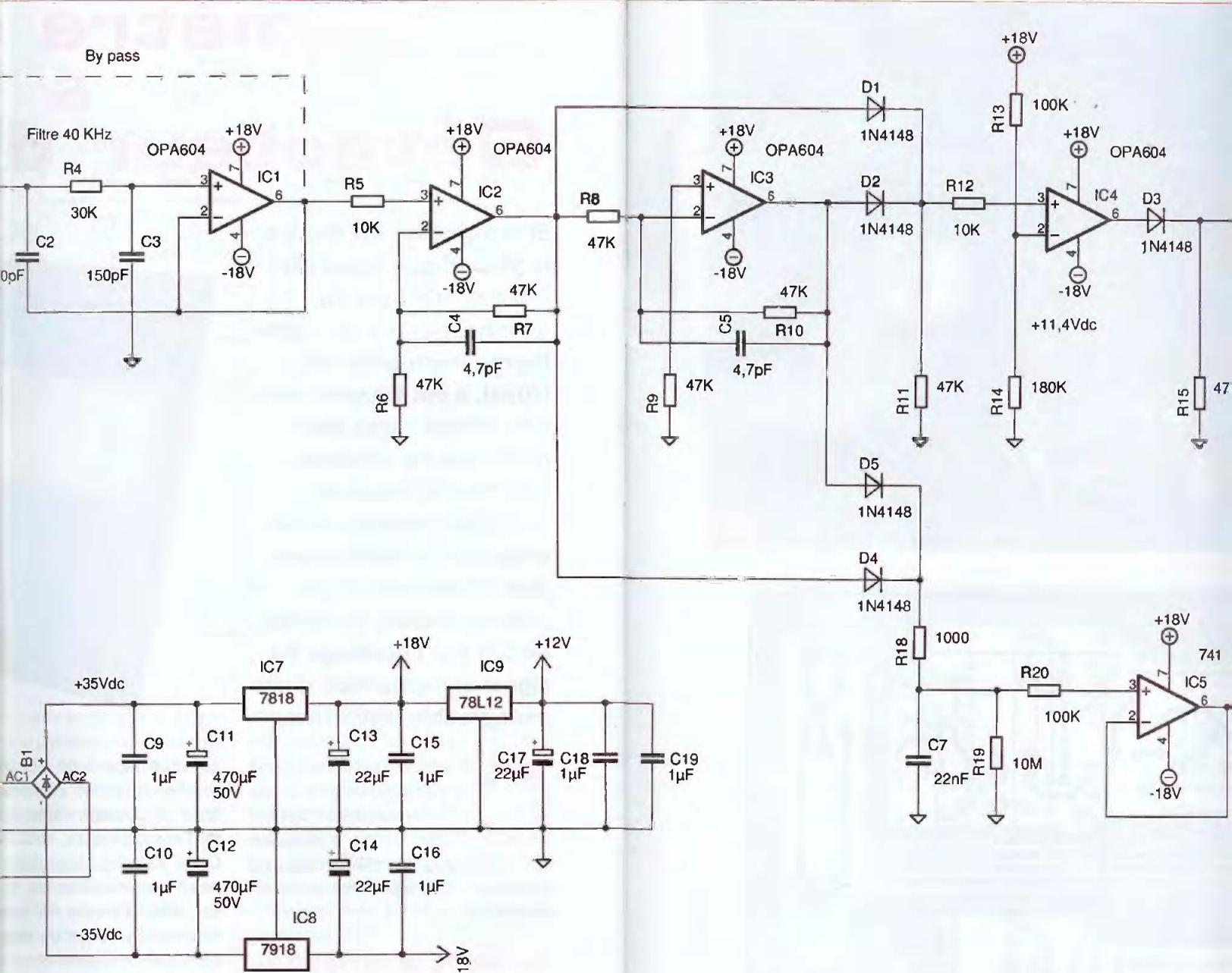
donne l'impression d'une puissance apparente plus importante, à l'inverse du push-pull à transistors (figure 2). D'un point de vue physiologique, il a été établi que la distorsion d'écrêtage devient audible si elle dépasse une durée de 20 ms (source : Note d'ap-

plication 385 de Bruel & Kjaer – Mai 1992 ).

## Le schéma

Le signal d'entrée est prélevé en sortie de l'amplificateur. Il est mis à

niveau par le pont diviseur R1-P1 (figure 3). Un premier étage, de gain unitaire, limite les fréquences supérieures à 40 kHz. Il met en œuvre un filtre de type Butterworth du deuxième ordre. Cet étage est optionnel et peut être ponté pour attaquer directe-

