ELECTRONIQUE PRATIQUE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

340 JUILLET - AOÛT 2009 ■ www.electroniquepratique.com ■ 5,00 €

PICAXE
5 gammes
de microcontrôleurs

ANIMATION LUMINEUSE
Autonome ou commandée
par port USB

PC & HAUTE FIDÉLITÉ
Convertisseur
numérique-analogique
pour interface USB

AMPLIFICATEUR
stéréophonique-pontable
2 x 70 W/8 Ω ou 300 W/8 Ω

L 14377 - 340 - F: 5,00 € - RD

• France : 5,00 € • DOM Avion : 6,40 € • DOM surface : 5,80 € • TOM : 800 XPF • Portugal continent : 5,60 € • Belgique : 5,50 €
• Espagne : 5,90 € • Grèce : 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 7,50 $CAD

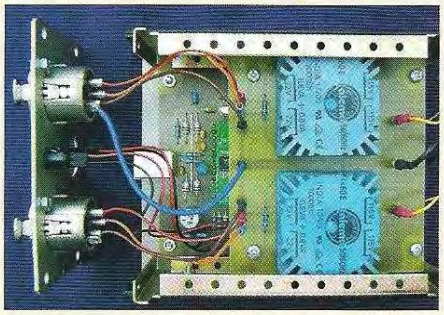
Pour Ebook-Land par O.B.

ELECTRONIQUE PRATIQUE

N° 340 - JUILLET-AOÛT 2009

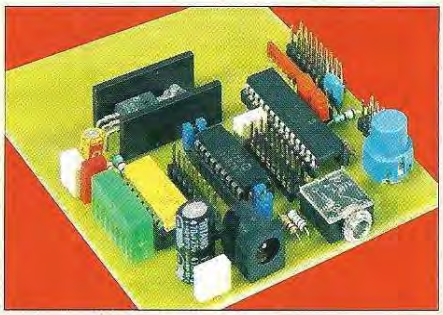
Initiation

6 Le simulateur électronique LTspice



Micro/Robot/Domotique

11 Animation lumineuse commandée par le port USB
20 Convertisseur 5V USB pour auto (6 ou 12 V)
22 Boîte aux lettres « active »
28 Convertisseur numérique-analogique pour interface USB
37 Les microcontrôleurs PICAXE



Audio

47 Analyse des montages éprouvés : la série Luxman 3045/3500 & MQ360
53 Le Mélomane, un ampli hi-fi 2 x 130 W/4 Ω avec préamplificateur et correcteur

Divers

19 Bulletin d'abonnement
36 Vente au numéro
65 Hors-série Audio
66 Petites annonces

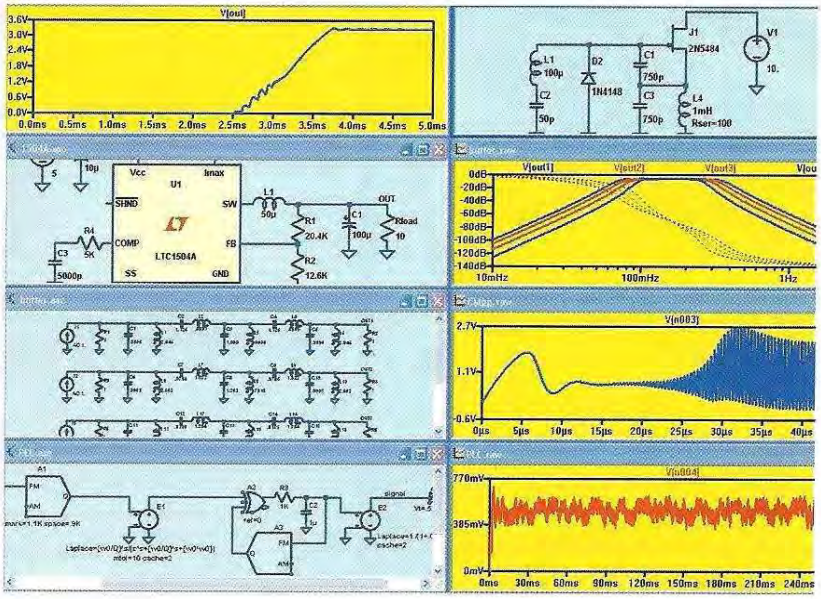
Fondateur : Jean-Pierre Ventillard - **TRANSOCEANIC SAS** au capital de 574 000 € - 3, boulevard Ney, 75018 Paris Tél. : 01 44 65 80 80 - Fax : 01 44 65 80 90
Internet : *http://www.electroniquepratique.com* - **Président** : Patrick Vercher - **Directeur de la publication et de la rédaction** : Patrick Vercher
Secrétaire de rédaction : Elsa Sepulveda - **Couverture** : Dominique Dumas - **Illustrations** : Ursula Bouteveille Sanders
Photos : Isabelle Garrigou - **Avec la participation de** : R. Bassi, R. Knoerr, P. Mayeux, Y. Mergy, P. Oguic, E. Rousseau
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
I.S.S.N. 0243 4911 - **N° Commission paritaire** : 0909 T 85322 - **Distribution** : MLP - **Imprimé en France/Printed in France**
Imprimerie : ROTO AISNE Ste Nouvelle, 02430 GAUCHY - DEPOT LEGAL : **JUILLET-AOÛT 2009** - Copyright © 2009 - **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 - expressmag@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 continental : 5,60 €
Belgique : 5,50 € • Espagne : 5,90 € • Grèce 5,60 € • Suisse : 10,00 CHF • Maroc : 60 MAD • Tunisie : 5200 TND • Canada : 7,50 CAD

© 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.

LE PROCHAIN NUMÉRO D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE SERA EN KIOSQUE LE 3 SEPTEMBRE 2009

Le simulateur électronique LTspice

Nous vous présentons ici la simulation électronique à partir du logiciel gratuit LTspice dont nous décrirons les principales commandes, vous permettant ainsi d'aborder la simulation des circuits sur de bonnes bases.



Distribué gratuitement par Linear Technology, le puissant simulateur de circuits électroniques analogiques/numériques LTspice est basé sur l'algorithme Spice (*Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis*). Il a été conçu à l'université de Berkeley (Californie) dans les années soixante-dix pour la conception des circuits intégrés.

Ce simulateur est téléchargeable à l'adresse suivante : *http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp*

À partir du schéma d'un montage, dont les composants sont décrits par des modèles Spice fournis en général par les fabricants de semiconducteurs, LTspice permet de simuler le fonctionnement du circuit et de l'analyser finement, tant d'un point de vue des grandeurs continues que dans le domaine temporel ou fréquentiel.

L'outil regroupe à la fois les fonctionnalités de mesure du multimètre, de l'oscilloscope et de l'analyseur de spectre. Tout cela gratuitement. Pour un amateur ou un autodidacte, il s'agit d'une aubaine à ne pas manquer.

Principales caractéristiques

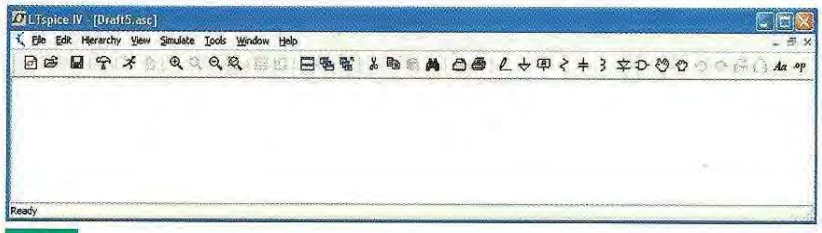
La richesse du produit est telle qu'il nous est impossible de prétendre à l'exhaustivité. Voici néanmois ses principaux points forts :

- Nombre de nœuds électriques simulables non limité;
- Présence d'un éditeur de symboles (possibilité de créer ses propres symboles si besoin);
- Présence d'un éditeur graphique puissant (zoom, curseur de mesures...);
- Intégration d'une bibliothèque de composants simulables standards (résistances, transistors, condensateurs, selfs), mais également d'une grande partie des composants Linear, en particulier quelque 80% des alimentations à découpage de la firme et une collection importante d'AOP (plus de deux cents modèles) et d'autres circuits Linear (filtres, etc.);
- Possibilité d'importer des modèles de composants externes;
- Un forum très intéressant en cas de problème.

Saisie d'un schéma électronique

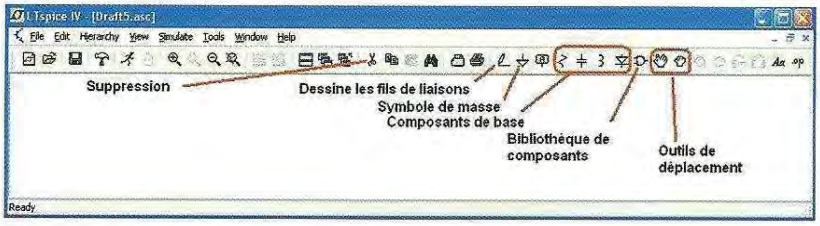
Installer le logiciel, puis le lancer en cliquant sur l'icône reproduit en **figure 1** ou à partir de l'exécution de la ligne de commande : *C:\Program Files \LTC\LTspiceIV\scad3.exe* (voire de là où l'installation a été effectuée).

Une fois l'application lancée, il convient de créer un nouveau schéma



2

3



1

simulable à partir de l'une des commandes suivantes :

- File/New Schematic
- Ctrl N
- Bouton « New Schematic » en haut, à gauche de la barre d'outils.

La **figure 2** apparaît.

Commandes d'édition de schémas

Pour éditer un schéma, il faut des fils de liaisons, des composants basiques, des résistances, des condensateurs, des alimentations, des générateurs de fonctions et quelques commandes permettant de positionner le schéma à sa guise. C'est ce qui apparaît dans les zones entourées de la **figure 3**, alors que le descriptif des commandes est en **figure 4**.

La **figure 5** présente une vue de la bibliothèque des composants lorsqu'on clique sur le bouton « Component » de la figure 3.

Cette bibliothèque comprend des transistors bipolaires, MOS, jfet, des générateurs paramétrables, etc. À cela s'ajoute une très large panoplie de composants Linear Technology, en particulier :

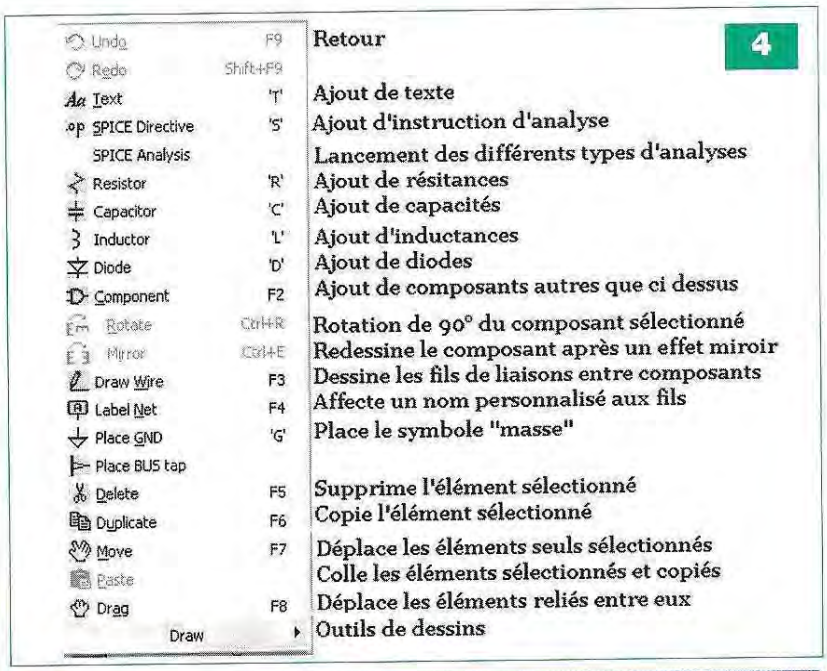
- [Opamps][Comparators], des amplificateurs opérationnels/comparateurs (plus de trois cent soixante-dix modèles simulables);
- [PowerProducts], une impressionnante suite d'alimentations à découpage (plus de neuf cents modèles simulables).

Le bouton « Open this macromodel's test fixture » permet de proposer un exemple d'application de chaque composant de la firme.

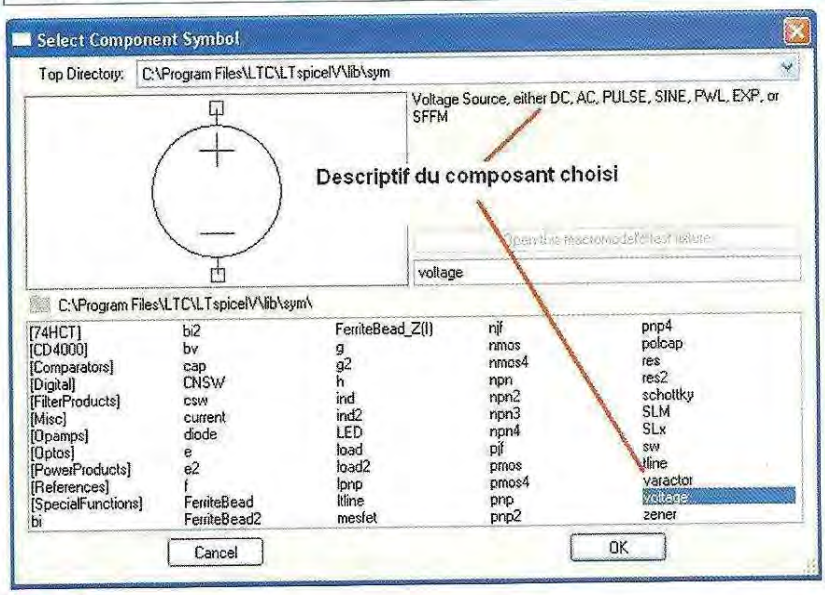
Pour terminer avec l'édition de schémas, les valeurs ou paramètres des composants (générateurs, résistances, self...) sont saisis en actionnant un clic « droit » sur le composant (**figure 6**). De plus, la molette de la souris permet un effet de « zoom » sur le schéma.

À ce stade de la description, il est bon de noter que le simulateur propose plus de mille quatre cents schémas, schémas électroniques directement simulables aux emplacements suivants (ouvrir avec le bouton « Open ») :

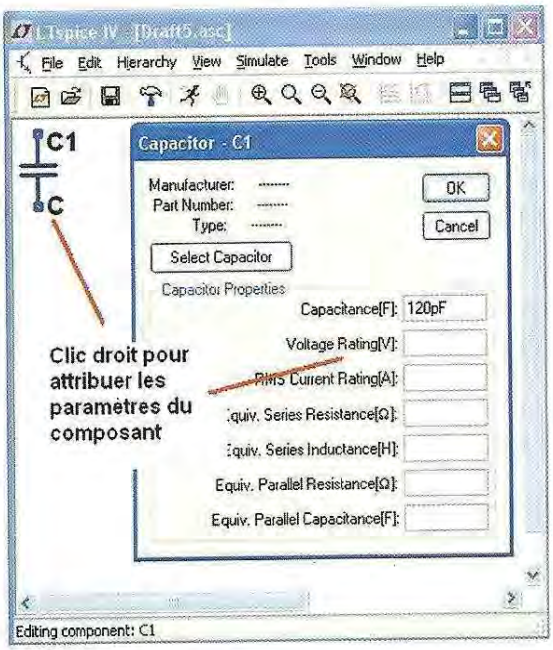
- *C:\Program Files\LTC\LTspiceIV\examples\Educational*



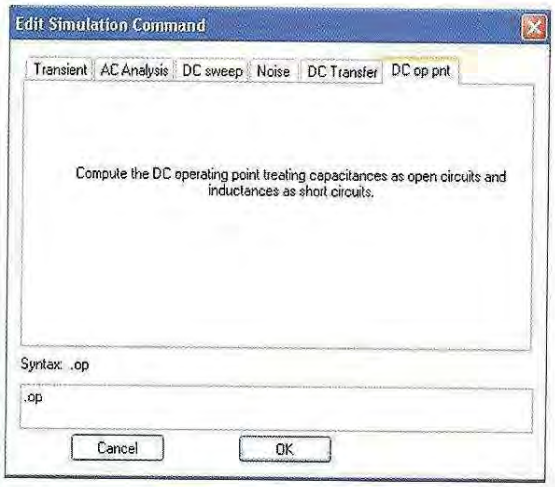
4



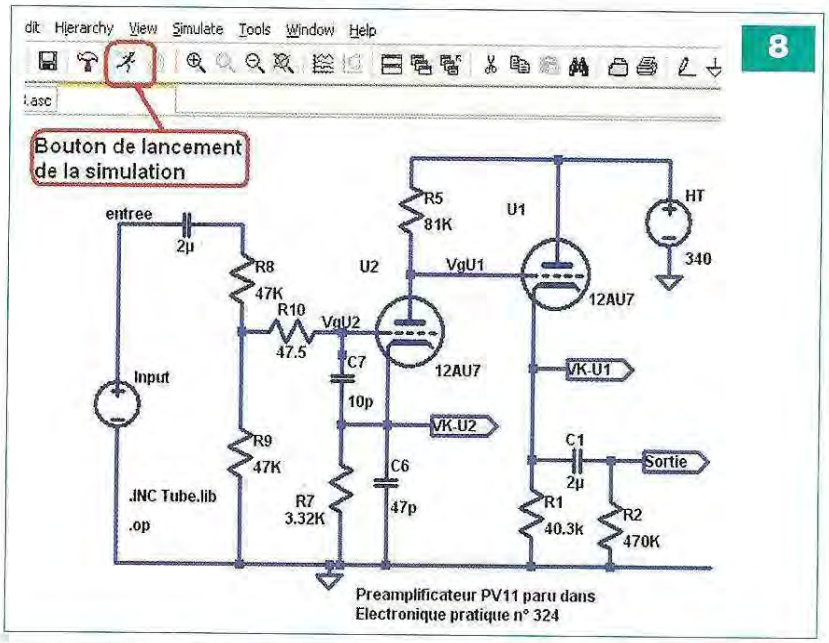
5



6



7



8

```
--- Operating Point ---

V(n001):       340            voltage
V(vk-u1):      168.476        voltage
V(vgu1):       161.506        voltage
V(sortie):     1.58368e-010   voltage
V(vk-u2):      7.31606        voltage
V(vgu2):       4.73917e-005   voltage
V(n002):       4.73439e-005   voltage
V(n003):       4.73439e-005   voltage
V(entree):     0              voltage
I(C7):         -7.31601e-023  device_current
I(C6):         3.43855e-022   device_current
I(C5):         -9.46877e-023  device_current
I(C1):         3.36952e-016   device_current
I(R2):         3.36952e-016   device_current
I(R10):        1.00732e-009   device_current
I(R9):         1.00732e-009   device_current
I(R8):         -9.45793e-023  device_current
I(R7):         0.00220363     device_current
I(R5):         0.00220363     device_current
I(R1):         0.00418055     device_current
I(Ht):         -0.00638418    device_current
I(Input):      9.46877e-023   device_current
Ix(u1:1):      0.00418055     subckt_current
Ix(u1:2):      -1.00696e-009  subckt_current
Ix(u1:3):      -0.00418055    subckt_current
```

9

• *C:\Program Files\LTC\LTspiceIV\examples\jigs*

Le premier emplacement propose des démonstrations de différentes analyses, tandis que le second sert de support simulable aux très nombreux composants du fabricant.

Simulations

Avant de décrire les types de simulations, **il est impératif d'inclure un symbole de masse** dans votre schéma. En effet, LTspice n'aime pas ce genre d'oubli et génère des erreurs si l'on n'y prend pas garde.