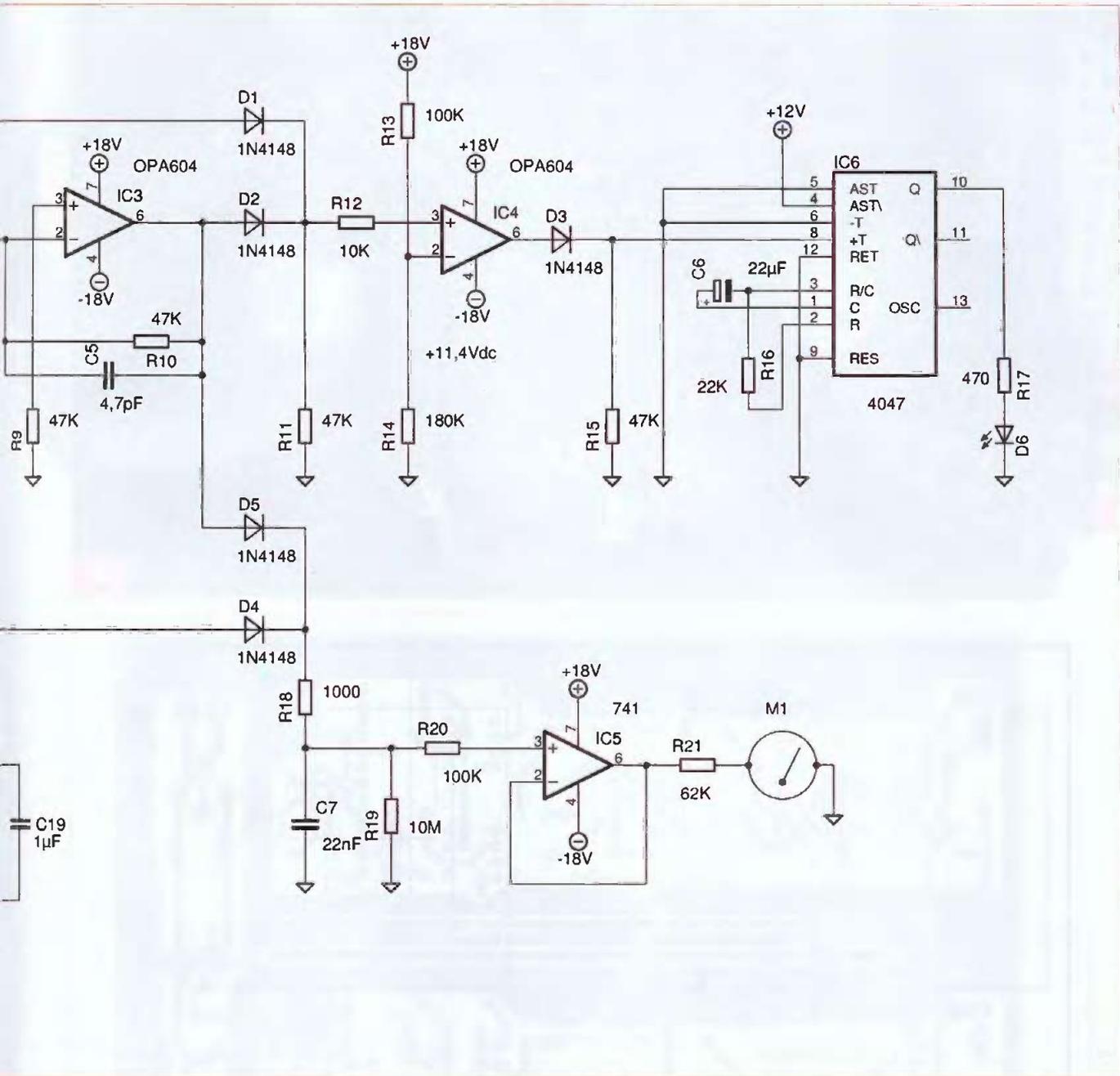


385 de Bruel & Kjaer – Mai  
 thème  
 d'entrée est prélevé en sor-  
 amplificateur. Il est mis à

niveau par le pont diviseur R1-P1  
 (figure 3). Un premier étage, de gain  
 unitaire, limite les fréquences supé-  
 rieurs à 40 KHz. Il met en œuvre un  
 filtre de type Butterworth du deuxiè-  
 me ordre. Cet étage est optionnel et  
 peut être ponté pour attaquer directe-

ment IC2. L'AOP/IC2 amplifie le  
 signal d'un facteur de 2 et IC3 l'inver-  
 se. En redressant les sorties des deux  
 AOP, on obtient un redressement à  
 double alternance. Les diodes D1 et  
 D2 redressent le signal et pilotent IC4  
 configuré en comparateur. Le seuil de  
 comparaison est fixé à +11,4 Vdc. En  
 dessous de ce seuil, la sortie de IC4  
 est négative. Au croisement de la ten-  
 sion de « seuil », la sortie de IC4  
 devient positive et déclenche IC6 un  
 4047 configuré en monostable. Le  
 temps de réaction de ces circuits est  
 de l'ordre de 1 µs. Avec une valeur de  
 22 kΩ pour R16 et 22 µF pour C6, la  
 sortie du monostable reste « haute »

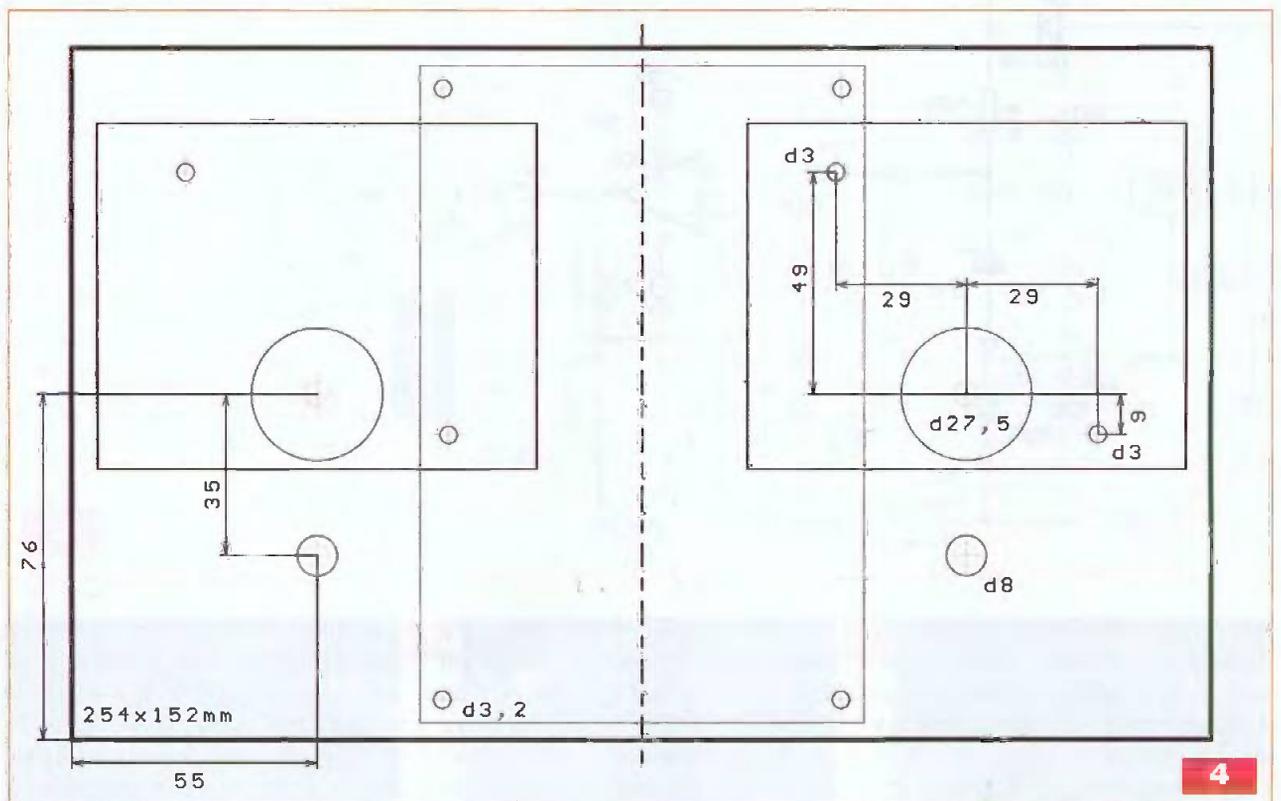
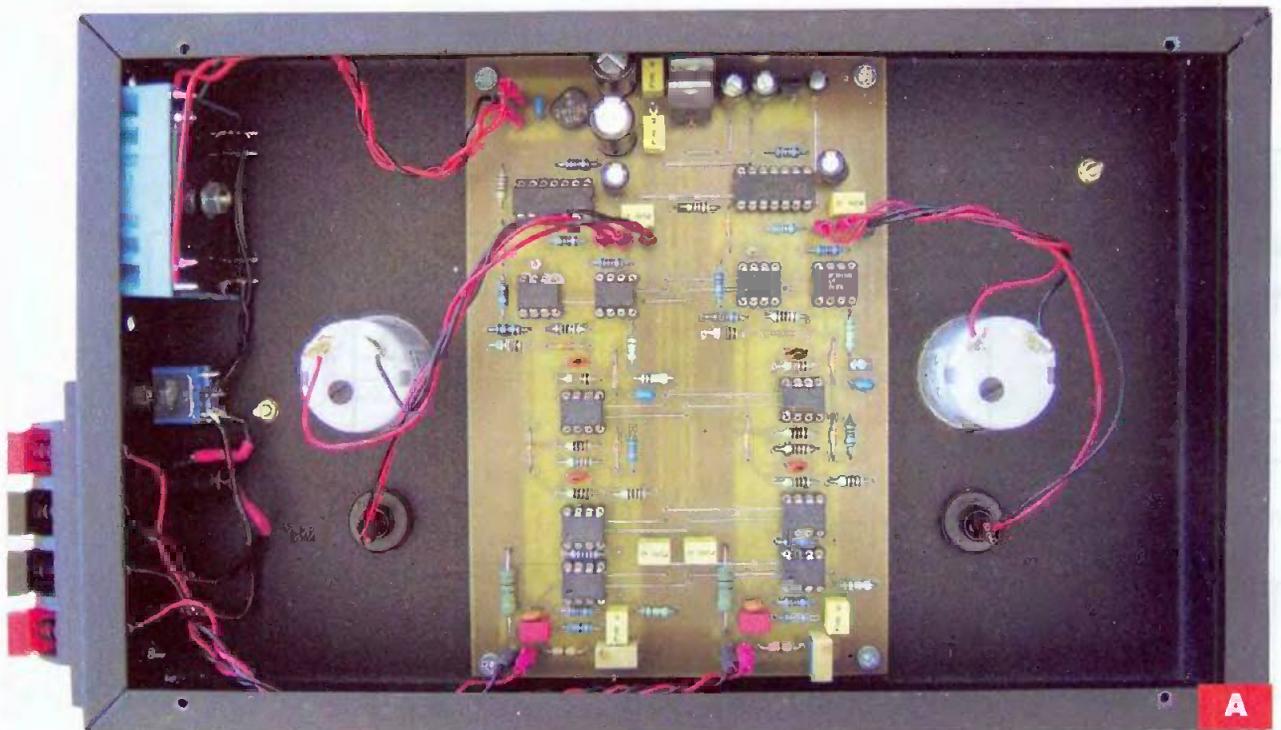
pendant 1 s. Ce temp  
 modifié en changeant l  
 R16 ou celle de C6. C  
 pilote une LED à forte int  
 sur la face avant, sous  
 Les diodes D4 et D5 re  
 même signal et pilotent  
 vumètre.  
 La capacité C7 se charge  
 via la résistance R18 de 1  
 décharger lentement via  
 R19 de 10 MΩ. La co  
 temps de charge de 50 µ  
 visualiser les pointes de p  
 la constante de temps c  
 de 1 s de conserver la  
 pouvoir être lue.



ment IC2. L'AOP/IC2 amplifie le signal d'un facteur de 2 et IC3 l'inverse. En redressant les sorties des deux AOP, on obtient un redressement à double alternance. Les diodes D1 et D2 redressent le signal et pilotent IC4 configuré en comparateur. Le seuil de comparaison est fixé à +11,4 Vdc. En dessous de ce seuil, la sortie de IC4 est négative. Au croisement de la tension de « seuil », la sortie de IC4 devient positive et déclenche IC6 un 4047 configuré en monostable. Le temps de réaction de ces circuits est de l'ordre de 1  $\mu$ s. Avec une valeur de 22 k $\Omega$  pour R16 et 22  $\mu$ F pour C6, la sortie du monostable reste « haute »

pendant 1 s. Ce temps peut être modifié en changeant la valeur de R16 ou celle de C6. Cette tension pilote une LED à forte intensité située sur la face avant, sous le vumètre. Les diodes D4 et D5 redressent le même signal et pilotent IC5 et le vumètre. La capacité C7 se charge rapidement via la résistance R18 de 1 k $\Omega$  pour se décharger lentement via la résistance R19 de 10 M $\Omega$ . La constante de temps de charge de 50  $\mu$ s permet de visualiser les pointes de puissance et la constante de temps de décharge de 1 s de conserver la valeur pour pouvoir être lue.