Les trois principaux types de simulations sont des analyses en continu, en transitoire et en fréquentiel.

Analyses en continu

Ce type d'analyse est choisi en cliquant sur le bouton « Simulate » du bandeau principal, puis en choisissant « Edit Simulation Cmd » (**figure 7**). En choisissant « DC OP point », nous visualiserons les potentiels continus et les courants continus du circuit. Les condensateurs et les bobines sont traités comme des circuits ouverts et des courts-circuits.

Travaillons maintenant sur le schéma de la **figure 8**.

Nous allons relever la polarisation globale du montage à tubes. Ce montage (préamplificateur PV11 simplifié pour la cause) est paru dans le n°324 d'*Électronique Pratique*.

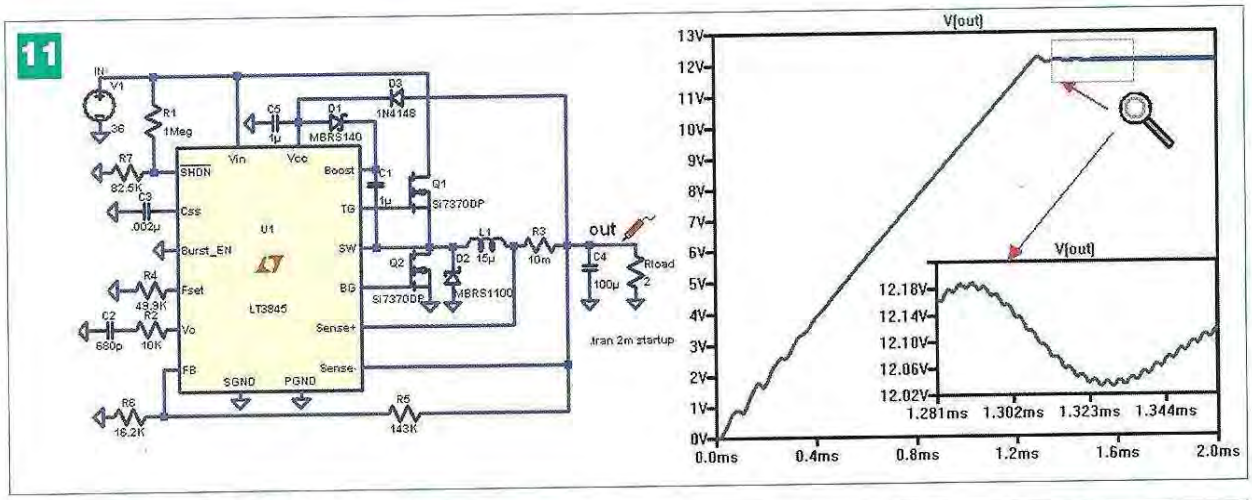
Le fichier « PV11.zip » est disponible sur notre site. Après l'avoir téléchargé, le décompresser, puis cliquer sur « Pv11.asc ». L'application se lancera automatiquement.

Lancer la simulation en cliquant au niveau de la barre d'outils sur le bouton « Simulate » et « Run » ou sur le bouton de la figure 8.

Le tableau de la **figure 9** visualise la polarisation globale du montage une fois simulé. Pour éviter d'obtenir des noms de nœuds électriques du style « V(nxxx) », penser à renommer les nœuds (avant simulation) grâce à l'outil « Label Net » de la figure 4.

En choisissant l'onglet « DC Sweep » (figure 7), nous pourrons, par exemple, relever les courbes caractéristiques courant-tension des montages.

V1 est choisi comme la principale



source variant de 0 à 500 V, par pas de 20 V; Vg comme seconde source variant de 0 à -30 V par pas de -5 V.

Dans l'exemple de la **figure 10**, après lancement de la simulation, nous visualisons le réseau de courbes I Anode/VAK d'un tube 12AU7.

Le fichier « 12AU7.zip » est disponible sur notre site. Après téléchargement, le décompresser, puis cliquer sur « 12AU7.asc ». L'application se lancera automatiquement.

Un courant (ou une tension) est visualisé en déplaçant la souris sur le schéma électrique et en choisissant l'un des deux icônes incrustés figure 10. Dans notre cas, on relève le courant d'anode de la lampe.

La courbe de puissance maximale a été ajoutée (en rouge) en cliquant « droit » sur le graphique. Choisir ensuite « Add Trace » et entrer la formule de la courbe complémentaire, ici : Pmax = 2.75W = V(va).I Anode. Entrer, par conséquent, l'expression de I Anode, soit 2,75/V(va).

Analyses en transitoire

Pour cette analyse, nous simulerons le comportement « temporel » d'une des très nombreuses alimentations régulées proposées par Linear Technology. Dans la barre de menus, sélectionner *file/open/C:\Program Files\LTC\LTspiceIV\examples\jigs* (si l'installation est faite sous c:\, ailleurs sinon). Puis choisir le fichier « 3845.asc ».

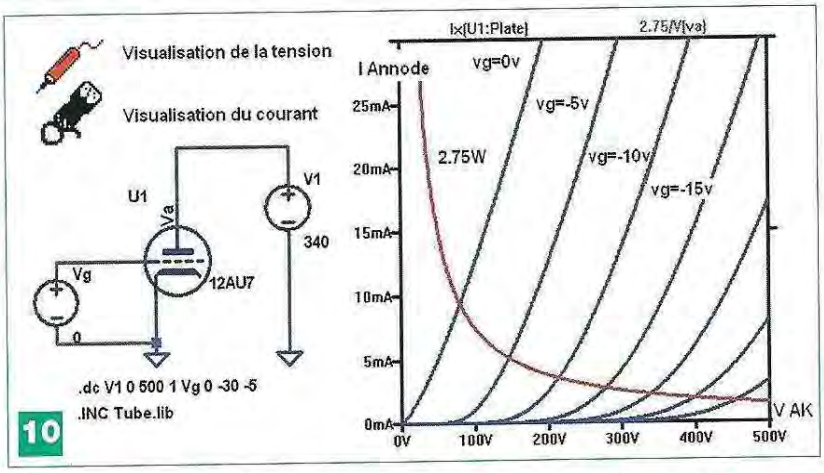
La configuration d'une simulation en transitoire est réalisée en sélectionnant, depuis le menu principal, « Simulate » et en choisissant « Edit Simulation Cmd », puis « Transient » (figure 7).

Dans notre cas, « Stop Time », fin de simulation, a été fixé à 2 ms. Le pas de calcul « MaximumTimeStep » est laissé par défaut. Le générateur V1 sera configuré en « DC » 36 V par un clic « droit » dessus.

Lancer la simulation comme indiqué en figure 8. Placer ensuite, sur le schéma, la souris comme sur la **figure 11** et visualiser la réponse transitoire de la sortie de notre régulateur. Un clic « droit » sur le graphique lance un zoom, l'état initial est obtenu grâce à la loupe barrée du menu principal.

On remarque qu'en passant la souris sur le composant, à l'invite d'une petite « main », un clic « droit » (*Go to Linear Website for datasheet*) nous renvoie automatiquement vers les pages web du produit chez le fabricant. On y consulte une fiche produit, le datasheet et bien d'autres informations.

On peut opter pour d'autres composants (notamment d'autres MOSFET) en fermant l'oscillogramme, puis en faisant un clic « droit » sur le composant. Cliquer ensuite sur le bouton « Pick up new XXXX » et choisir un autre composant de la même famille. Relancer la simulation.



Analyses en fréquentiel

Nous allons maintenant vérifier le comportement « fréquentiel » d'un montage, typiquement la courbe de réponse d'un filtre actif en fonction de la fréquence de fonctionnement.

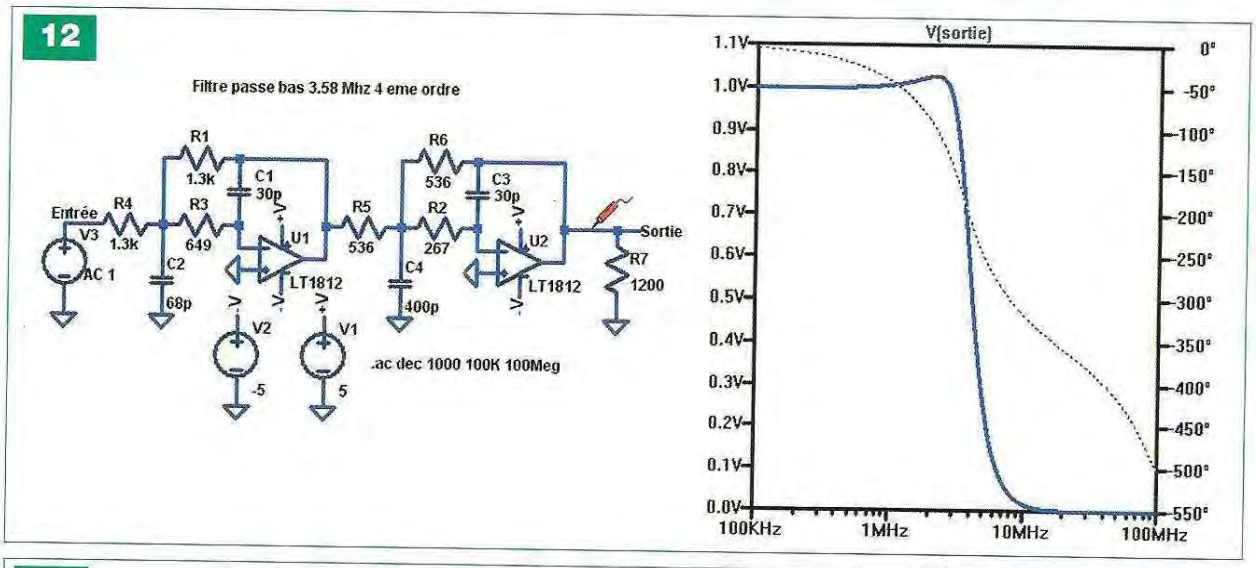
Le fichier « filtre.zip » est disponible sur notre site. Après téléchargement, le décompresser puis cliquer sur « filtre.asc ». L'application se lancera automatiquement.

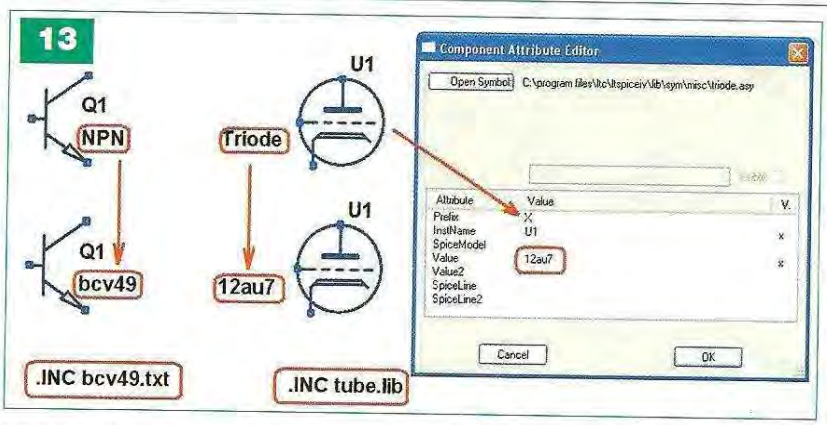
La configuration d'une simulation en « fréquentiel » est réalisée en sélectionnant depuis le menu principal « Simulate », en choisissant « Edit Simulation Cmd », puis « AcAnalysis » (figure 7).

Dans notre cas, mille points de calculs sont effectués par décade, avec un balayage de fréquence commençant à 100 kHz et finissant à 100 MHz. Le générateur V3 sera configuré en « AC » 1 V crête en faisant un clic « droit » dessus.

Lancer la simulation, comme indiqué en figure 8.

Placer ensuite, sur le schéma, la souris comme sur la **figure 12** et visualiser la courbe de réponse de notre





filtre actif (amplitude et phase).

Remarquer, comme précédemment, qu'en passant la souris sur les composants du fabricant, à l'invite d'une petite « main », un clic « droit » nous renvoie automatiquement vers les datasheets.

Importation de modèles simulables extérieurs

Avant de conclure, nous allons survoler l'importation de modèles de composants standards (MOSFET, Bipolaire, diodes, JFET, MESFET...) que l'on retrouve sur les sites des constructeurs. Bien évidemment, malgré une bibliothèque de composants très riche, il se peut que vous ne trouviez pas tel transistor ou telle diode zéner. Sans entrer dans les détails, sachez qu'un composant est simulable par Spice (LTSpice, dans notre cas) s'il possède un schéma (fichier .asy) associé à un fichier texte (modèle) décrivant les paramètres et la composition électrique du composant. Un exemple de modèle (bcv49.txt) est disponible sur le site.

• Si le fichier texte contient .MODEL nom du composant (model intrinsèque) :

- Inclure le symbole générique du composant sur le schéma (par exemple, un transistor NPN);
- Remplacer le nom « NPN » par le nom du composant figurant dans le fichier texte (à la lettre près);
- Inclure la directive .INC nom du modèle/librairie (sur le schéma, bouton .Op). La librairie est un fichier texte situé dans le répertoire courant de sauvegarde et comprenant le modèle du composant) comme indiqué sur les figures 8, 10 et 13.

• Si le fichier texte contient .SUBCKT nom du composant (model composé) :

- Inclure le symbole générique du composant sur le schéma (par exemple, une triode);
- Clic « droit » sur le symbole, renommer le champ « Value » par le nom du composant figurant dans le fichier texte (à la lettre près);
- Vérifier que le champ « Prefix » contient « X » (model composé);
- Inclure la directive .INC nom du modèle /librairie (sur le schéma, bouton .Op). La librairie est un fichier texte située dans le répertoire courant de sauvegarde et comprenant le modèle du composant) comme indiqué en figures 8,10 et 13.

Dans les deux cas, on peut inclure le modèle seul ou une librairie de modèles, fichier .txt ou .Lib (**figure 13**).

Conclusion

Nous espérons vous avoir fait découvrir un utilitaire d'une puissance redoutable. Néanmoins, il convient de rester vigilant, la précision de la simulation dépend de la pertinence des modèles utilisés et du sens physique de l'expérimentateur : les fils ou pistes de liaisons représentent des couplages entre eux, des impédances parasites. Les bobines et les condensateurs possèdent des éléments parasites qu'il est important d'inclure, surtout en haute fréquence ou à fort courant. L'association du bon électronicien et du bon modèle reste la clef d'une bonne anticipation du monde électrique réel.

E. ROUSSEAU
eric.rousseau9@free.fr

Liens utiles

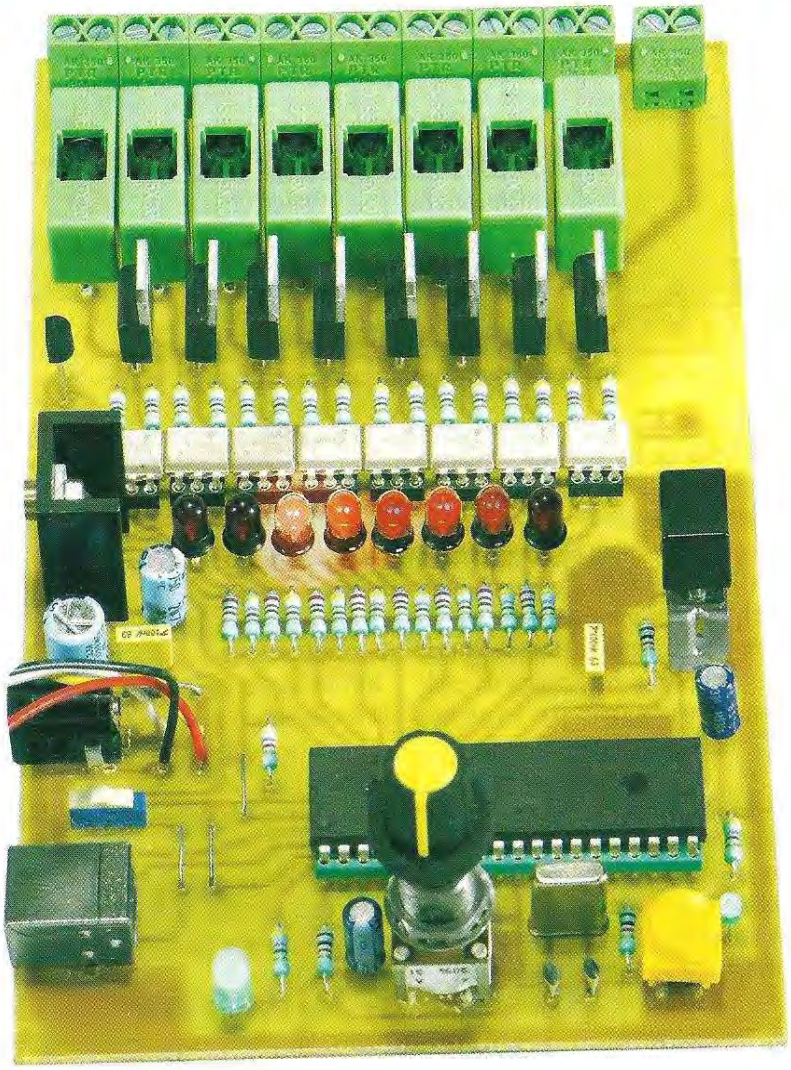
• À propos de LTspice
• *http://www.linear.com/designtools/software/ltspice.jsp*
Pour télécharger le simulateur
• *http://groups.yahoo.com/group/LTspice*
en particulier les rubriques « Files/Temp » et « Files/ToC ».

• À propos de Linear Technology
• *http://www.linear.com/designtools/software/*
De nombreux outils et guides.
• *http://www.linear.com/pc/viewCategory.jsp*

AVEC SURVEILLANCE DE LA TEMPÉRATURE

Animation lumineuse commandée par le port USB

Nous vous proposons un jeu de lumière basé sur une carte électronique commandant huit sorties à triacs. Cette carte est « pilotée » depuis un logiciel, via le port USB d'un PC, mais elle peut également fonctionner en mode autonome.



Ce montage électronique est architecturé autour d'un microcontrôleur PIC de type 18F4550. De la famille 18F de Microchip, celui-ci a la possibilité d'être interfacé avec un PC, via un bus USB. Le logiciel de commande, qui sera présenté dans la suite de l'article, est compatible avec les versions de Windows XP et Vista.

Rappel sur le bus USB

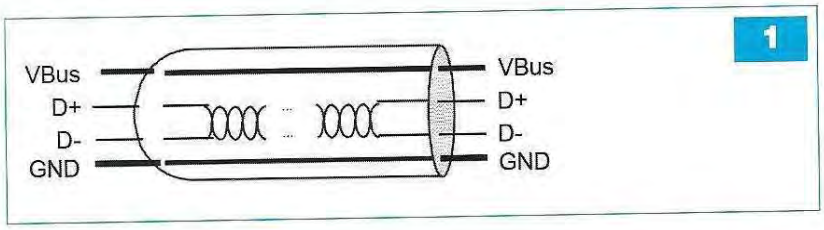
Dès 1994, de nombreux industriels tels qu'Intel, Microsoft ou Compaq se penchent sur l'épineux problème de définir une norme dont le rôle serait de faciliter le transfert de données entre deux équipements, tout en accélérant au maximum les échanges.