L'affichage de la valeur maximale au vumètre est fixée pour une tension de +11,4 Vdc en sortie de IC5 par la résistance R21 de 62 k $\Omega$  (pour le SIFAM AL39). Le choix d'un autre galvanomètre nécessitera probablement une autre valeur de résistance pour R21. Le choix de R1 et le réglage de P1 sont déterminés par la puissance à visualiser. Puisque le seuil de déclenchement est fixé à +11,4 Vdc, cela signifie qu'il sera franchi si le signal aux sorties de IC2 et IC3 dépasse 8,5 Vac ou 4,25 Vac en entrée de IC2. Avec R1 ponté et P1 au maximum, un signal de 4,25 Vac déclenchera le comparateur. Le réglage de P1 per-



mettra de fixer le déclenchement entre 4,25 Vac et 16 Vac, soit entre 2,2 W et 32 W sous 8 Ω.

Une résistance de 30 kΩ en R1 fixera le déclenchement entre 12,7 Vac et 48 Vac, soit entre 20 W et 300 W. Les AOP utilisés en IC1 à IC4 sont des OPA604, mais peuvent être remplacés par les LF356 ou les TL021, sans dégradation du fonctionnement.

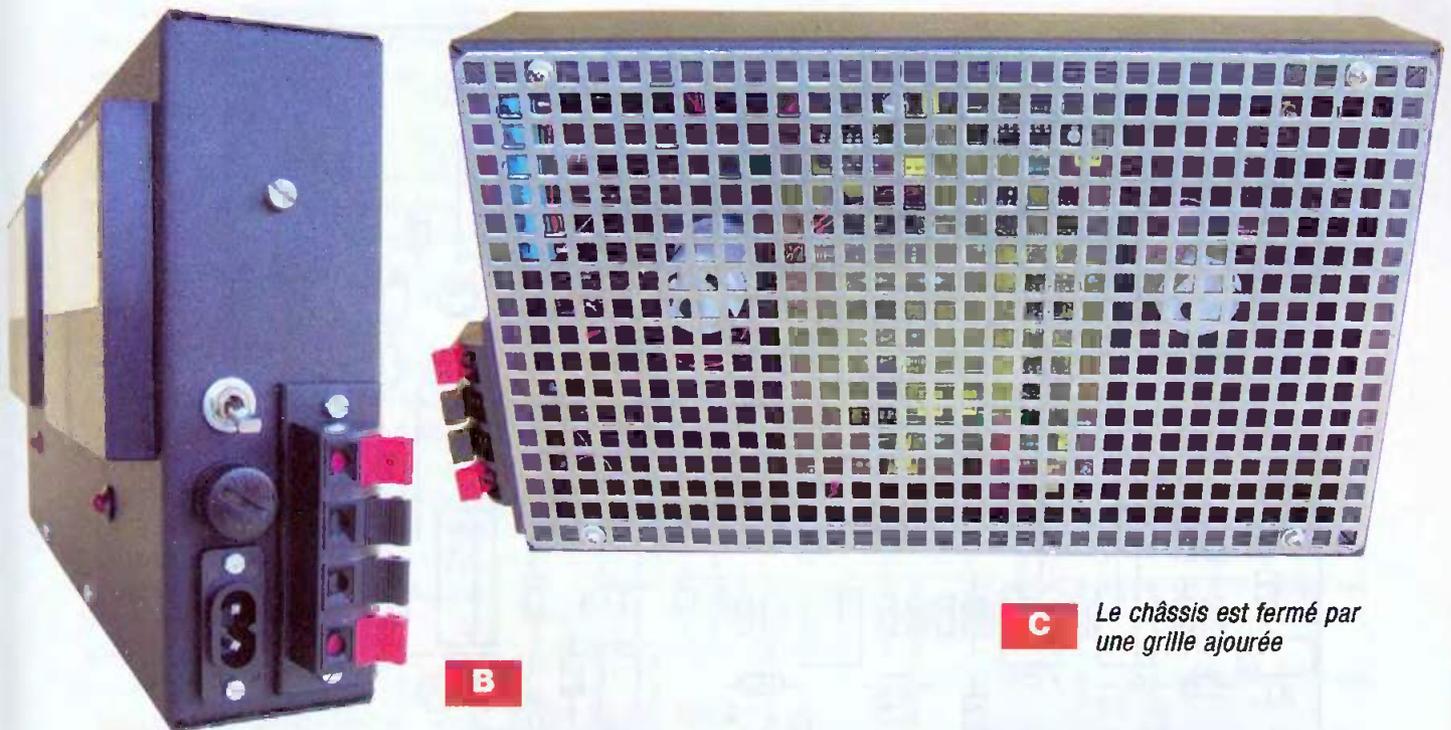
### La résistance R22

Le point froid de l'amplificateur est raccordé à la masse du circuit par une résistance de 100 Ω. Il s'agit d'une protection pour les étages de sortie des amplificateurs.

En cas d'inversion des fils de raccordements, les résistances de 2 W « encaisseront » provisoirement l'erreur de manipulation.

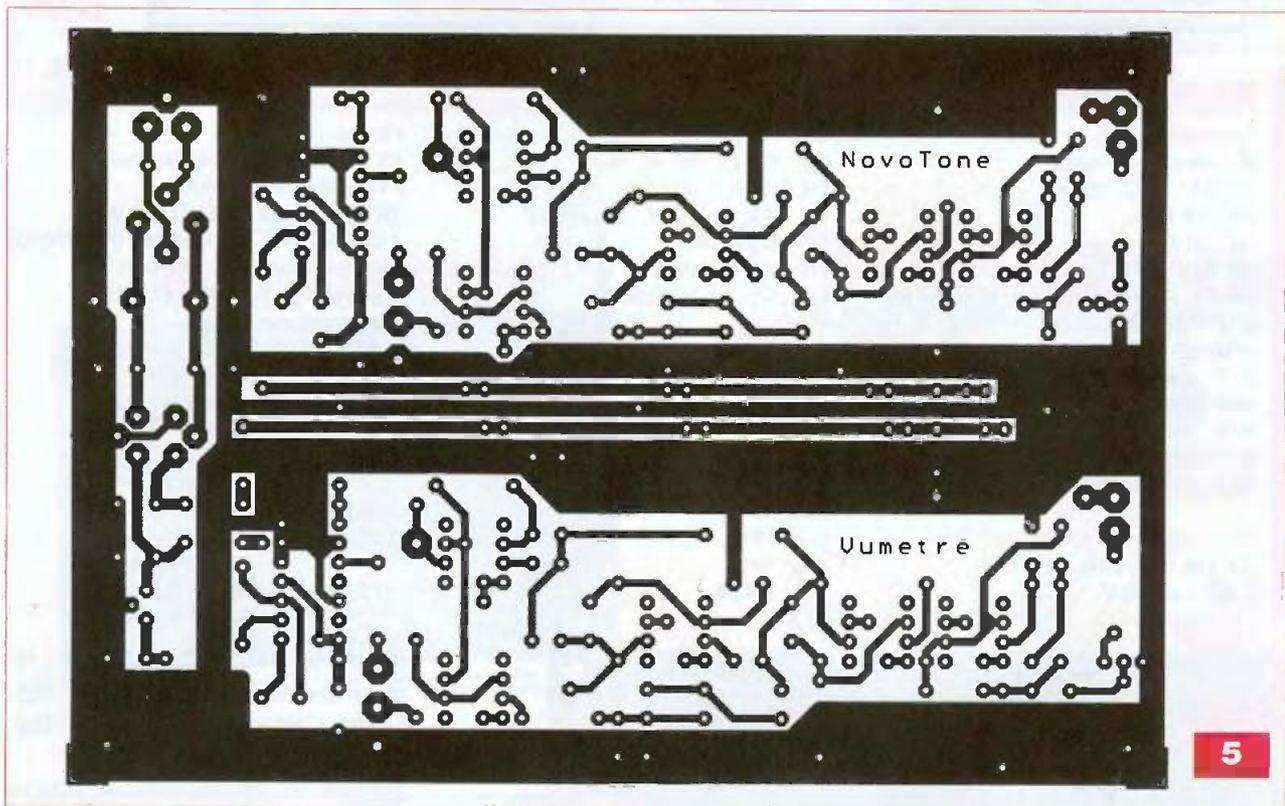
De même, certains appareils de forte puissance sont composés de deux amplificateurs fonctionnant en pont. Dans ce cas, il n'y a pas de point froid ! En cas de raccordement direct au bornier, ce sont les résistances qui « accuseront le coup ».

Pour ce type d'amplificateur, la solution sera de prendre un des deux plots du bornier HP comme point



**B**

**C** Le châssis est fermé par une grille ajourée



**5**

« chaud » et la masse de l'ampli comme point « froid ».

### L'alimentation

Après redressement des 2 x 22 Vac, on obtient une tension de  $\pm 35$  Vdc. Deux régulateurs 7818 et 7918 stabilisent les tensions à  $\pm 18$  Vdc. La tension de +12 Vdc des mono-stables 4047 est obtenue avec un 78L12.

### Mise en œuvre

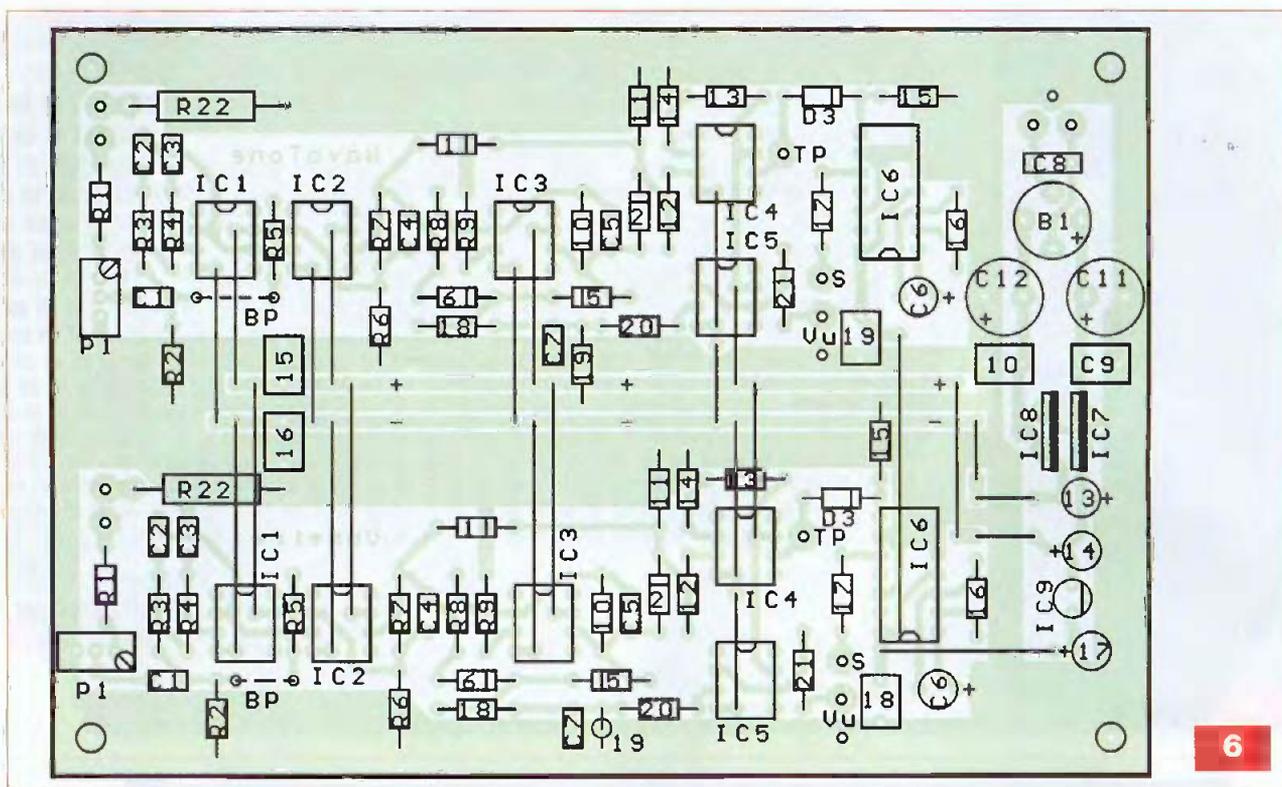
Le vumètre est inséré dans un châssis de 254 x 152 x 51mm. Le produit est disponible chez Hammond et porte la référence 1441-16BK3. La carte est fixée par quatre entretoises de 10 mm au milieu du châssis (figure 4 et photo A). La face avant reçoit les deux vumètres et les leds.