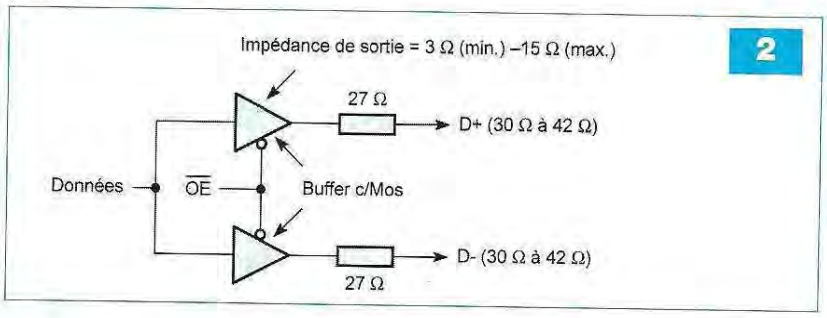
Le souci de définir une connectique universelle, qui serait reconnue par de nombreux standards industriels, était dans tous les esprits.

Cette norme devait également accepter le « Plug and Play », cette fonction qui permet de reconnaître sur un équipement (un PC, par exemple) l'interface ou le périphérique que l'on vient de lui ajouter (souris, carte USB, modem ou moniteur). Cette norme devait être conçue également pour satisfaire le besoin d'intégration sans cesse croissant entre le monde du PC et celui des périphériques industriels (notamment la téléphonie), tout en répondant aux besoins d'extensions multiples. Il est, en effet, possible de connecter jusqu'à cent vingt-sept périphériques (ou appareils) sur un port USB, ce qui est bien au-delà des capacités d'une liaison « série » habituelle de type RS232. Elle est donc supplantée.

La connectique USB se compose de quatre fils disposés dans une paire torsadée (blindée, de préférence), afin de garantir une meilleure immunité aux bruits (**figure 1**). Un fil achemine le +5 V pour l'alimentation de l'équipement, un autre pour la masse et les deux autres pour les données.

Ces deux fils, nommés (D+) et (D-), sont utilisés selon le principe de la transmission en mode « différentiel », encore une fois pour garantir la qualité des échan-





2

N° Broche	Fonction	Couleur câble
1	Alimentation 5v	Rouge
2	Donnée D -	Blanc
3	Donnée D +	Vert
4	Masse	Noir

4

ges, en particulier l'immunité aux parasites (**figure 2**). La longueur maximale préconisée est de 5 m.

L'USB permet également de « chaîner » les équipements, tout en supportant le « Hot Plug and Play » qui permet de brancher et débrancher les périphériques, sans éteindre l'ordinateur et tout en ayant une reconnaissance du périphérique branché par l'hôte, en général le PC (**figures 3** et **4**).

Les standards

- **Le standard USB 1,0** (1995) permet deux vitesses de communication : 12 Mbps et 1,5 Mbps
- **Le standard USB 1,1** permet d'obtenir des débits de 12 Mbit/s (pleine vitesse ou *full speed*) et 1,5 Mbit/s (basse vitesse ou *low speed*)
- **Le standard USB 2,0** (1999) permet d'augmenter le débit à 480 Mbit/s (haute vitesse ou *high speed*) et ainsi peut contrer la célérité du bus « Firewire » qui possède bien d'autres avantages...
- **Le standard USB 3,0** prévoit des vitesses à 4,8 Gbits/s. Les premiers équipements verront certainement le jour en 2010.

Il est à noter que les débits réels des différents modes USB sont de 6,4 kbits par seconde, en mode « interruption » pour l'USB basse vitesse, et l'on peut espérer jusqu'à 8 Mbits par seconde, pour le mode pleine vitesse.

Concernant le bus *High Speed* (haute vitesse), le débit pourra atteindre les 53 Mbits par seconde. Il faudra également, dans certaines configurations, tenir compte d'autres contraintes liées à l'OS (Operating System) auquel l'application est rattachée, notamment dans le cas de gestion par interruption.

Animation lumineuse

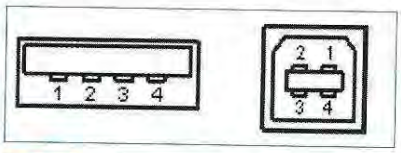
Schéma de principe

Il est donné en **figure 5**. L'alimentation du montage est assurée par un régulateur de type 7805 quand elle provient d'une pile de 9 V ou bien d'un bloc secteur. Il est également possible, en positionnant l'inverseur, d'utiliser le + 5 V issu du bus USB. Une diode de type 1N4007 protège contre les inversions de polarités.

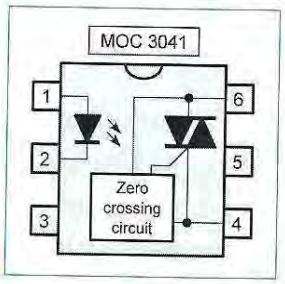
Le potentiomètre P1 permettant de régler la vitesse des animations en mode « autonome » est connecté sur un des huit convertisseurs analogique-digital (AN4) du microcontrôleur PIC 18F4550. Après conversion, le microcontrôleur PIC intègre, dans le déroulement de son programme, une temporisation qui est proportionnelle à la valeur de la conversion de l'entrée analogique (0-1024). Les broches (D+) et (D-) du PIC 18F4550 permettent l'interfaçage avec le bus USB. L'horloge est issue de l'oscillateur local (quartz de 20 MHz).

Le programme utilise la PLL interne équipant le PIC pour passer cette fréquence à 48 MHz.

Les huit sorties du port B (broches RB0 à RB7) du PIC 18F4550 viennent chacune, indépendamment, piloter une entrée d'un opto-triac de type MOC 3041 et une led de visualisation.



3



6

L'intérêt d'utiliser un opto-triac est d'isoler « galvaniquement » le microcontrôleur et, par conséquent, le PC du secteur 220 V.

Le MOC 3041 est équipé d'un circuit de détection de « passage à zéro » permettant de piloter le triac de sortie au « passage à zéro » de la tension secteur. Ce dispositif permet d'éliminer les problèmes liés au parasitage, en évitant notamment de commander le triac en charge.

Le schéma interne du MOC 3041 est donné en **figure 6**, celui-ci se présente en boîtier plastique à six broches.

Les deux résistances (R22 à R37) 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.

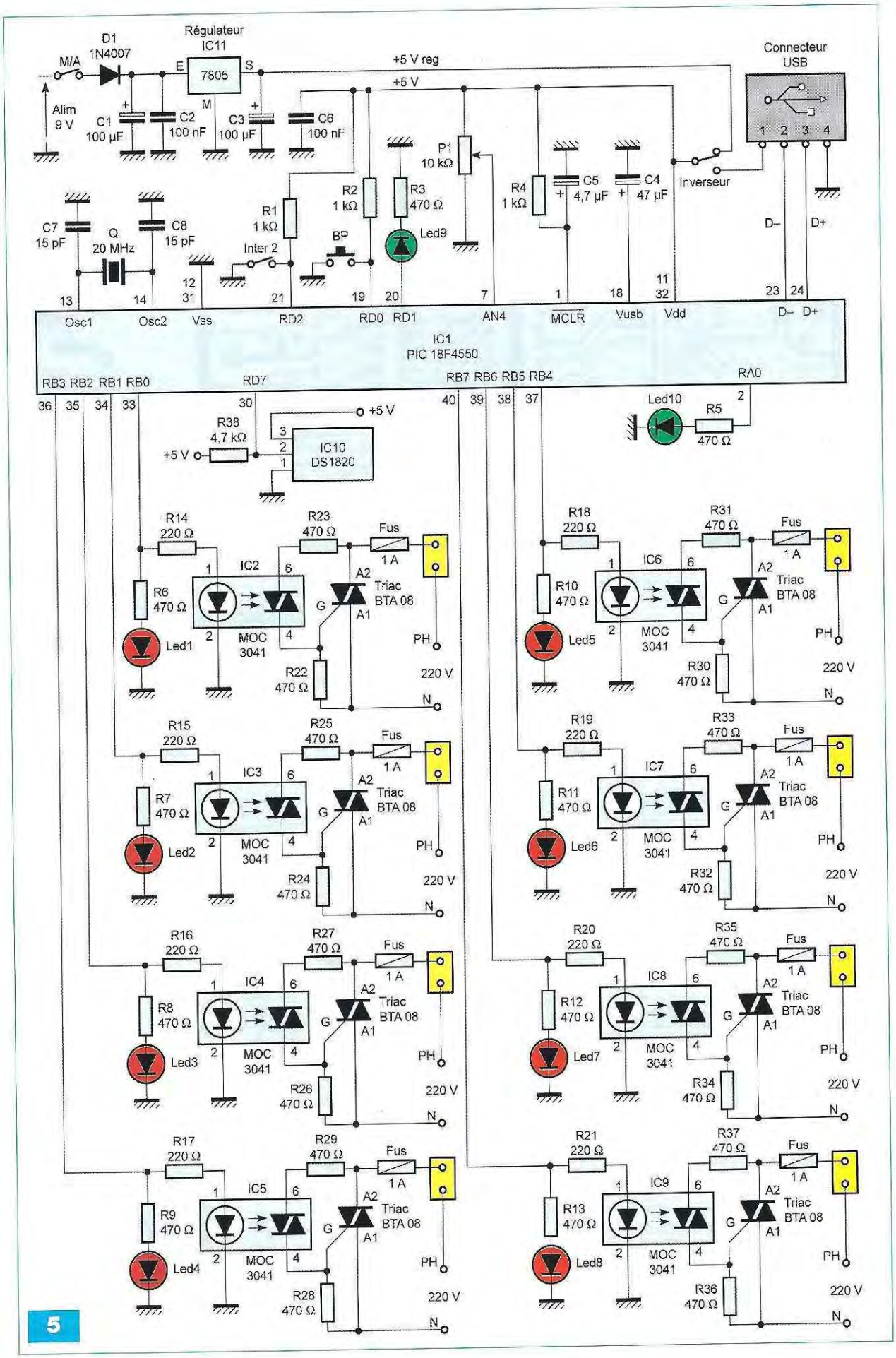
La sortie de chaque opto-triac (broche 4) commande la gâchette d'un triac. Ce composant de puissance est assimilable à un interrupteur que l'on viendra fermer en présentant un signal sur son électrode de commande (gâchette ou *gate*). Une résistance de 220 Ω limite le courant dans chacune des entrées des MOC 3041.

La valeur minimale de déclenchement est d'environ 15 mA.

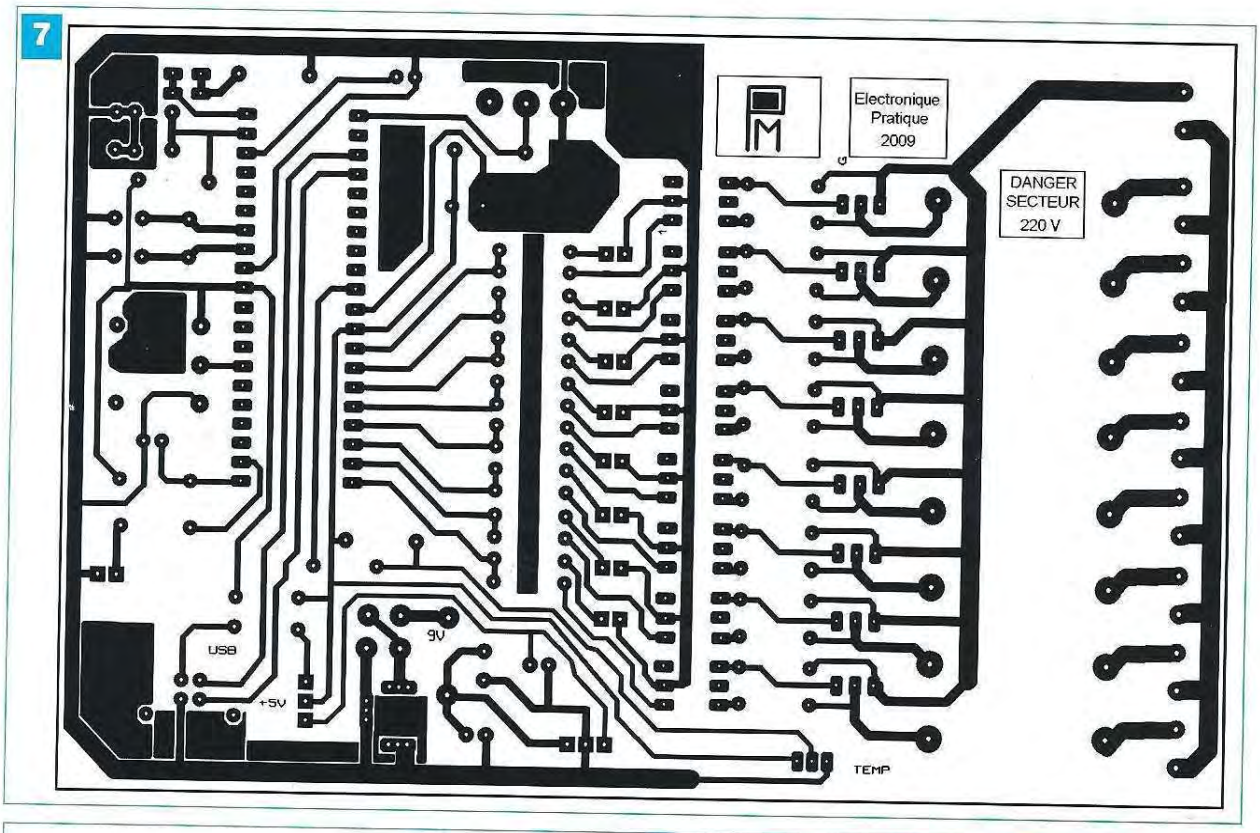
Réalisation

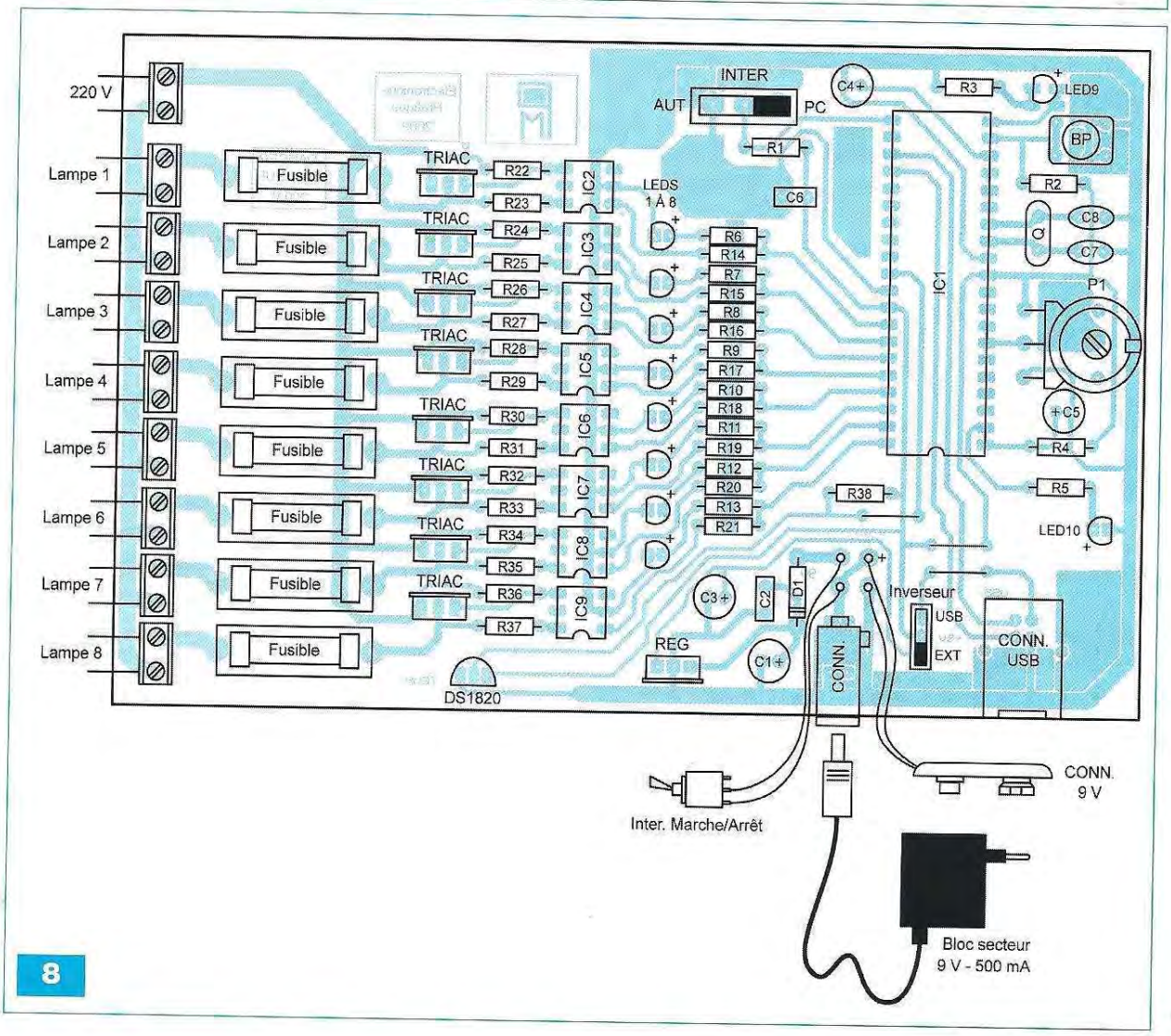
La **figure 7** donne le dessin du circuit imprimé. Lequel devra être réalisé avec un soin particulier (par la méthode photographique : typon + exposition aux UV), la platine étant raccordée au PC et surtout au secteur 220 V.

Les perçages des trous se feront à 0,8 mm, 1 mm ou 1,5 mm pour le passage des pattes plus larges des composants, tels que les supports de fusibles.


D1
1N4007
M/A
Alim
9 V
Régulateur
IC11
7805
E
S
M
C1
100 µF
C2
100 nF
C3
100 µF
C6
100 nF
+5 V reg
+5 V
Connecteur
USB
1 2 3 4
P1
10 kΩ
R2
1 kΩ
R3
470 Ω
R4
1 kΩ
C5
4,7 µF
C4
47 µF
Inverseur
C7
15 pF
Q
20 MHz
C8
15 pF
R1
1 kΩ
Inter 2
BP
Led9
D–
D+
Osc1
Osc2
Vss
RD2
RD0
RD1
AN4
MCLR
Vusb
Vdd
IC1
PIC 18F4550
RB3 RB2 RB1 RB0
RD7
RB7 RB6 RB5 RB4
RA0
R38
4,7 kΩ
IC10
DS1820
Led10
R5
470 Ω
R14
220 Ω
R23
470 Ω
Fus
1 A
IC2
R6
470 Ω
Led1
MOC
3041
A2
Triac
BTA 08
G
A1
R22
470 Ω
PH
220 V
N
R15
220 Ω
R25
470 Ω
IC3
R7
470 Ω
Led2
R24
470 Ω
R16
220 Ω
R27
470 Ω
IC4
R8
470 Ω
Led3
R26
470 Ω
R17
220 Ω
R29
470 Ω
IC5
R9
470 Ω
Led4
R28
470 Ω
R18
220 Ω
R31
470 Ω
IC6
R10
470 Ω
Led5
R30
470 Ω
R19
220 Ω
R33
470 Ω
IC7
R11
470 Ω
Led6
R32
470 Ω
R20
220 Ω
R35
470 Ω
IC8
R12
470 Ω
Led7
R34
470 Ω
R21
220 Ω
R37
470 Ω
IC9
R13
470 Ω
Led8
R36
470 Ω

5


7
Electronique
Pratique
2009
DANGER
SECTEUR
220 V
USB
+5V
9V
TEMP


220 V
Lampe 1
Lampe 2
Lampe 3
Lampe 4
Lampe 5
Lampe 6
Lampe 7
Lampe 8
Fusible
TRIAC
R22
R23
R24
R25
R26
R27
R28
R29
R30
R31
R32
R33
R34
R35
R36
R37
IC2
IC3
IC4
IC5
IC6
IC7
IC8
IC9
LEDS
1 À 8
R6
R14
R7
R15
R8
R16
R9
R17
R10
R18
R11
R19
R12
R20
R13
R21
INTER
AUT
PC
C4
R3
LED9
R1
BP
R2
C6
C8
C7
IC1
P1
C5
R4
R5
R38
LED10
C3
C2
D1
C1
REG
DS1820
CONN.
Inverseur
USB
EXT
CONN.
USB
CONN.
9 V
Inter. Marche/Arrêt
Bloc secteur
9 V - 500 mA
8

Nomenclature

Résistances ± 5 %
R1, R2, R4 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R3, R5 à R13 : 470 kΩ (jaune, violet, marron)
R14 à R21 : 220 kΩ (rouge, rouge, marron)
R22 à R37 : 470 kΩ (jaune violet marron)
R38 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
P1 : Potentiomètre 10 kΩ

Condensateurs
C1 : 100 µF/63 V
C3 : 100 µF/10 V
C4 : 47 µF/10 V
C5 : 4,7 µF/10 V
C2, C6 : 100 nF
C7, C8 : 15 pF

Semiconducteurs
IC1 : PIC 18F4550-I/P
IC2 à IC9 : MOC 3041
Led1 à Led10 : diode électroluminescente ø 5 mm
TRI1 à TRI8 : Triac 8A/600 V/BTA08
IC10 : capteur de température DS 1820
IC11 : régulateur 7805/TO220
D1 : 1N4007 ou équivalent

Divers
1 Quartz 20 MHz
8 supports DIL « tulipe » 6 broches
1 support DIL « tulipe » 40 broches
1 prise USB pour CI
1 jack alim femelle coudée pour CI (5,5 x 2,1)
9 borniers doubles à vis pour circuit imprimé
8 supports à souder pour fusible en verre 5 x 20 (isolés)
8 fusibles en verre 1 A
2 inters miniatures
1 micro switch inverseur
1 bouton poussoir
1 cordon USB
1 connecteur pour pile 9 V

La **figure 8** présente l'implantation des composants. Souder, dans un premier temps, par ordre de tailles : les résistances, les straps, les supports DIL, les condensateurs, le quartz, le DS1820. Terminer avec les borniers, les leds, la prise USB, les triacs, le potentiomètre, les interrupteurs, l'inverseur, le connecteur jack de l'alimentation, le bouton poussoir et les supports des fusibles.
Le programme du microcontrôleur PIC se trouve dans le fichier Zip à télécharger (*PIC_USB_V1.HEX*) sur notre site *www.electroniquepratique.com*.

Mise en service

Vérifier qu'aucun court-circuit éventuel ne soit présent, que les valeurs des composants et le sens d'insertion des opto-triacs et des triacs est respecté.
Programmer le PIC avec le fichier « *PIC_USB_V1.hex* ». Dans un premier temps, ne pas relier le secteur 220 V. Positionner l'interrupteur 2 sur la position « AUT » et alimenter le montage uniquement avec un bloc secteur (500 mA) positionné sur 9 V ou une pile 9 V. L'inverseur doit être sur la position « EXT ».

Mode autonome

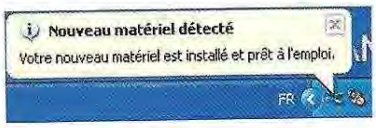
Une fois le montage mis sous tension, la led 9, située près du bouton-poussoir (BP), et la led 10, signalant le bon déroulement du programme, doivent s'illuminer. Les leds de 1 à 8 doivent alors clignoter à la manière d'un chenillard. Cette animation est la première des douze disponibles.
Agir sur le potentiomètre P1 afin de vérifier le bon fonctionnement de la vitesse de cadencement. Chaque nouvel appui sur le bouton-poussoir permet de lancer l'animation suivante. Douze animations différentes sont programmées.
À la treizième impulsion sur le BP, le microcontrôleur repart à la première séquence et passe automatiquement à la suivante. Cet état se concrétise par un clignotement de la led 9. Pour revenir à un état de séquence unique, positionner l'inter 2 sur la position « OFF » puis sur « ON » ou réappuyer sur le bouton-poussoir une nouvelle fois.

Mode commandé par PC

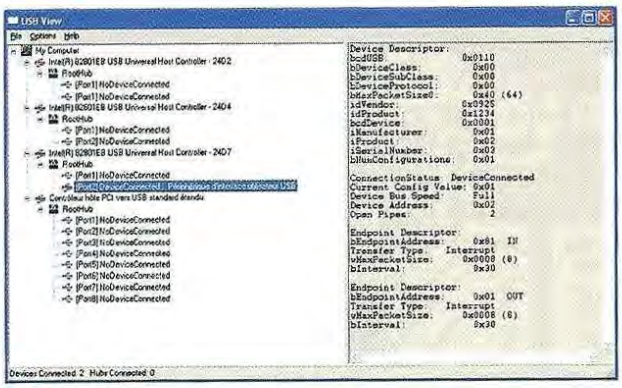
Fonctionnement avec l'alimentation externe

Pour vérifier le fonctionnement à partir d'un PC, connecter la platine via un cordon USB. Alimenter le montage avec une pile ou une alimentation 9 V (bloc secteur), puis positionner l'interrupteur marche/arrêt sur « ON ». Windows (version Vista ou XP) doit alors détecter un nouveau périphérique USB (nouveau matériel détecté) et doit installer le driver correspondant (ici, la carte est vue comme un périphérique d'interface utilisateur générique et Windows doit posséder le driver – classe HID).
Un autre message doit vous être envoyé par la suite indiquant que le périphérique détecté est prêt à l'emploi, ce qui signifie que tout s'est bien déroulé (**figures 9** et **10**).
Positionner maintenant l'inter 2 sur la position « PC ». La led 10 doit être illuminée.

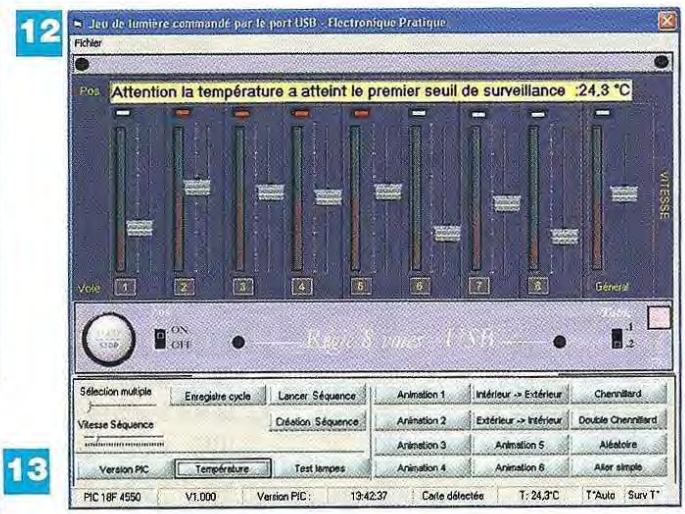
9

10


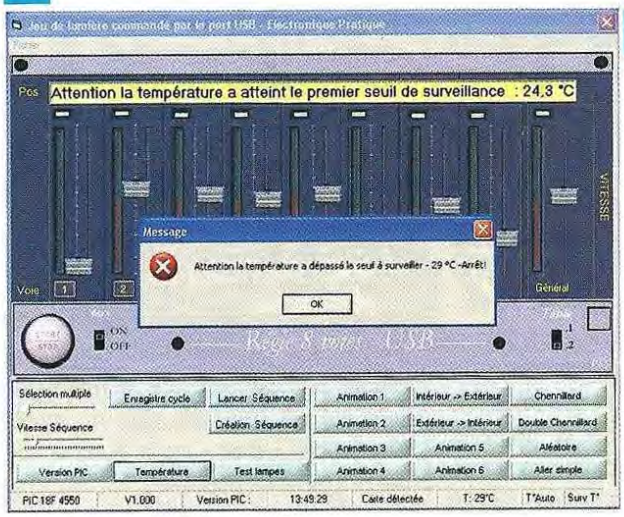
Lancer ensuite le logiciel de commande « *spot_usb.exe* » que vous avez téléchargé dans le zip sur notre site.
Appuyer sur le bouton « Start » qui doit alors s'afficher en vert, la led 9 doit clignoter rapidement, elle indique que des échanges sont réalisés sur l'USB.
Sur la barre d'état de l'IHM, vérifier les indications suivantes : « **PIC 18F4550 – V1.000 – Version PIC : - Heure courante - Carte détectée** ».
Les leds de la platine doivent alors clignoter selon la position des curseurs à l'écran. En bougeant ces derniers, les leds doivent clignoter plus ou moins vite, un clic « droit » sur le curseur fige celui-ci dans sa position.
Agir sur tous les curseurs et vérifier le fonctionnement, les leds de l'IHM et de la platine doivent clignoter en cadence.
Un appui sur une led de l'IHM inverse l'état de celle-ci. Appuyer maintenant sur le curseur « Aux » de l'IHM qui doit passer en position « ON ». Le panneau inférieur doit disparaître et laisser sa place aux différents boutons programmables.
Appuyer sur le bouton « Chenillard », les huit leds de l'IHM et de la platine doivent clignoter à la manière d'un chenillard. Agir maintenant sur le curseur le plus à droite de l'IHM (curseur vitesse), celui-ci permet de régler la vitesse.
Procéder de façon identique avec les différents boutons programmés (bouton « aléatoire », etc.) et vérifier le fonctionnement.
Pour les boutons dits « programmables », voir plus loin, lors de la description du logiciel, le principe de programmation.
Le bouton « Test lampes » permet d'allumer et d'éteindre toutes les lampes.
Vérifier qu'en cliquant sur le bouton « Température » la température courante s'affiche dans la barre « d'état ».
Procéder de même avec le bouton « Version PIC ».
Si le fonctionnement de la platine cor-



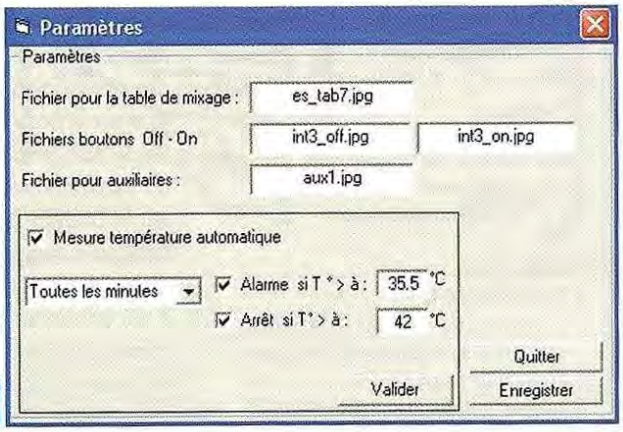
11



12



13



14

respond au clignotement des leds sur l'écran de votre PC, c'est que le montage, et plus particulièrement le dialogue via le bus USB, fonctionne correctement. Pour repasser en mode « autonome » depuis le mode connecté au PC, rebasculer en premier l'inter 2 sur la position « AUT », puis déconnecter le logiciel en cliquant sur le bouton « Start-Stop ».

Fonctionnement avec l'alimentation du bus USB

Positionner l'inverseur sur la position « USB », permettant ainsi d'alimenter le montage avec le + 5 V/USB et vérifier le fonctionnement tel que décrit auparavant (**figure 11**).

Alimentation en 220 V

Ne pas hésiter à revérifier une dernière fois le circuit de puissance avant de connecter le secteur 220 V. Le montage doit, pour des raisons de sécurité, être inséré dans un boîtier en plastique.

En cas de non fonctionnement, **ne pas toucher les composants,** notamment les triacs, les fusibles ou encore les circuit MOC 3041, sans avoir au préalable débranché le secteur 220 V. Vous pouvez relier huit lampes de 60 W aux borniers de sorties et alimenter en 220 V.

Refaire les essais en mode « autonome » et en mode « commandé » par PC.

Dans les deux cas, les lampes doivent clignoter au même rythme que les leds de la platine.

Attention, les triacs sont des modèles de 8 A, ce qui correspond théoriquement à une puissance maximale de lampe de plus de 1 500 W. Les fusibles de la maquette sont des modèles de 1 A, ce qui limite l'utilisation à des lampes de 220 W max. Dans le cas où vous voudriez « piloter » des lampes de plus forte puissance, il est impératif d'augmenter la largeur des pistes du circuit imprimé, notamment celles des sorties des triacs, faute de quoi le circuit imprimé chaufferait, ce qui conduirait à une destruction du cuivre...

Description du logiciel de commande

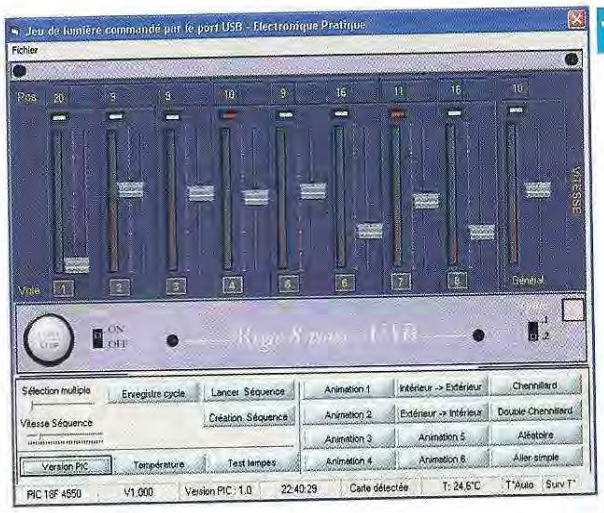
Le logiciel est réalisé sous VB5-6. Le principe de fonctionnement retenu est assez simple. Le logiciel envoie sur le bus USB une trame en mode « interruption » contenant un buffer. Ce buffer est composé de plusieurs octets. Le deuxième octet (Buffer 1) indique l'ordre à exécuter par le PIC.

Pour une écriture (lorsque l'on veut allumer les lampes), ce deuxième octet doit être à 1.

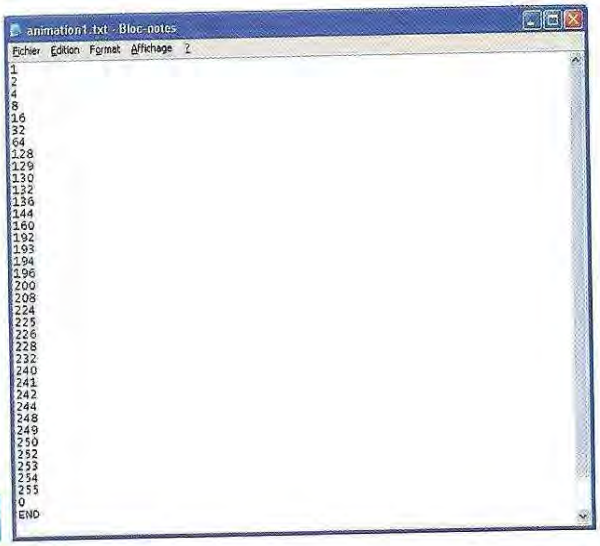
Le troisième octet indique, dans le cas d'une écriture, la valeur à écrire.

- Buffer (0) = 0
- Buffer (1) = 1. Commande d'écriture sur les sorties du PIC18F4550
- Buffer (2) = donnée. Valeur à envoyer sur les sorties RB0-RB7 du PIC18F4550. Cette valeur est comprise entre 0 et 255 (exemple : 47). Elle est calculée en fonction de la couleur des lampes situées en haut de la table de mixage, ces lampes représentant les sorties à activer. Si, par exemple, tous les voyants du logiciel sont rouges, alors la valeur envoyée dans le troisième octet du buffer de la trame USB émise est à 255 (buffer = 0 -1-FF).

Le microcontrôleur PIC 18F4550, quant à lui, surveille l'arrivée d'une trame sur l'USB et renvoie vers un sous-programme de lecture ou d'écriture (selon le deuxième octet de la trame reçue). Pour une écriture (buffer(1) = 1), le PIC positionne alors les sorties de son port B avec la valeur comprise entre 0 et 255, transmise dans le troisième octet (buffer(2)) de la trame reçue.



15



16

Pour l'information de la température, le logiciel positionne le buffer (1) de la trame envoyée à (3), indiquant au pic un ordre de lecture. Le PIC reçoit la trame USB et appelle le sous programme de lecture qui envoie un ordre de calcul de température au circuit Dalas DS1820 (sonde de température).

- Buffer (0) = 0
- Buffer (1) = 3. Commande de lecture (température)
- Buffer (2) = 0

Le PIC reçoit l'information de température du circuit DS1820 et retransmet celle-ci sur le bus USB dans l'octet (3) (Buffer (2)) en direction de l'Hôte (PC). Côté logiciel PC, la trame reçue est analysée et on affiche la valeur de la température réceptionnée dans le troisième octet de la trame USB reçue.

Si l'utilisateur a paramétré une surveillance de la température, alors le logiciel compare la valeur de la température reçue par rapport aux deux seuils de référence à surveiller. Si le premier seuil est égal ou inférieur à la température lue, un premier message d'alerte s'affiche sur l'écran. Si le deuxième seuil est atteint, le logiciel envoie un ordre de « déconnexion » au bus USB, précédé d'une extinction des lampes. Cet état est immuable et seul un nouvel appui sur le bouton « Start-Stop » permettra une remise en service de la platine (**figures 12** et **13**).

Paramétrage de la surveillance de la température

Cette surveillance de la température ne fonctionne qu'en mode « connecté » au PC. Depuis le menu « Fichier », cliquer dans « Paramètres ». Une boîte de dialogues vous permet alors de sélectionner les différents seuils de la température à surveiller. Le premier seuil permet d'avertir l'utilisateur avec un message à l'écran; le deuxième met la platine en mode « déconnexion » et éteint toutes les sorties.

La case à cocher « Mesure température automatique » permet de choisir ou non un mode de lecture automatique de la température (**figure 14**). Plusieurs périodes de scrutation sont définies dans la liste déroulante proposée (1 mn, 15 mn, 30 mn,1 h, 2 h). Le bouton « valider » permet de rendre « actifs » les choix. Dans ce cas, des libellés « T Auto » et « Surv T° » apparaissent dans la barre d'état du logiciel. Le bouton « Enregistrer » permet, quant à lui, de mémoriser les informations dans le fichier d'initialisation du logiciel. Depuis cette boîte de dialogue, il est également possible de définir des fichiers (.jpg, .bmp, .dib) permettant d'afficher d'autres types de tables de mixage et de boutons pour l'IHM (Interface Homme Machine).

Possibilités du logiciel

Quelque douze jeux de lumière sont préprogrammés (**figure 15**) :

- Un chenillard « simple »
- Un chenillard « double »
- Un chenillard « triple »
- Un mode « aléatoire »
- Un défilement « intérieur » vers « extérieur »
- Un défilement « extérieur » vers « intérieur »
- Six animations personnalisables par l'utilisateur (animation 1 2 3 4 5 6).

Les jeux de lumière correspondant aux boutons « Animation 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 » utilisent un fichier « texte » qui porte le même nom que les boutons et que vous pouvez modifier à votre guise pour réaliser votre propre animation (**figure 16**). Pour éditer un fichier d'animation (1) à (6), faire un clic « droit » sur le bouton correspondant. Le fichier « texte » doit se terminer par le mot « END », terminaison qui fera alors reboucler l'animation. Pour lancer un jeu de lumière programmé, cliquer sur le bouton correspondant, celui-ci passe alors dans un état « grisé » pour préciser l'animation en cours. Un nouveau clic sur le même bouton permet de revenir au mode « curseur » (ou mode « manuel »).