La prise secteur, le porte-fusible, le switch de mise sous tension, le bornier de raccordement et le transformateur d'alimentation sont fixés contre le côté droit (photo B).

Le châssis est fermé par une grille ajourée (photo C).

### Le circuit imprimé

La carte « ampli » mesure 100 x 145 mm



## Nomenclature

### Résistances $\pm 1\%$ 1/4 W

- R1 : 30 k $\Omega$  (voir texte)
- R2, R13, R20 : 100 k $\Omega$
- R3 : 7,5 k $\Omega$
- R4 : 30 k $\Omega$
- R5, R12 : 10 k $\Omega$
- R6, R7, R8, R9, R10, R11, R15 : 47 k $\Omega$
- R14 : 180 k $\Omega$
- R16 : 22 k $\Omega$  (voir texte)
- R17 : 470  $\Omega$
- R18 : 1 k $\Omega$
- R19 : 10 M $\Omega$  ( $\pm 5\%$ )
- R21 : 62 k $\Omega$
- R22 : 100  $\Omega$  ( $\pm 5\%$ /2 W)

### Condensateurs sorties radiales

- C1, C9, C10, C15, C16, C18,
- C19 : 1  $\mu$ F/50 V

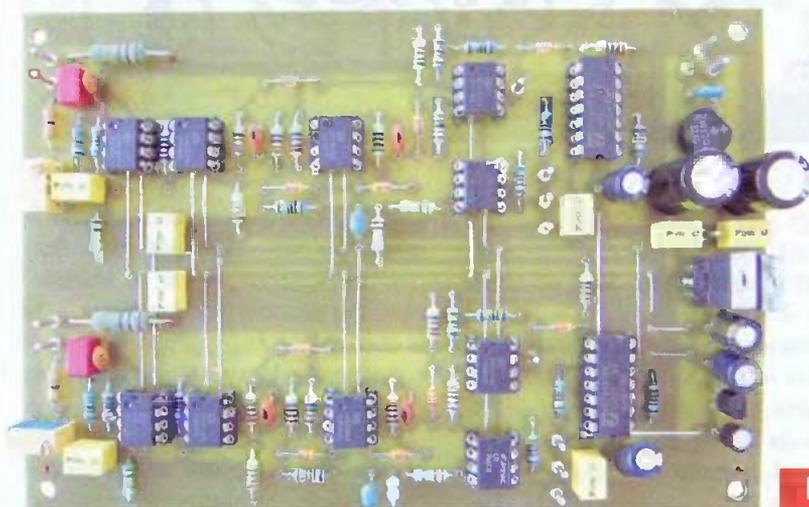
- C2 : 470 pF/100 V/5 %
- C3 : 150 pF/100 V/5 %
- C4, C5 : 4,7 pF/100 V
- C6, C13, C14, C17 : 22  $\mu$ F/50 V
- C7 : 22 nF/100 V
- C8 : 100 nF/100 V
- C11, C12 : 470  $\mu$ F/50 V

### Semiconducteurs

- B1 : pont 40 V/1 A
- D1 à D5 : 1 N4148
- D6 : diode led (voir texte)
- IC1 à IC4 : OPA604 (voir texte)
- IC5 : LM741
- IC6 : 4047
- IC7 : 7818
- IC8 : 7918
- IC9 : 78L12

### Divers

- P1 : 10 k $\Omega$  - 10 tours (vertical)
- F1 : fusible lent 63 mA
- TR1 : torique 2 x 22 Vac/3,2 VA
- 1 boîtier 254 x 152 x 51 mm (Hammond)
- 1 tôle de fond 254 x 152 mm
- 2 galvanomètres Sifam-AL39B
- 2 caches pour AL39B
- 4 entretoises 10 mm F-F/M3
- 10 supports DIL 8 broches
- 2 supports DIL 14 broches
- 2 socles « châssis » 8 mm pour led
- 2 raccords pour led
- 1 porte-fusible châssis 20 mm (F1)
- 1 interrupteur SPDT (S1)
- 1 prise HP stéréo
- 1 prise 230 V/1 A pour châssis
- 13 picots + 13 cosses 1,3 mm



(figure 5). Souder dans l'ordre : les treize picots de 1,3 mm, les vingt-quatre pontages et les douze supports de circuits intégrés.

Suivront les composants par ordre de taille (figure 6 et photo D).

Tester d'abord l'alimentation. On doit obtenir 35 V aux bornes des condensateurs « tampon » C9 et C10.

La carte non équipée des IC est mise sous tension pour vérifier la présence des  $\pm 18$  Vdc aux broches (4) et (7) de chaque circuit intégré et du +12Vdc aux broches (14) des IC6.

Ensuite, après « déchargement » de l'alimentation, insérer les circuits et

vérifier, après mise sous tension, que chaque sortie de IC1, IC2, IC3 et IC5 en broche (6) est bien à 0 V. En sortie de IC4, mesurer -17Vdc.

Le raccordement des divers fils aux éléments des faces avant et latérale est réalisé suivant le schéma de la figure 3 et vérifié méticuleusement avant la mise sous tension.