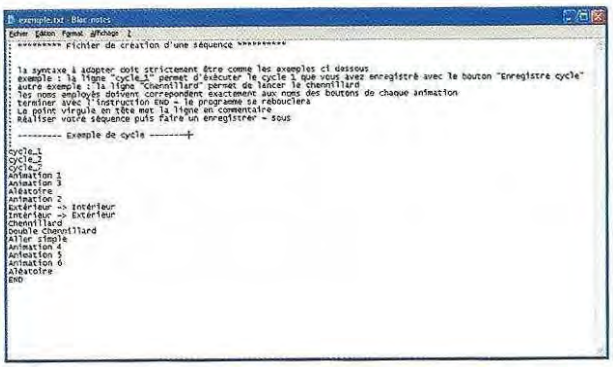
La vitesse de défilement de ces animations programmées est modifiable en temps réel par un potentiomètre rectiligne du logiciel de commande, potentiomètre le plus à droite nommé « Général » (**figure 17**). Huit voyants sur le logiciel permettent de suivre l'évolution des sorties de la carte.

Il est possible d'inverser l'état d'un spot en cliquant sur le voyant correspondant du logiciel, action qui a pour effet d'inverser l'état de celui-ci, la sortie de la carte prend alors le nouvel état du voyant.

La sélection de tous les potentiomètres en même temps ou bien un sur deux (pairs, impairs) est possible en agissant sur le curseur nommé « Sélection multiple ». Cette fonction permet de positionner toutes les lampes sur la même fréquence de clignotement (tous les potentiomètres sont liés et prennent le même réglage).

Le mode « curseur » (ou mode « manuel ») permet de créer une animation par action sur les huit potentiomètres correspondant à chacune des voies. Les leds clignotent alors à une vitesse

17



18

dépendante de la position du potentiomètre rectiligne de chaque voie. La valeur théorique du potentiomètre varie de 1 à 20, « 1 » étant la position « haute » du potentiomètre qui correspond à la fréquence maximale de clignotement. Cette valeur est indiquée dans un label situé au-dessus de chaque potentiomètre. Il est possible, en mode « manuel », d'enregistrer le cycle en cours d'exécution (bouton « Enregistre Cycle ») et de rappeler celui-ci dans le lancement d'une séquence (bouton « Lancer séquence »). Le nom d'enregistrement d'un cycle doit respecter la syntaxe suivante : « Cycle_n » ou « n » indique un numéro de cycle (exemple Cycle_10).

Pour créer une séquence autonome, cliquer sur le bouton « Création séquence ». Un fichier « texte » d'exemple apparaît alors dans une nouvelle fenêtre (**figure 18**). Il suffit alors de modifier l'exemple donné selon votre souhait et d'enregistrer la séquence sous un nom différent que celui proposé (ceci permet de garder la syntaxe de création de fichier).

La syntaxe employée dans le fichier « texte » doit être respectée tel que précisé dans le fichier d'exemple proposé. Si vous souhaitez, par exemple, appeler une des neuf animations programmées, la ligne dans le fichier « texte » doit correspondre au nom exact du bouton appelé (exemple : « Aléatoire » pour lancer un cycle aléatoire). Pour les cycles préenregistrés, il suffit de rappeler, dans le fichier « texte », le nom du cycle (exemple : Cycle_1).

Deux fichiers d'exemples de séquences (séquence1.txt et exemple.txt) sont présents sur le zip que vous allez télécharger sur notre site.

Pour exécuter une séquence « autonome », il suffit de cliquer sur le bouton « Lancer séquence » et choisir une séquence que vous aurez enregistrée au préalable. Les potentiomètres prennent alors automatiquement la position du cycle en cours de lecture. Un curseur « Vitesse séquence » permet de modifier le temps entre chaque cycle à jouer.

Nous espérons que cette version d'animations lumineuses sur PC via l'USB vous donnera entière satisfaction et vous familiarisera, un peu plus, avec l'utilisation et les possibilités du bus USB. La platine nécessite un soin particulier et des précautions d'utilisation, celle-ci étant connectée au secteur et au PC.

L'emploi d'un microcontrôleur gérant l'USB permet désormais de bénéficier des avantages de ce bus. Quant au développement de la partie logicielle, tant côté IHM que microcontrôleur, elle reste encore une fois la plus longue et la plus difficile à mettre en œuvre.

Bonnes animations lumineuses

P. MAYEUX
http://p.may.chez-alice.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 !

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

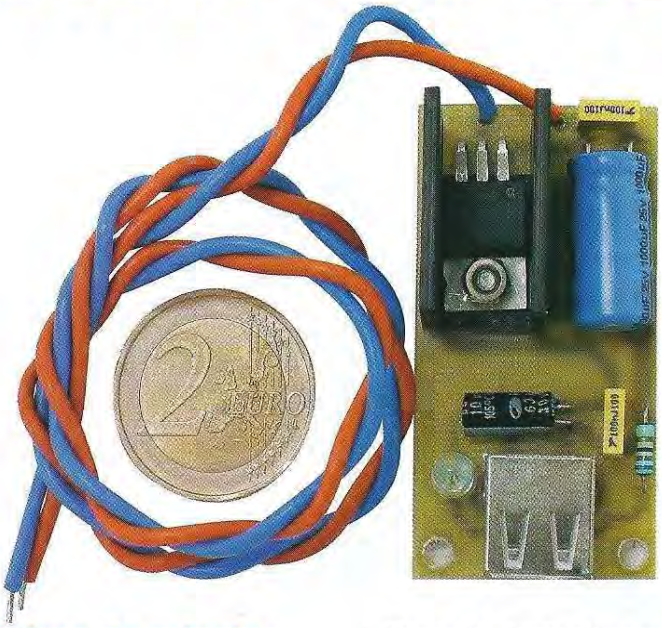
On demand
- "Technologie particulière" au juste prix
- de 1 à 16 couches
- de 1 pièce à la moyenne série
- délais à partir de 3 jours ouvrés

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

POUR AUTOMOBILE (6 OU 12 V)

Convertisseur 5V USB

Ce montage a été conçu à la demande d'un collectionneur de voitures anciennes. Lequel souhaite raccorder le chargeur de son GPS muni d'un câble USB, prévu à l'origine pour les véhicules en 12 V, sur l'allume-cigare de sa « Frégate » ne disposant que d'un réseau électrique en 6 V.



Cherchant toujours à aller plus loin, pour satisfaire nos lecteurs, nous nous sommes alors penchés sur les diverses applications possibles. C'est pourquoi ce convertisseur fonctionne aussi sur un véhicule en 12 V. Veiller, dans ce cas, à ne pas négliger le dissipateur thermique.

Il existe de nombreux accessoires destinés à être raccordés au port USB d'un ordinateur, utilisant celui-ci uniquement pour y puiser leur alimentation. Il s'agit bien souvent de gadgets plus ou moins utiles : ventilateur, éclairage, diffuseur de parfum, jeux divers, chauffe-tasse, mini-aspirateur, couverture chauffante, pour ne citer que ceux-ci.

Le courant maximal pouvant circuler à travers une liaison USB est de 100 mA. Si nous considérons que les fabricants respectent cette norme, il est donc possible d'alimenter ces accessoires à partir de notre convertisseur.

Schéma de principe

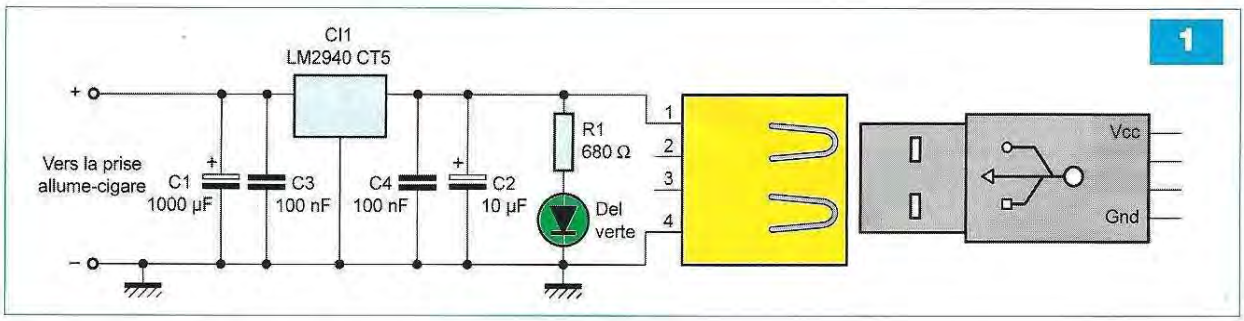
Le schéma de la **figure 1** est très simple. La tension issue de l'allume-cigare est filtrée par le condensateur C1 avant d'attaquer le régulateur de tension positive fixe CI1. L'astuce de cette réalisation consiste à employer, pour CI1, un composant à faible tension de déchet, contrairement au traditionnel 7805. Nous utilisons un LM2940-CT5, lequel restitue une tension de 5 V en sortie, même quand celle d'entrée ne dépasse pas 6 V. Le condensateur C2 effectue un dernier filtrage, alors que C3 et C4 découplent la tension au plus près de CI1. La Del atteste de la présence de la tension de sortie, elle est limitée en courant par la résistance R1. Seules les broches d'alimentation (1 et 4) de l'embase USB-A sont raccordées.

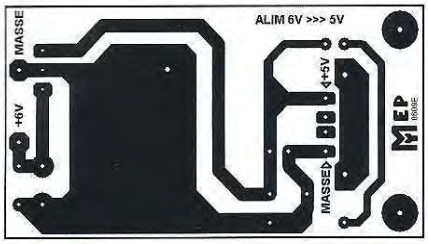
Réalisation

Le montage tient sur un minuscule circuit imprimé simple face de 30 mm x 57 mm. Le dessin du typon est donné sur la **figure 2** en vue de son transfert selon la méthode photographique. Après la gravure au perchlorure de fer, il convient de percer tous les trous à l'aide d'un foret de ø 0,8 mm. Il faut alors aléser certains trous à un diamètre supérieur, notamment pour les fixations de l'embase USB et pour CI1.

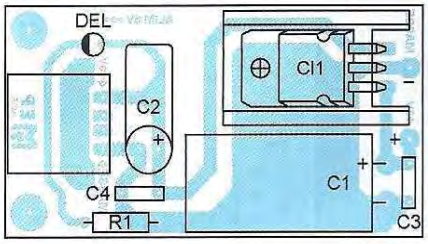
L'implantation des composants est donnée en **figure 3**. Malgré la simplicité du montage, accorder le plus grand soin à la réalisation. Souder les composants par ordre de taille pour un travail plus simple. Commencer par la résistance, l'embase USB, les condensateurs au mylar et les chimiques montés horizontalement, la Del et, enfin, le régulateur vissé sur son dissipateur thermique.

Avant le premier essai, livrez-vous à un contrôle minutieux des pistes et des composants, notamment ceux polarisés (valeurs et orientation) pour éviter





2



3

Nomenclature

Résistance 5%
R1 : 680 Ω (bleu, gris, marron)

Condensateurs
C1 : 1000 µF/25 V
C2 : 10 µF/25 V
C3, C4 : 100 nF

Semiconducteurs
DEL : Del 3 ou 5 mm verte
CI1 : LM2940-CT5

Divers
1 embase USB femelle 90° type « A » pour circuit imprimé
1 dissipateur thermique pour TO220 type ML26
Prise allume-cigare avec fusible incorporé
Fils souples
Visserie et boîtier

tout risque de court-circuit, coupure de piste, ou inversion de câblage.

Attention ! Aucune protection à diode contre les inversions de polarité n'est prévue afin de ne pas faire chuter la tension d'entrée. Par conséquent, prendre garde en soudant la prise allume-cigare ou en raccordant le convertisseur.

Le montage est prévu pour fonctionner à partir d'un véhicule, mais il est tout à fait possible d'opter pour une autre source (batterie, pile, alimentation, etc.). L'important est de ne pas dépasser les 14 V en entrée, et dans ce cas, d'augmenter éventuellement les dimensions du dissipateur thermique. Tout dépend de la charge.

Y. MERGY

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 : _____

Adresse : _____

Code Postal : _____ Ville-Pays : _____

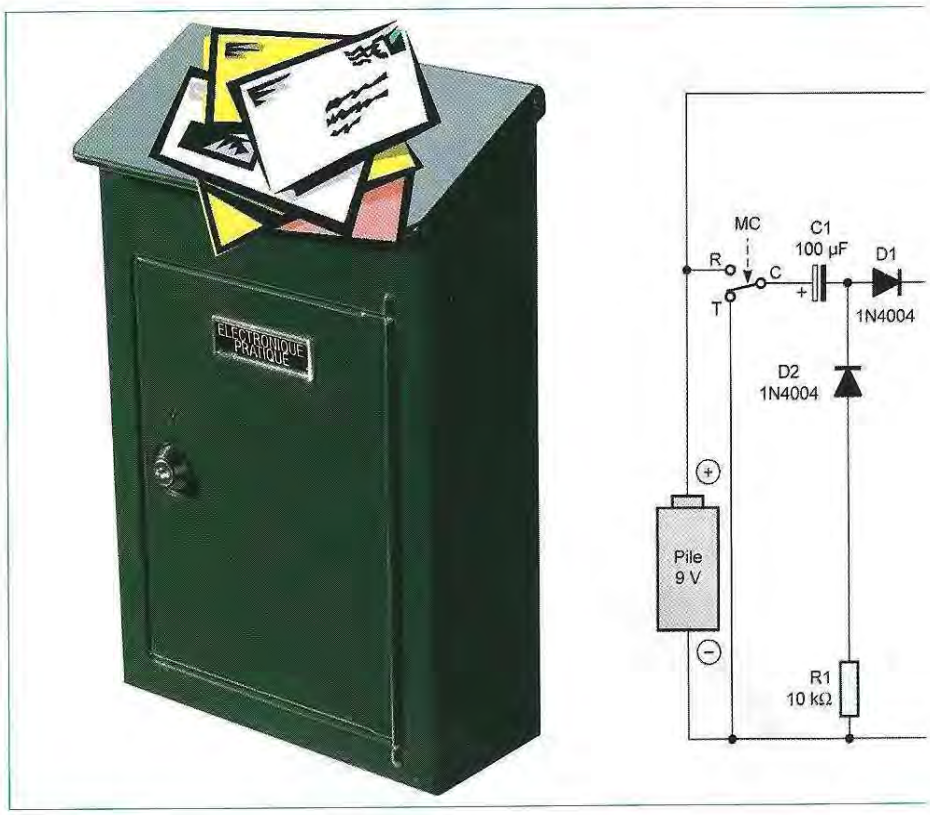
Tél. ou e-mail : _____

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

Boîte aux let

Grâce à ce montage, vous ne vous déplacerez plus inutilement jusqu'à votre boîte aux lettres pour voir si le facteur vous a déposé du courrier. La solution que nous vous présentons se prête particulièrement bien aux boîtes aux lettres installées à l'extérieur, près d'un portail d'entrée par exemple, à bonne distance de l'habitation elle-même.



Un type de boîte aux lettres convenant parfaitement à ce montage est celui doté d'un couvercle supérieur articulé. C'est d'ailleurs ce dernier que le facteur ouvre pour glisser un pli dans la fente prévue à cet effet, sur la face supérieure de la boîte. Le retrait du courrier s'effectue par une porte d'accès à serrure, par le devant.

Le principe

L'ouverture du couvercle supérieur agit sur un microcontact. Il s'ensuit une brève émission d'un signal HF codé et reçu par un récepteur installé à l'intérieur de la maison ou de l'appartement. Une suite de « bips » signalise aussitôt le passage du facteur.

Cette signalisation sonore cesse après quelques secondes, mais l'allumage d'une led indique en permanence que le récepteur a été actionné.

Pour effacer cette mémorisation, il suffit d'appuyer sur un bouton-poussoir pour que l'ensemble soit de nouveau armé pour une détection ultérieure.

L'émetteur installé dans la boîte aux lettres fonctionne avec une pile de 9 V. Si le couvercle n'est pas convenablement refermé (oubli de la part du facteur, pli de grandes dimensions empêchant la fermeture, etc.), la pile ne s'use pas pour autant.

En effet, un dispositif « temporisateur » neutralise le débit de la pile peu de temps après sa sollicitation.

Nous verrons ultérieurement comment adapter le dispositif mécanique de détection à une boîte aux lettres à couvercle rabattable frontal.

Le fonctionnement

Module « émetteur »

Alimentation

La source d'énergie est une pile de 9 V. Lorsque le couvercle de la boîte aux lettres est en position « normale » de fermeture, de par son poids, il agit sur le microcontact MC qui établit la liaison « Commun/Travail » (**figure 1**).

Le condensateur C1 est alors en position de décharge, par l'intermédiaire de R1 et de D2. Le potentiel auquel est soumise la base du transistor NPN/T1 est nul, si bien que ce dernier est en situation de blocage. Le potentiel au niveau de son collecteur est de 9 V.

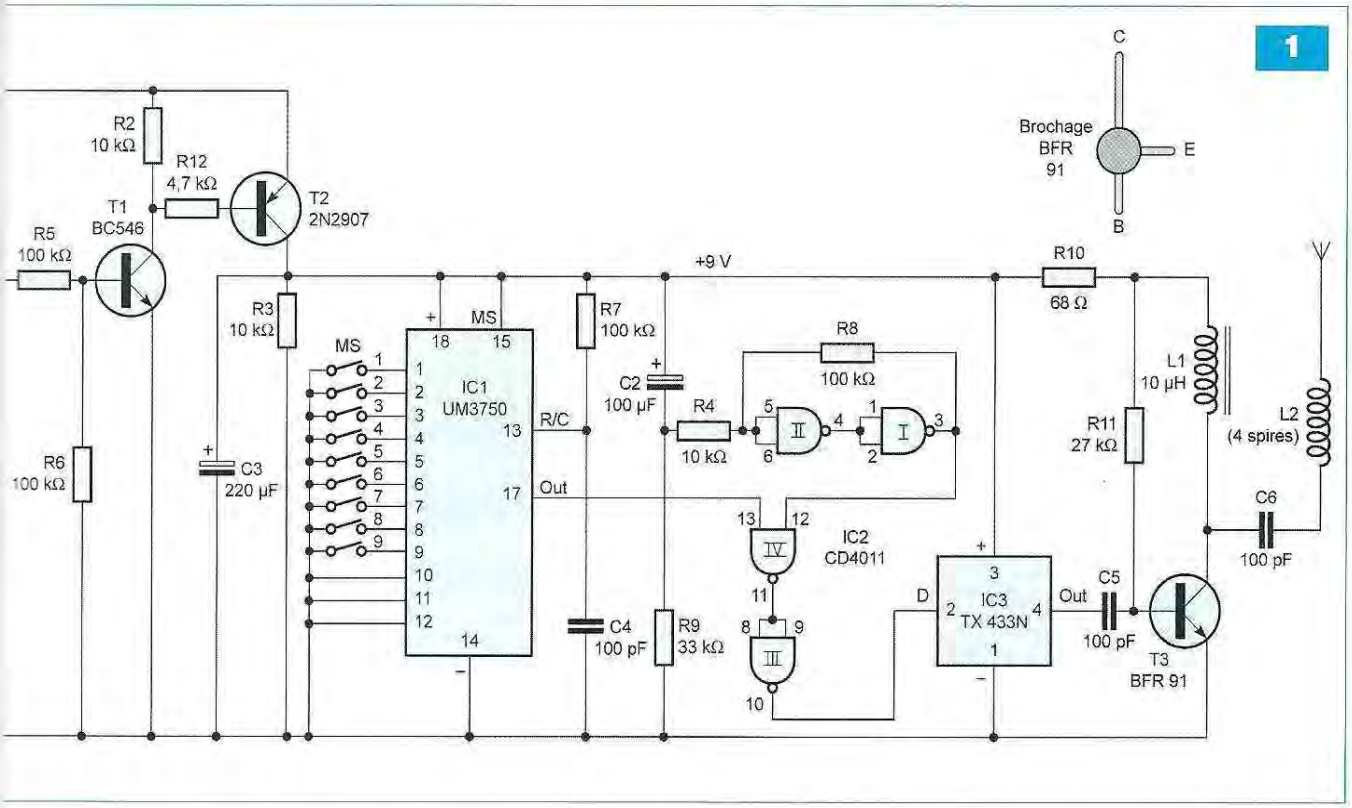
Le transistor PNP/T2 est également bloqué. Sa tension « collecteur » est nulle. Le module « émetteur » n'est pas alimenté et la pile ne fournit aucun courant.

Quand le couvercle de la boîte aux lettres est ouvert, le microcontact établit la liaison « Commun/Repos ».

Le condensateur C1 commence alors sa charge à travers D1, R5, R6 et la jonction base-émetteur de T1. Celui-ci se sature. Sa tension « collecteur » devient quasiment nulle, ce qui permet l'établissement d'un courant au travers de la jonction émetteur-base de T2, par l'intermédiaire de R12. Il en résulte un potentiel de 9 V sur l'armature « positive » de C3 pour assurer l'alimentation de l'émetteur. Le condensateur C3 a pour mission de filtrer cette tension d'alimentation étant donné que le débit exigé par l'étage de puissance HF est fortement influencé au niveau de ses variations par le codage.

En règle générale, l'opération d'ouverture et de fermeture du couvercle de la

tres « active »



boîte est très rapide : quelques secondes tout au plus. Cette durée suffit amplement à assurer l'émission du signal HF codé. Une fois le couvercle refermé, le microcontact revient sur sa position de repos : le condensateur C1 se décharge et l'ensemble est prêt pour un nouveau cycle éventuel.

Dans le cas où le couvercle n'est pas refermé, le condensateur C1 poursuit sa charge. Le potentiel sur son armature « négative » diminue progressivement. Après quelques dizaines de secondes, ce potentiel atteint une valeur trop faible pour assurer le maintien de la conduction de T1. Ce dernier se bloque. Il en est de même en ce qui concerne T2. L'alimentation du module « émetteur » cesse et le débit de la pile devient nul.

Encodage

À partir du moment où vous voulez réaliser une émission HF, il est absolument nécessaire de la coder. En effet, la bande des 433 MHz utilisée pour cette application est déjà relativement encombrée par toutes sortes de radiocommandes. Il ne faudrait surtout pas que le passage du facteur ait comme conséquence l'ouverture de la porte du garage de votre voisin...

L'encodage de l'émission HF revient à un circuit intégré spécialisé dans cette fonction : il s'agit de l'UM 3750, référencé IC1. Lorsque son entrée « Mode sélection » (broche n°15) est reliée à un état « haut », le circuit fonctionne en mode « encodage ». Il génère sur sa sortie « Out » (broche n°17) une suite continue de « mots » de treize bits. Compte tenu des valeurs de R7 et de C4, la période de succession de ces « mots » est de l'ordre de 10 ms. Le « mot » lui-même se caractérise par une durée d'environ 5 ms.

La structure du codage intègre, pour les douze derniers bits, les états auxquels sont soumises les entrées (1) à (12) du circuit intégré. Le premier bit, quant à lui, est destiné à l'initialisation du « mot ». Dans la présente application, les entrées (1) à (9) sont reliées à un groupe de neuf interrupteurs de programmation. Un interrupteur fermé soumet l'entrée concernée à un état « bas ».

Lorsque l'interrupteur est ouvert, l'entrée correspondante prend automatiquement le niveau « haut ».

Les entrées (10) à (12) sont reliées à l'état « bas » en permanence.

L'ensemble présente alors un nombre de possibilités de 2^9, soit 512, ce qui limite considérablement l es possibilités d'interférence avec une autre émission codée. De plus, même si un autre émetteur était calé sur la même programmation, son action sur le récepteur ne pourrait être efficace que dans la mesure où la fréquence de pilotage (T = 0,5 x R7 x C4, soit 5 µs/200 kHz) serait la même...

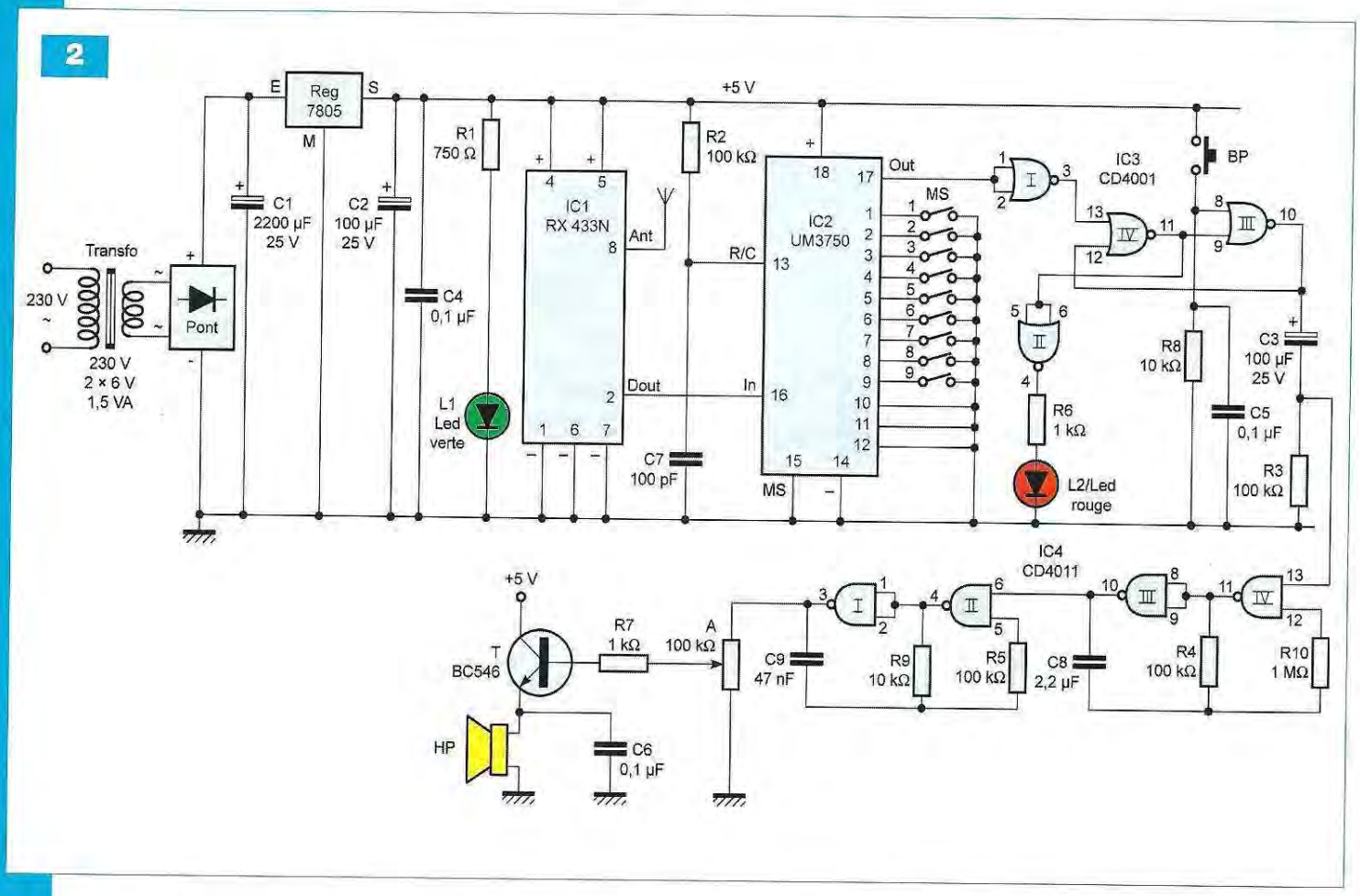
La sortie « Out » de IC1 présente ainsi une suite d'états « haut » et « bas » en respectant le principe suivant :

- bit de niveau 1 : 2/3 de période à l'état « bas », suivi de 1/3 à l'état « haut »
- bit de niveau 0 : 1/3 de période à l'état « bas », suivi de 2/3 à l'état « haut »

Limitation de la durée de l'émission codée

Dès l'établissement du potentiel d'alimentation, le condensateur C2 se charge à travers R9. Dans un premier temps, la tension sur l'armature « négative » est voisine de 9 V. Elle diminue progressivement au fur et à mesure de la charge du

2



condensateur. Au bout d'une durée de l'ordre de 2 s, elle atteint la valeur de la demi-tension d'alimentation. Le trigger constitué des portes NAND (I) et (II) de IC2, dont la sortie était jusqu'alors à l'état « haut », bascule : sa sortie passe à l'état « bas ».

L'ensemble constitué des portes NAND (III) et (IV) de IC2 se comporte comme une porte AND. Pendant les deux secondes qui suivent l'établissement du potentiel d'alimentation, la sortie de la porte NAND (III) délivre la réplique exacte du codage généré par IC1. Passé ce délai, cette sortie passe à l'état « bas » permanent.

Émission HF

Pour la réalisation de l'émission HF, nous avons sélectionné un module hybride préréglé : le TX 433 N.

Constitué d'un étage oscillateur fonctionnant à 433 MHz, il est stabilisé en fréquence par un résonateur à onde de surface. Il est actif à condition que son entrée de contrôle (broche n°2) soit soumise à un état « haut ». De ce fait, la porteuse HF à 433 MHz prend la forme exacte du codage BF en provenance du circuit encodeur. Cette porteuse est disponible sur la broche n°4. Rappelons que l'émission HF a une durée limitée seulement à deux secondes.

Afin d'augmenter la portée de l'émetteur, un étage amplificateur a été ajouté. Ce dernier s'articule autour du transistor HF/T3, un BFR 91, dont la base est polarisée par R10 et R11. Les signaux sont appliqués à la base de T3 par l'intermédiaire de C5. Le collecteur comporte dans son circuit une inductance L1 de 10 µH qui constitue une impédance de charge. Enfin, et par le biais de C6, les signaux HF amplifiés sont dirigés vers l'antenne émettrice en transitant par une seconde inductance L2. Elle est également destinée à conférer une charge inductive à cette sortie d'antenne.

Module « récepteur »

Alimentation

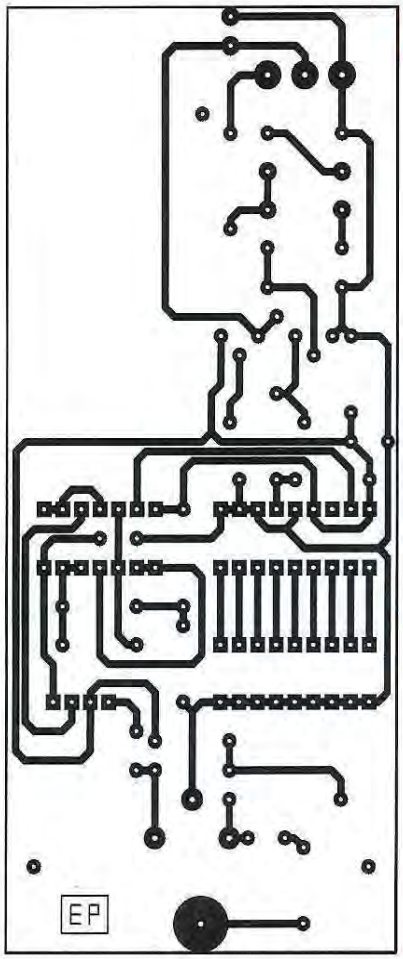
L'alimentation est extrêmement classique. S'agissant d'un montage destiné à fonctionner en poste fixe, l'énergie provient du secteur 230 V par l'intermédiaire d'un transformateur dont l'enroulement secondaire délivre une tension alternative de 12 V (**figure 2**).

Un pont de diodes redresse les deux alternances, tandis que C1 effectue un premier filtrage. En sortie du régulateur 7805, un potentiel continu et stabilisé à + 5 V est disponible. Cette valeur est imposée par la présence du module récepteur RX433N équipant le montage. Le condensateur C2 réalise un complément de filtrage, alors que C4 fait office de condensateur de découplage. Enfin, la led verte L1, dont le courant est limité par R1, signalise la mise sous tension du montage.

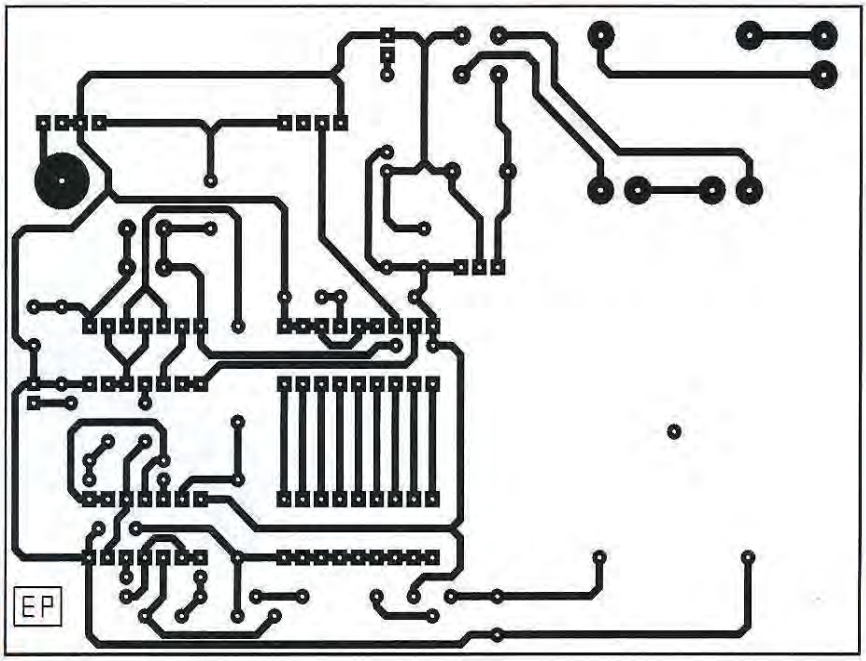
Réception HF

Le circuit IC1/RX 433 N est un bloc compact préréglé en usine et caractérisé par une sensibilité de 3 µV/m. Celle-ci est nettement augmentée en reliant la broche n°8 à une antenne dont la longueur optimale est de 17 cm.

Le module comporte deux sorties : une sortie « analogique » et une sortie « numérique » (broche n°2). Cette dernière four-



3



4

nit les mêmes signaux BF de codage que ceux qui caractérisent l'encodeur équipant l'émetteur.

Décodage

Le circuit IC2 est un UM 3750. Il est identique à celui qui équipe l'émetteur, à la différence près que son entrée « Mode sélection » est reliée à un état « bas ». De ce fait, il fonctionne en mode « décodeur ».

Les signaux BF issus de la sortie numérique de IC1 sont injectés sur l'entrée « In » (broche n°16) du décodeur. Les valeurs de R2 et de C7 doivent être les mêmes que celles qui équipent l'émetteur à 15 % près.

Si les interrupteurs de programmation sont positionnés exactement de la même façon que ceux de l'émetteur, la sortie « Out » (broche n°17) :

- passe à l'état « bas » si le codage des signaux BF reçus est conforme;
- reste à l'état « haut » dans le cas contraire.

Pour que les signaux BF soient reconnus conformes, il est nécessaire que quatre « mots » consécutifs le soient.

Il en résulte un délai de confirmation d'environ 40 ms, décalage quasi imperceptible par un observateur.

Mémorisation de la réception

Les portes NOR (III) et (IV) de IC3 sont montées pour former une bascule R/S (Reset/Set).

La sortie d'une telle bascule :

- passe à l'état « haut » stable pour tout état « haut » présenté sur son entrée 13
- passe à l'état « bas » stable pour tout état « haut » présenté sur son entrée 8

Lorsque la réception HF se solde par un contrôle de conformité positif, la sortie de la porte NOR (I) de IC3 présente un état « haut ». Il en résulte la mémorisation de la bascule R/S dont la sortie 10 passe à un état « haut » maintenu. La sortie 11 de la porte NOR (IV) passe alors à un état « bas », d'où l'apparition d'un état « haut » sur la sortie de la porte NOR (II).

La led rouge L2 s'illumine et signalise en permanence que ... le facteur vient de passer et a déposé du courrier. Pour l'éteindre, il suffira d'appuyer sur le bouton-poussoir BP. En effet, cette action soumet momentanément l'entrée « d'effacement » 8 de la bascule R/S à un état « haut ».

Signalisation sonore

Lorsque la sortie de la bascule R/S passe à l'état « haut », le condensateur C3 se charge à travers R3.

Dans un premier temps, le potentiel sur son armature négative est voisin de +9 V. Il décroît progressivement pour arriver à une valeur correspondant à la demi-tension d'alimentation, au bout de 7 s environ.

Cela revient à soumettre l'entrée 13 de l'oscillateur formé par les portes NAND (III) et (IV) de IC4, à un état pseudo « haut » pendant cette même durée. L'oscillateur est actif et délivre sur sa sortie 10 des créneaux de forme carrée caractérisés par une période d'environ 0,5 s, ce qui correspond à une fréquence de 2 Hz.

Pour chaque état « haut », l'entrée 6 d'un second oscillateur est également soumise à un état « haut ». Cet oscillateur génère des créneaux de fréquence beaucoup plus élevée (environ 1 kHz), qui est une fréquence musicale.

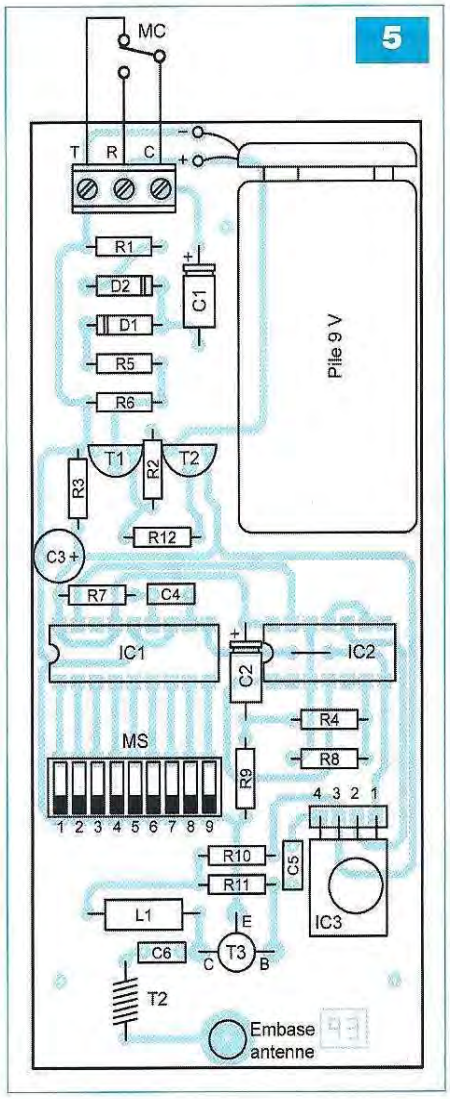
Suivant la position du curseur de l'ajustable A, une fraction de l'amplitude de ces signaux est prélevée pour être appliquée à la base du transistor T/BC546 monté en collecteur commun. Le haut-parleur émet alors une suite de « bips » dont l'intensité sonore est réglable. Cette émission subsiste pendant 7 s environ.