## Réglage et mesures

P1 est l'unique composant à ajuster en fonction de « l'installation audio ». Le plus simple est évidemment de tester l'amplificateur avec des charges fictives équivalentes à celle des enceintes en visualisant les signaux à l'oscilloscope. Le réglage de P1 se fait pour un déclenchement à 1 dB du seuil de saturation.

Sans matériel, il ne reste qu'à faire confiance aux spécifications publiées. Ainsi un amplificateur spécifié à 32 W sous 8 Ω, génère une tension de 16 Vac. Diminuer la tension de 11 % (-1 dB), soit 14,3 Vac, et l'injecter à

Caractéristiques Techniques	
Sensibilité	4,5 Vac minimum
Détection	Double Redressement
Temps de détection de crête	< 50 µSec
Temps de maintien de la Led	1 Sec
Temps de montée du mètre	200 mSec
Temps de maintien du mètre	1 Sec
Bande passante à -1dB	10Hz - 32 KHz
Consommation	230 Vac - 4 VA
Dimensions	254 x 152 x 51 mm
Poids	1,2 Kg

l'entrée. Dans ce cas, R1 est un pontage et P1 est ajusté pour obtenir une tension fluctuant entre le négatif et le positif en sortie de IC4 au point de test « TP ».

La bande passante du détecteur couvre de 10 Hz à 32 kHz à -1 dB avec le filtre en tête de circuit.

## Conclusion

Ce vumètre, associé au détecteur de crête, complètera l'installation audio. Il fournira une indication correcte de

la modulation et des risques de saturation.

Il est d'ailleurs assez étonnant de constater son déclenchement pour des pointes transitoires (contrôlés sur oscilloscope) qui échappent au galvanomètre ... et à notre oreille.

J-L VANDERSLEYEN

*Pour les données de fabrication, de la carte imprimée ou quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à contacter l'auteur à l'adresse [jl.vandersleyen@skynet.be](mailto:jl.vandersleyen@skynet.be) ou via son site [www.novotone.be/fr](http://www.novotone.be/fr)*



# Selectronic

L'UNIVERS ELECTRONIQUE

NOUVEAU

## Catalogue Général 2009

Commandez-le dès maintenant !

Plus de 750 pages en couleur

Coupon à retourner à: **Selectronic B.P 10050 • 59891 LILLE Cedex 9**

OUI, je désire recevoir le **Catalogue Général 2009 Selectronic** à l'adresse suivante (ci-joint 12 timbres-poste au tarif "lettre" en vigueur ou 8,00€ par chèque) :

EP

Mr  Mme **Nom :** ..... **Prénom :** .....

**N° :** ..... **Rue :** .....

**Complément d'adresse :** .....

**Ville :** ..... **Code postal :** ..... **Tél :** .....

"Conformément à la loi informatique et libertés n° 78.17 du 6 janvier 1978, Vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant"

# Protecteur d'alimentation des montages

**Le mauvais fonctionnement d'une alimentation peut avoir des conséquences fâcheuses pour le reste des composants électroniques qui lui sont raccordés, surtout lors de la défaillance du système de régulation. Celui-ci fait partie des défauts les plus fréquents.**

**P**our parer aux pannes les plus catastrophiques, il existe depuis longtemps des solutions simples dont celle que nous vous proposons ici de réaliser afin de protéger vos montages les plus précieux.

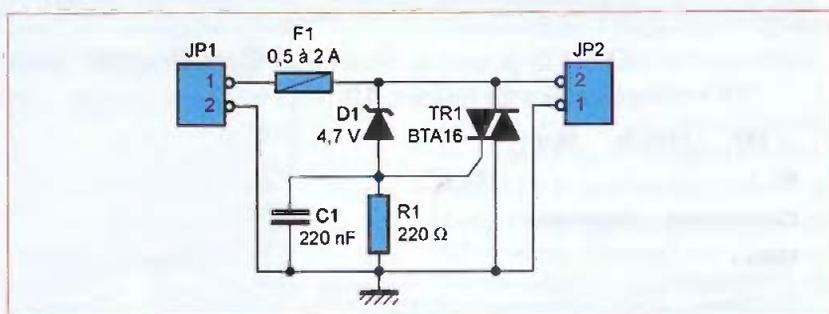
## Schéma

Pour protéger la sortie d'une alimentation contre les surtensions, deux solutions s'offrent à nous : ajouter un écrêteur en parallèle avec la sortie de l'alimentation ou bien ajouter un dispositif en série avec celle-ci afin d'ouvrir le circuit en cas de détection d'une surtension.

La solution de l'écrêteur possède l'avantage de maintenir le système alimenté pendant les perturbations. En contre-partie, le dispositif d'écrêtage peut être amené à dissiper une énergie très importante, selon le modèle équivalent du générateur qui est à l'origine de la perturbation. Dans le cas d'une alimentation stabilisée (linéaire ou à découpage) de moyenne ou forte puissance, l'énergie à écrêter en cas de défaillance de l'étage de régulation peut s'avérer rédhibitoire. Dans ce cas, il faut se



**1**  
**Un montage élaboré autour d'un simple fusible**



résigner à utiliser la deuxième solution : ouvrir le circuit d'alimentation pour confiner la perturbation en amont des composants sensibles.

Dans les deux cas de figure, le temps de réaction est un critère de choix important pour détecter et protéger contre des perturbations ou la défaillance d'une alimentation.

Pour une protection contre les défaillances classiques, un temps de réaction de quelques millisecondes reste tout à fait acceptable.

Notre montage se classe parmi les solutions moyennement rapides, mais simples à mettre en œuvre.

Le schéma de la **figure 1** dévoile un montage ultra classique « bâti » autour d'un simple fusible. Cette solution possède l'avantage de protéger la sortie contre des surtensions éventuelles ou contre une consommation de courant trop élevée.

L'idée consiste à utiliser un triac monté en court-circuit franc pour faire fondre le fusible lorsque la tension de sortie de l'alimentation est anormalement élevée.