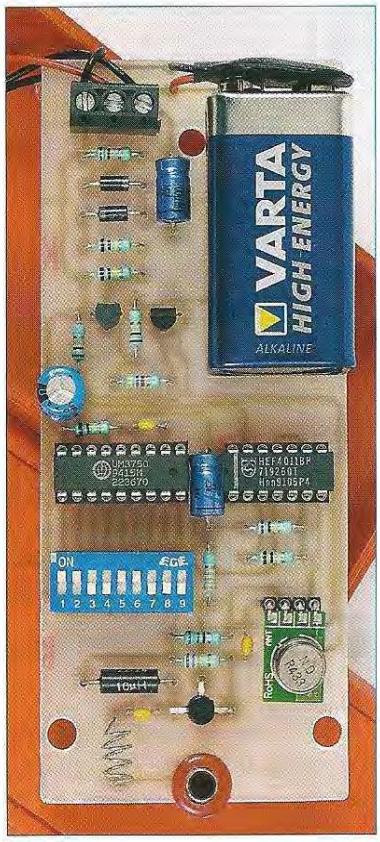
La réalisation

Les modules

Les **figures 3** et **4** représentent les deux circuits imprimés des modules.

Peu de remarques sont à faire à leur sujet. Il est cependant conseillé de se





A

C

Nomenclature

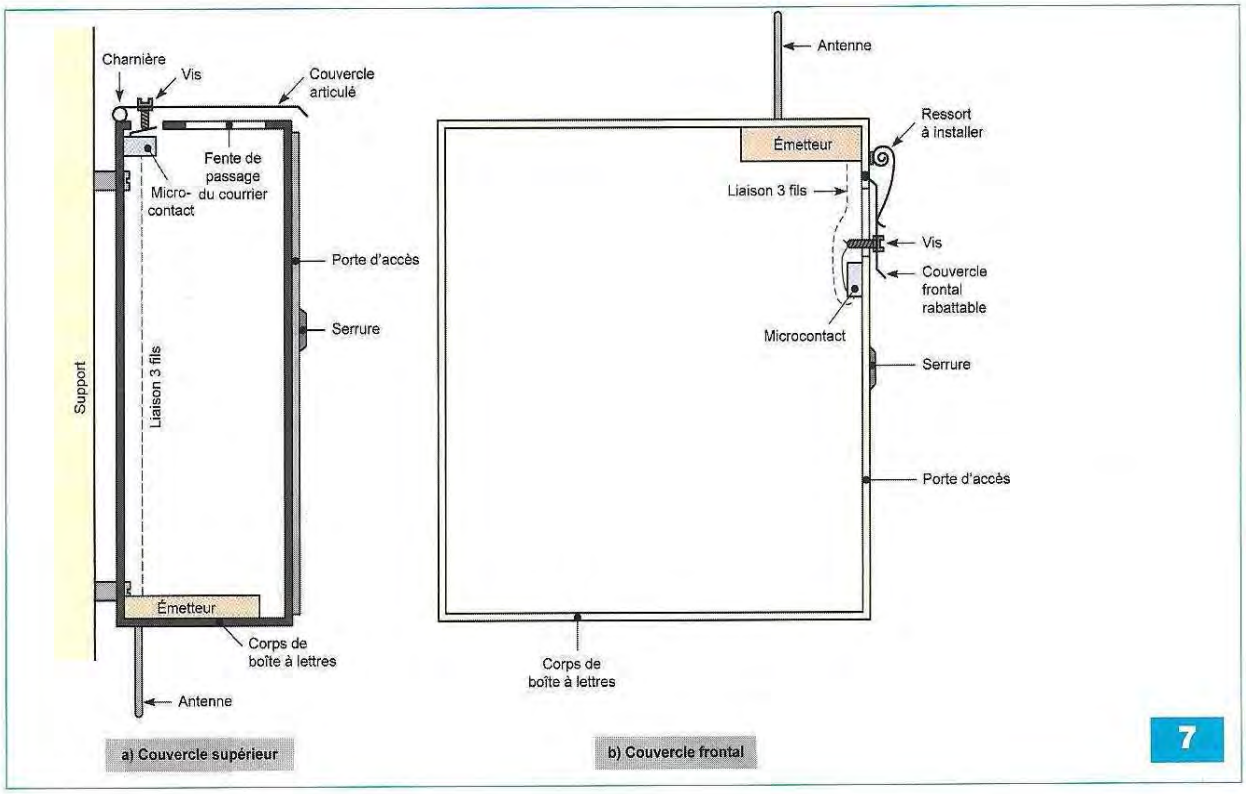
MODULE « ÉMETTEUR »

Résistances
R1 à R4 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R5 à R8 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R9 : 33 kΩ (orange, orange, orange)
R10 : 68 Ω (bleu, gris, noir)
R11 : 27 kΩ (rouge, violet, orange)
R12 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)

Condensateurs
C1, C2 : 100 µF/25 V
C3 : 220 µF/25 V
C4, C5, C6 : 100 pF

Semiconducteurs
D1, D2 : 1N 4004
T1 : BC 546
T2 : 2N 2907
T3 : BFR 91
IC1 : UM 3750
IC2 : CD 4011
IC3 : TX 433 N - Émetteur 433 MHz (Welleman/Saint-Quentin Radio)

Divers
1 strap
L1 : inductance 10 µH
L2 : inductance (voir texte)
Bornier soudable 3 plots
Pile 9 V
Coupleur de pile
2 supports 18 broches
1 support 14 broches
MS : groupe de 9 interrupteurs « dual in line »
Barrette 4 broches
Embase « banane »
Antenne
MC : micro-contact C/R/T (extérieur au module)



Nomenclature

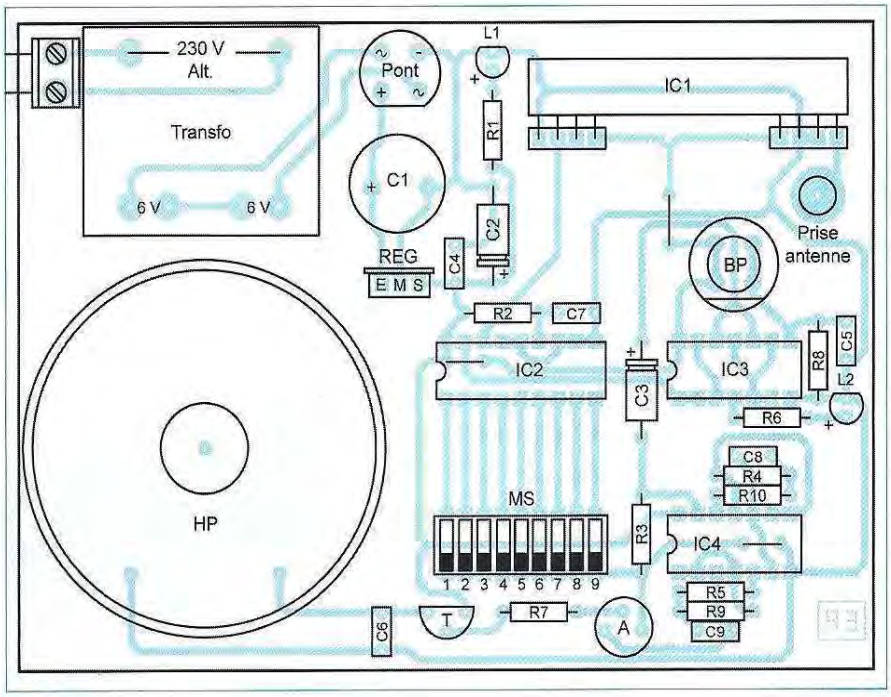
MODULE « RÉCEPTEUR »

Résistances
R1 : 750 Ω (violet, vert, marron)
R2 à R5 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
R6, R7 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R8, R9 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R10 : 1 MΩ (marron, noir, vert)
A : ajustable 100 kΩ

Condensateurs
C1 : 2200 µF/25 V
C2, C3 : 100 µF/25 V
C4, C5, C6 : 0,1 µF
C7 : 100 pF
C8 : 2,2 µF
C9 : 47 nF

Semiconducteurs
L1 : Led verte ø 3 mm
L2 : Led rouge ø 3 mm
T : BC 546
IC1 : RX 433 N - Récepteur (Welleman/Saint-Quentin Radio)
IC2 : UM 3750
IC3 : CD 4001
IC4 : CD 4011
REG : 7805
Pont de diodes

Divers
3 straps (2 horizontaux, 1 vertical)
Bornier soudable 2 plots
Transformateur 230 V/2 x 6 V/1,5 VA
2 barrettes 4 broches
Embase « banane »
Antenne
BP : bouton-poussoir
2 supports 18 broches
2 supports 14 broches
MS : groupe de 9 interrupteurs « dual in line »
HP : haut-parleur 4/8 Ω (ø 50)



6

D

B

procurer les composants avant leur gravure. Cette précaution permet d'apporter d'éventuelles modifications aux tracés si le dimensionnement de certains composants venait à différer des modèles utilisés.

Les plans d'insertion des composants font l'objet des **figures 5, photo A** pour l'émetteur et **figure 6, photo B** pour le récepteur. Respecter l'orientation des composants polarisés.

Pour réaliser l'inductance L2, enrouler autour d'une tige de ø 4 mm, quatre spires (jointives dans un premier temps) de fil émaillé de 0,5 à 0,8 mm. Ensuite, écarter régulièrement les spires l'une de l'autre de manière à former une bobine de 10 mm de longueur.

Attention : ne pas oublier de réaliser une programmation identique des interrupteurs des deux modules.

Le module RX 433 N comporte une inductance munie d'un noyau à vis (**photo C**). Le réglage a été effectué en usine. Normalement, il n'y a donc pas lieu d'y toucher. Toutefois, il est possible d'obtenir, dans certains cas, une meilleure portée en tournant légèrement la vis de réglage dans un sens ou dans l'autre, par tâtonnements successifs.

Avec la présence d'un étage amplificateur HF sur l'émetteur, la portée est relativement importante. Elle peut atteindre près de 300 m en extérieur et être légèrement plus faible en intérieur.

Fixation de « l'émetteur » dans la boîte aux lettres

La **figure 7** illustre deux exemples du montage possible du module « émetteur » dans la boîte aux lettres.

Rappelons qu'en position de fermeture du couvercle, le microcontact doit être comprimé pour réaliser la liaison « Commun/Travail ».

Il est préférable d'introduire le module « émetteur » dans un boîtier protecteur (**photo D**). L'antenne peut indifféremment être orientée vers le haut ou vers le bas.

R. KNOERR

ÉCOUTER SES FICHIERS MUSICAUX EN HAUTE-FIDÉLITÉ

Convertisseur numérique-analogique pour interface USB

S'il est devenu commun d'écouter de la musique au départ de son ordinateur, on ne peut pas prétendre que la restitution musicale soit de grande qualité.

Cet article étudie la mise en œuvre d'une interface USB-audio aux caractéristiques équivalentes à celles du disque compact. Equipée de transformateurs de sortie, l'isolation entre l'ordinateur et la chaîne « audio » est totale et garantit une restitution exempte de parasites.

Le PCM2702

Ce projet met en œuvre le circuit PCM2702 de Burr-Brown (Texas Instruments). Ce « CNA » (« DAC » pour les Anglophiles), dédicacé à l'interface USB, convertit une chaîne de seize bits en signal « audio » stéréophonique (**figure 1**).

La logique embarquée lui permet de « prendre la main » de la sortie « audio » dès la mise en route de l'ordinateur.

Ce circuit est assez complet : compatible avec la norme USB 1, il comprend une unité de **recouvrement et d'asservissement de la période d'échantillonnage,** un **suréchantillonnage** à huit fois et un **filtre passe-bas** en sortie pour chaque canal. Son seul désavantage pour l'amateur est d'être proposé uniquement en boîtier SSOP, donc assez délicat à souder.

Pour y voir un peu plus clair...

Norme USB

L'interface USB est une interface « série ». Physiquement, elle communique via le connecteur à quatre broches bien connu de nos lecteurs. La configuration est la suivante :

- Broche 1 : D+
(entrée différentielle positive)
- Broche 2 : D-
(entrée différentielle négative)
- Broche 3 : +5Vdc
Alimentation du périphérique, 500 mA maximum
- Broche 4 : 0V

Cette interface se décline (à ce jour) en trois modes de communications supportant les débits suivants :

- USB 1.1 – Vitesse « basse » (*Low speed*) – 1,5 MB/sec
- USB 1.1 – Vitesse « rapide » (*Full speed*) – 12 Mb/sec
- USB 2.0 – Vitesse « haute » (*High speed*) – 480 Mb/sec

Pour la norme USB 1.1, le choix de la vitesse est déterminé par le périphérique au moyen d'une résistance de 1,5 kΩ reliant la broche « D- » pour la vitesse lente et « D+ » pour la vitesse rapide.

Dans notre projet, cette résistance (R2) est reliée entre l'alimentation +3,3 Vdc et la broche 1 (D+), ce qui imposera la vitesse rapide.

Dès la mise en fonction du périphérique, celui-ci communique ses caractéristiques à l'ordinateur et s'impose comme unité logique. C'est pourquoi le PCM2702 prend le contrôle de la restitution « audio » dès la mise sous tension.

Recouvrement et asservissement de la période d'échantillonnage

Le PCM2702 est compatible avec plusieurs fréquences d'échantillonnage : 44,1 kHz, 48 kHz et 38 kHz. De plus, il y a toujours un glissement inévitable entre les horloges du PC et celle du décodeur.

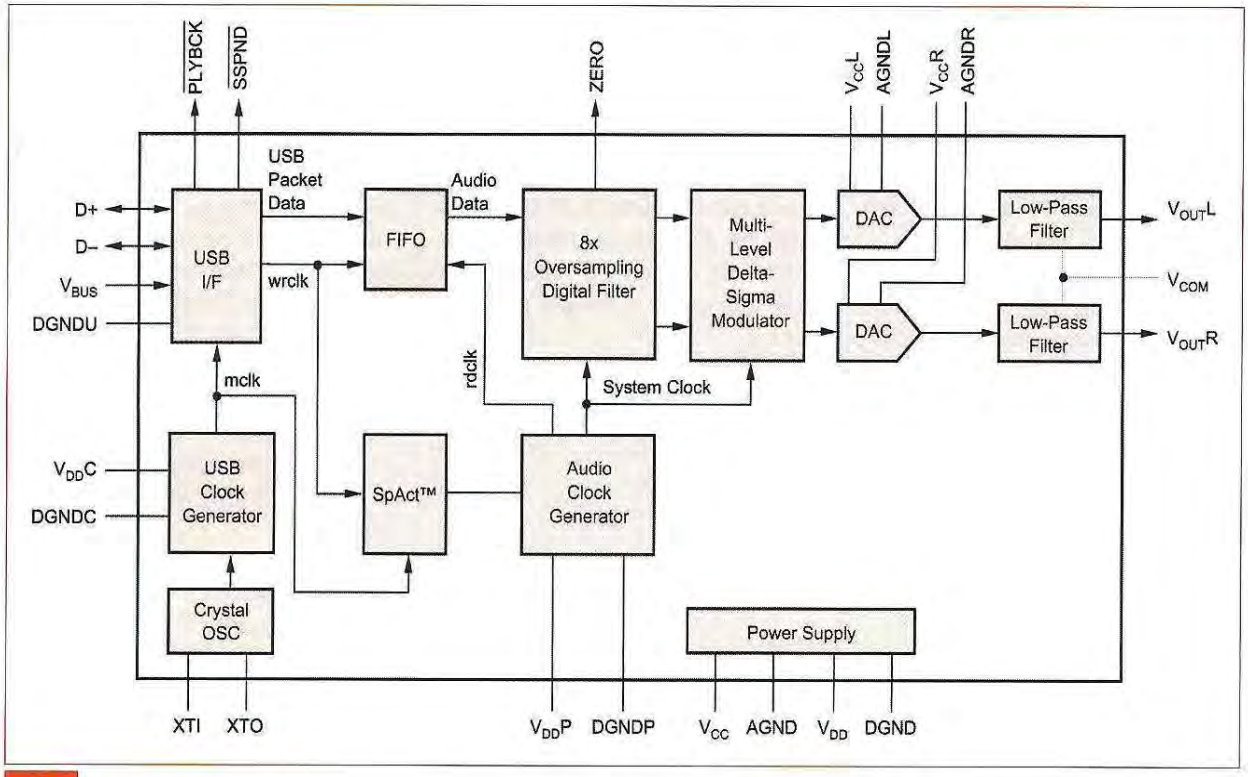
Pour pallier ces problèmes, le circuit embarque une unité de détection et d'asservissement de la période d'échantillonnage, c'est le module « SpAct » (*Sampling period Adaptative controlled tracking*).

Ce module produit une fréquence d'échantillonnage synchronisée par asservissement de phase (PLL), bien stable et exempte de gigue (Jitter).

Le suréchantillonnage

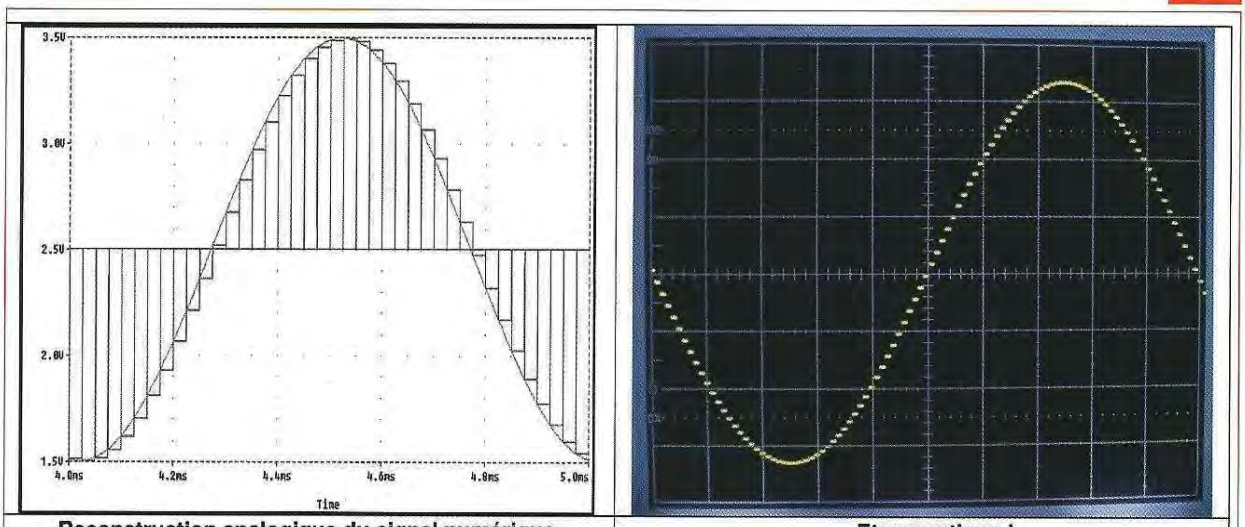
À la fin des années 70, lorsque le CD fut mis au point, la fréquence d'échantillonnage « fe » fut fixée à 44,1 kHz faute de composants performants à cette époque.

Le théorème de Nyquist-Shannon (nommé d'après Harry Nyquist et Claude Shannon) énonce que la fréquence d'échantillonnage d'un signal doit être égale ou supérieure au



1

2



Reconstruction analogique du signal numérique | **... Et en pratique !**

double de la fréquence maximale contenue dans ce signal, afin de convertir ce signal d'une forme analogique à une forme numérique.

Cette fréquence « fe » de 44,1 kHz limite donc la restitution du signal à la fréquence maximale de fe/2, soit 22,05 kHz.

En regardant de près le spectre de la restitution du signal, on constate qu'en plus de la bande de 0 à 22,05 kHz, s'ajoute la fréquence d'échantillonnage à 44,1 kHz, modulée de deux bandes latérales qui s'étendent chacune à 22,05 kHz de part et d'autre de « Fe », suivie des harmoniques de la fréquence d'échantillonnage affublée de ses bandes latérales !