Avec notre schéma, la détection des surtensions est obtenue à l'aide d'une simple diode zéner (D1) qui laisse passer un courant significatif dans la résistance R1 lorsque la tension d'alimentation dépasse sa tension de seuil. Dès que la tension aux bornes de R1 dépasse la tension de

seuil du triac, ce dernier s'amorce, provoquant un fort appel de courant dans le fusible. Le triac reste conducteur jusqu'à ce que le « filament » du fusible soit coupé, ce qui ouvre alors totalement le circuit d'alimentation. Le condensateur C1 monté en parallèle avec la résistance R1 permet de filtrer les perturbations rapides, ce qui évite un déclenchement du triac à la moindre occasion. Le fusible est bien connu pour sa fonction de protection contre la circulation d'un courant anormalement élevé. Le temps de coupure dépend beaucoup de la surintensité du courant qui le traverse et des conditions externes d'environnement (température extérieure, vieillissement du filament, etc.). Plus la surintensité du courant est élevée par rapport au calibre du fusible, plus la coupure de ce dernier est rapide.

À l'inverse, plus le courant qui traverse le fusible est proche de son calibre et plus le temps de fusion du « filament » est long.

Avec notre montage, cela peut poser un problème si jamais le calibre du fusible retenu pour une application est proche de la limitation de courant de l'alimentation. En effet, en cas de détection d'une surtension, le triac est bien déclenché mais le courant qui le traverse est limité par l'impédance de sortie de l'alimentation et l'impédance du fusible. Ce dernier risque alors de mettre très longtemps à fondre. Ce n'est pas très grave puisque, dans ce cas, la tension de sortie de l'alimentation est très affaiblie (il n'y a donc pas de risque pour les composants que notre montage est censé protéger), mais le fusible et l'alimentation risquent de devenir brûlants.

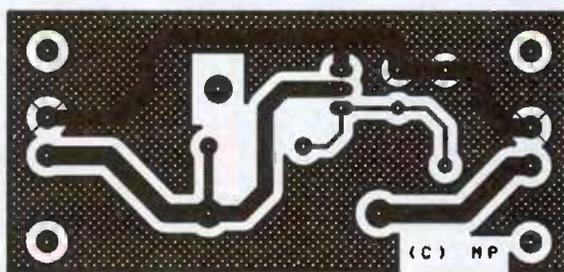
Selon les circonstances, il est possible d'arriver à un court-circuit qui reste à l'équilibre pendant plusieurs minutes. Évitez donc de choisir un calibre de fusible trop élevé si vous voulez que ce montage conserve toute son efficacité.

## Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est proposé en figure 2. L'implantation des composants est reproduite en figure 3.

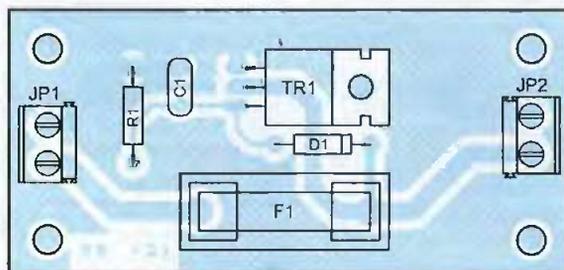
2

**Une implantation des plus simples**



3

**Quelques composants à insérer dans le bon sens**



Les pastilles sont percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. En ce qui concerne CN1, JP1 et JP2, il faut percer les pastilles avec un foret de 1 mm de diamètre. Le fusible est inséré dans un porte fusible qui nécessite deux perçages avec un foret de 2 mm.

Comme d'habitude, procurez-vous les composants avant de graver le circuit, au cas où il vous faudrait adapter un peu l'implantation. Cette remarque concerne particulièrement les borniers à vis et le porte-fusible. Pour le reste, il n'y a pas de difficulté particulière. Soyez tout de même attentif au sens d'insertion de la diode zéner D1.

Pour celle-ci, notez que sa valeur peut être ajustée en fonction des besoins. Le seuil de déclenchement de la protection se situe entre 0,5 V et 1 V au-dessus de la tension que vous avez choisie.

Avec la zéner indiquée en nomenclature (diode de 4,7 V), le seuil de déclenchement de la protection se situe aux environs de 5,2 V à 5,7 V, ce qui permet de protéger efficacement la majorité des circuits logiques 5 V (le paramètre « Supply Voltage Maximum Rating » se situe généralement vers 6 V pour ce type de circuit). La dispersion des caractéristiques de la diode zéner et celle du seuil de déclenchement du triac peuvent entraîner des déclenchements de la protection pour une valeur assez basse de la tension d'alimentation

## Nomenclature

C1 : 220 nF  
 D1 : BZX79C4V7 (Zéner 4,7 V 1/2 W)  
 F1 : Fusible 5 x 20  
 (0,5 A à 2 A selon vos besoins)  
 JP1, JP2 : Bornier à vis 2 contacts  
 (au pas de 5,08 mm)  
 R1 : 220 Ω 1/4 W 5 %  
 (Rouge, Rouge, Marron)  
 TR1 : Triac BTA16 ou équivalent

(proche de 5 V dans le cas de notre nomenclature).

Vous serez peut être amené à déterminer le seuil réel de déclenchement de votre montage si vous utilisez une alimentation dont la tension de sortie n'est pas très précise.

Si vous constatez que le fusible de protection fond un peu trop fréquemment tandis que l'alimentation n'est pas en cause, vous serez amené à choisir une diode zéner d'une valeur légèrement supérieure. Dans ce cas, le seuil de déclenchement « réel » pourra basculer vers l'extrême inverse et s'avérer un peu trop élevé pour votre application. C'est l'inconvénient majeur de ce montage qui reste toutefois d'une grande simplicité.

Pour protéger des composants extrêmement sensibles au moindre dépassement de leur plage d'alimentation, ce circuit ne sera peut-être pas le mieux adapté. En revanche, il protégera la majorité des cartes électroniques équipées de composants destinés au grand public.

P. MORIN