Cet échantillonnage à 44,1 kHz crée des interactions qui sont un crénelage important (*staircasing*) et un repliement inévitable (*aliaising*).

Le crénelage est le résultat de la restitution par paliers du signal (**figure 2**). Dans le domaine fréquentiel, on constatera que le crénelage produit un spectre en peigne qui s'étend théoriquement à l'infini. Si l'oreille humaine est insensible au crénelage, le peigne commençant à la fréquence 44,1 kHz, les circuits électroniques le sont beaucoup moins et il importe de filtrer les indésirables.

Le repliement est la conséquence de l'intermodulation entre une fréquence de la bande utile et sa fréquence image (parasite) issue de la bande latérale inférieure.

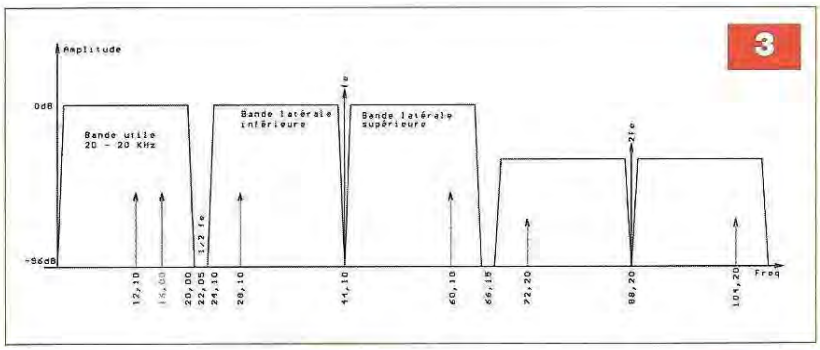
Petit exemple : supposons un signal à 16 kHz, la technique d'échantillonnage produit quantité d'autres fréquences, à savoir :

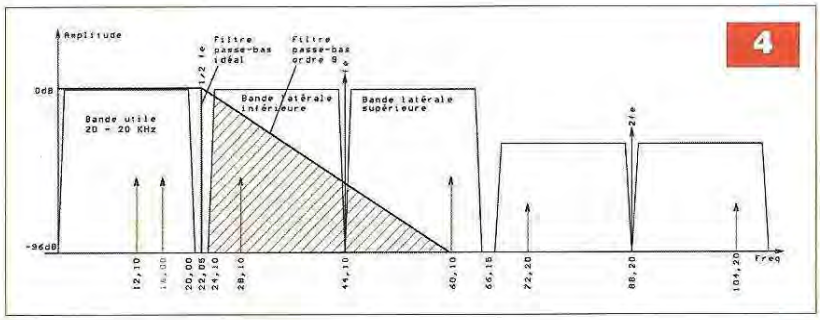
- la fréquence image « basse » est à 44,1 kHz – 16 kHz = 28,1 kHz,

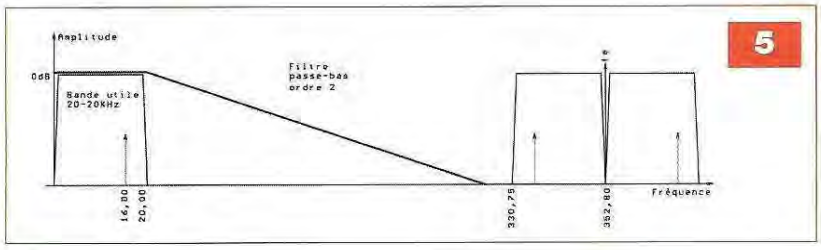
- la fréquence image « haute » est à 44,1 kHz + 16 kHz = 60,10 kHz, 72,20 kHz, 104,20 kHz et suivantes.
L'intermodulation du 16 kHz et du 28,1 kHz engendre une nouvelle fréquence indésirable dans la bande audio : 28,1 kHz – 16 kHz = 12,1 kHz (**figure 3**).

Remarque. Il existe quantité d'autres nouvelles fréquences générées résultant des divers produits d'intermodulation, mais nous avons conservé le seul 12,1 kHz pour l'explication.

Nous comprenons immédiatement que pour pallier les problèmes de crénelage et de repliement, il y a lieu d'éliminer drastiquement les fréquences supérieures à 22,05 kHz.
Mais pour conserver la linéarité de la bande « audio » jusqu'à 20 kHz et éliminer les fréquences supérieures à 22,05 kHz, il faut un filtrage d'un ordre impossible à réaliser pratiquement.
La **figure 4** présente l'action d'un filtre d'ordre (8). Nous constatons que le problème d'intermodulation est identique, car la fréquence « image » n'a pas été supprimée.
C'est là qu'intervient le suréchantillonnage. Cette technique consiste à interpoler une série de nouveaux échantillons entre les échantillons initiaux. Ainsi, un suréchantillonnage à deux fois double le nombre de points et propulse la fréquence d'échantillonnage « fe » à « 2fe » ou 88,2 kHz.
Cet artefact supprime la fréquence d'échantillonnage originelle « fe » de 44,10 kHz et ses bandes latérales. Comme on peut le voir sur la figure 4, un filtre d'ordre (8) éliminera déjà ce problème.
Toutefois, le PCM2702 propose un suréchantillonnage à huit fois, ce qui recule la fréquence d'échantillonnage à « 8fe » ou 352,80 kHz. Dans ce cas, un simple filtre d'ordre (2) suffit à éliminer les bandes parasites (**figure 5**).

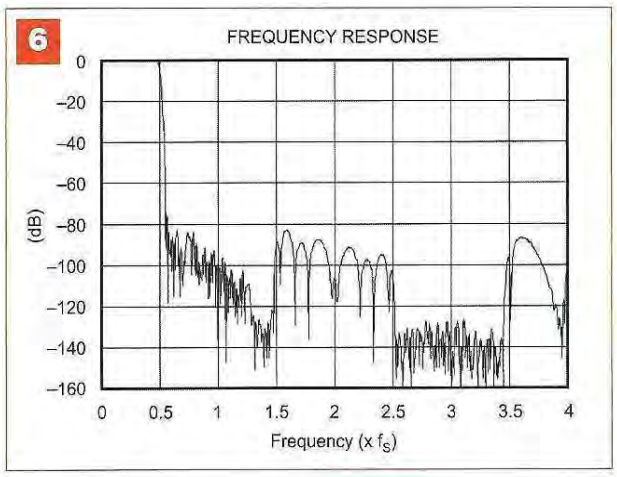


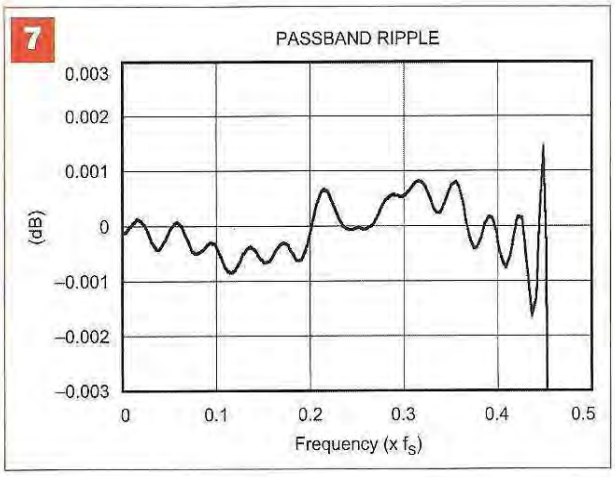


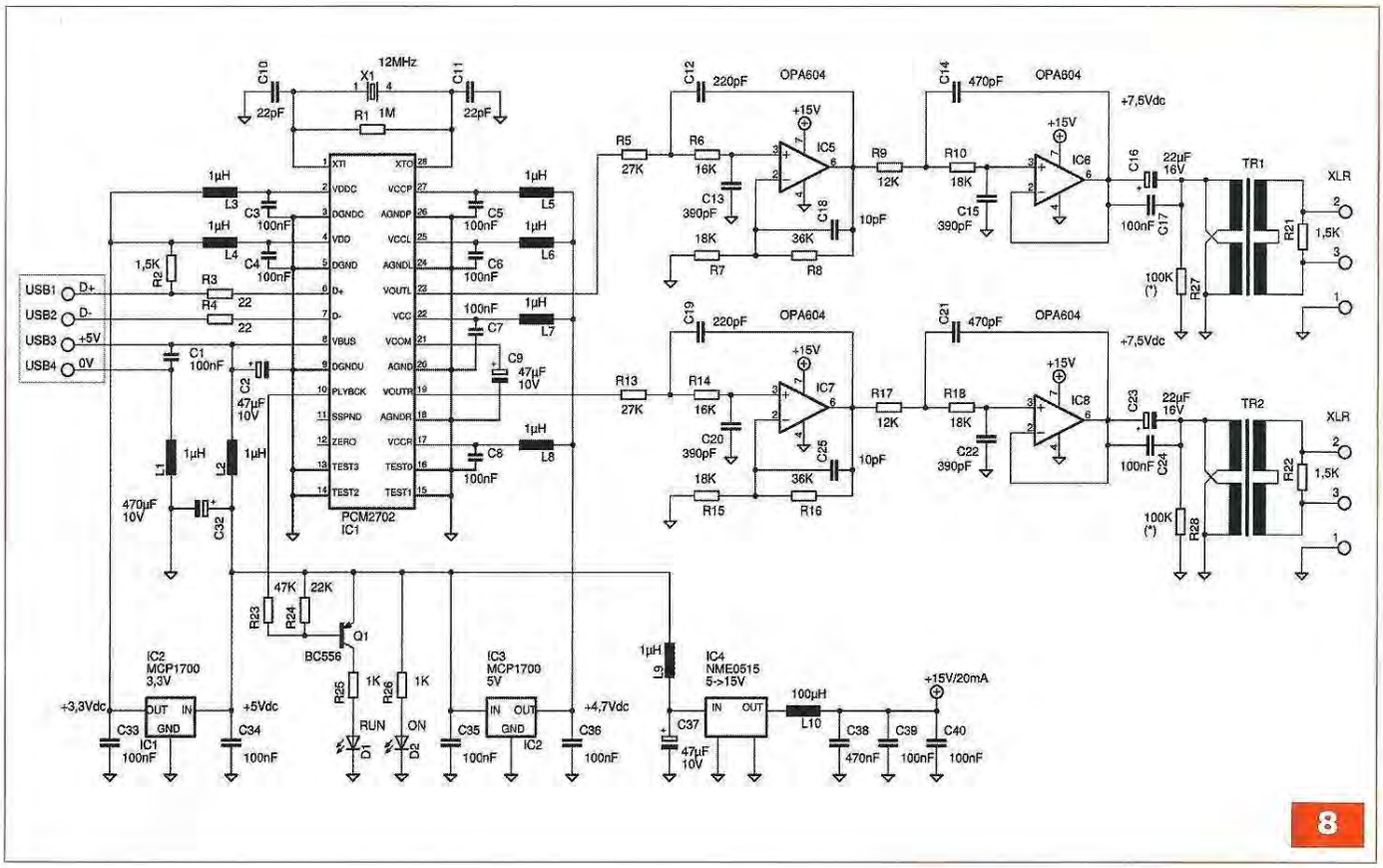


Le filtre passe-bas

On s'en doute, tout ce qui précède génère quantité de signaux parasites dont le moindre n'est pas le bruit de quantification. Le PCM2702 est équipé d'un filtre passe-bas numérique à capacités commutées : atténuation supérieure à 80 dB à la fréquence de coupure située à 1,2 fois la fréquence maximale passante. De plus, l'ondulation au sein de la bande ne dépasse pas ± 0,002 dB (**figures 6** et **7**).
Nous verrons qu'une seconde banque de filtres analogiques sera nécessaire pour parvenir à bout du bruit. Un dernier mot sur les alimentations : l'alimentation de la partie numérique nécessite une tension de + 3,3 Vdc et les circuits de sortie une tension de + 5 Vdc.







8

Le schéma

Le PCM2702 est configuré comme préconisé dans la datasheet (**figure 8**). L'alimentation est assurée par l'ordinateur via le « plug » USB. Le + 5 Vdc peut débiter jusqu'à 500 mA. Pour ce module, il s'établit à 125 mA .

Le + 3,3 Vdc est fourni par le régulateur MCP1700-3302 (IC2), la consommation de la partie numérique du « chip » est de 30 mA. Le MCP1700-5002 (IC3) alimente les circuits de sortie en + 4,7 Vdc sous un courant de 20 mA.

La broche (10) passe à 0 V en présence d'un « train » de données en entrée aux broches (6) et (7).

Ce signal pilote la DEL D1 « RUN » qui s'illumine lorsqu'un signal « audio » est présent en sortie.

La DEL D2 est activée dès la mise sous tension.

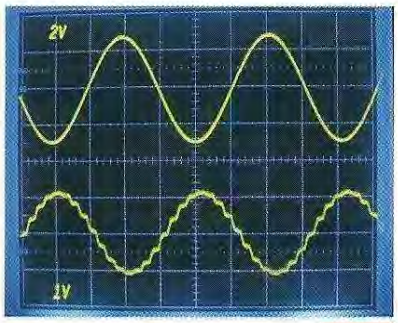
Les sorties « audio » en broches (19) et (23) sont routées vers les filtres analogiques.

Nous avons opté pour des filtres passe-bas Butterworth d'ordre (4) d'une fréquence de coupure à 24,5 kHz à - 3 dB. L'atténuation à 20 kHz est inférieure à 1 dB. De plus, la sortie est isolée galvaniquement par un transformateur de sortie à basse impédance. Ces précautions sont indispensables. En effet, l'ordinateur est une source importante de perturbations électriques en tous genres. Le rapport signal/bruit final est supérieur à 90 dB (**figure 9**).

Les filtres sont alimentés en + 15 Vdc. Leur gain est de 10 dB. Comme le PCM2702 sort un signal de 3,1 Vpp au maximum, la sortie du filtre fait 9 Vpp pour piloter le transformateur de sortie. Ce dernier est un petit transformateur d'alimentation torique d'une puissance de 1,6 VA. Sa bande passante est exceptionnelle : 5 Hz à 100 kHz à – 1 dB. Le rapport primaire 115 V – secondaire 44 V est de 2,6 à 1. La sortie « flottante » d'une impédance inférieure à 1000 Ω conviendra à toutes les entrées symétriques d'impédances supérieures à 10 kΩ. Cette configuration permet l'utilisation de câbles de liaisons assez longs.

L'alimentation en + 15 Vdc est fournie par le module DC-DC NME0515 de Murata. Il peut débiter 60 mA au maximum. La consommation des filtres est de 20 mA.

La carte est alimentée par l'ordinateur et ne nécessite pas d'alimentation extérieure.



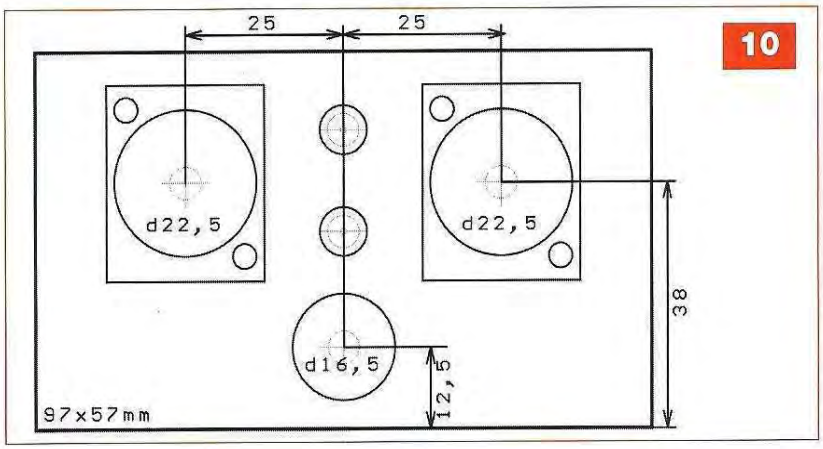
9

Mise en œuvre

La mécanique

Nous avons utilisé le boîtier L-630 de Elbomec. De dimensions compactes 100 x 133 x 60 mm, il convient idéalement à l'application. Tous les perçages sont réalisés *in situ* en fonction des divers éléments.

Le plan en **figure 10** est donné pour mémoire. Il est préférable de réaliser la partie mécanique en se servant des cartes vierges et de ne commencer le montage qu'après s'être assuré que les deux cartes se positionnent sans problème.



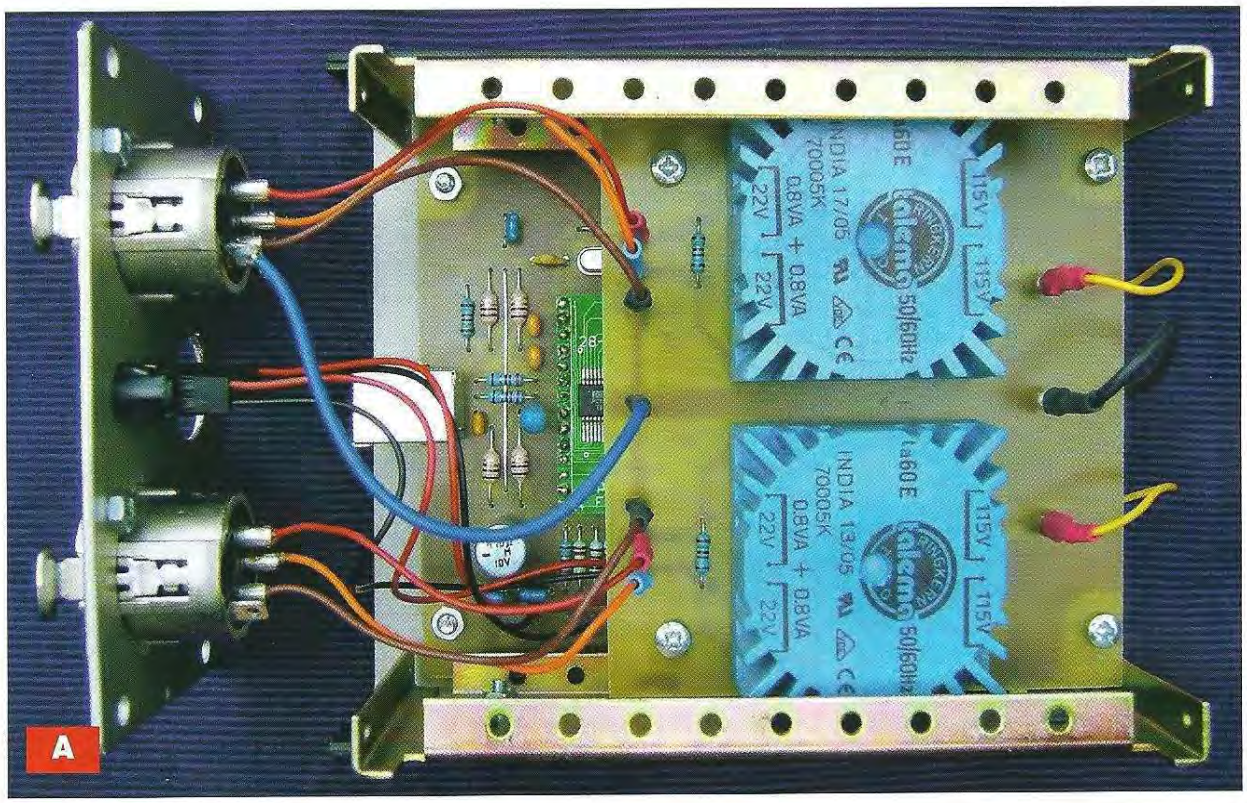
10

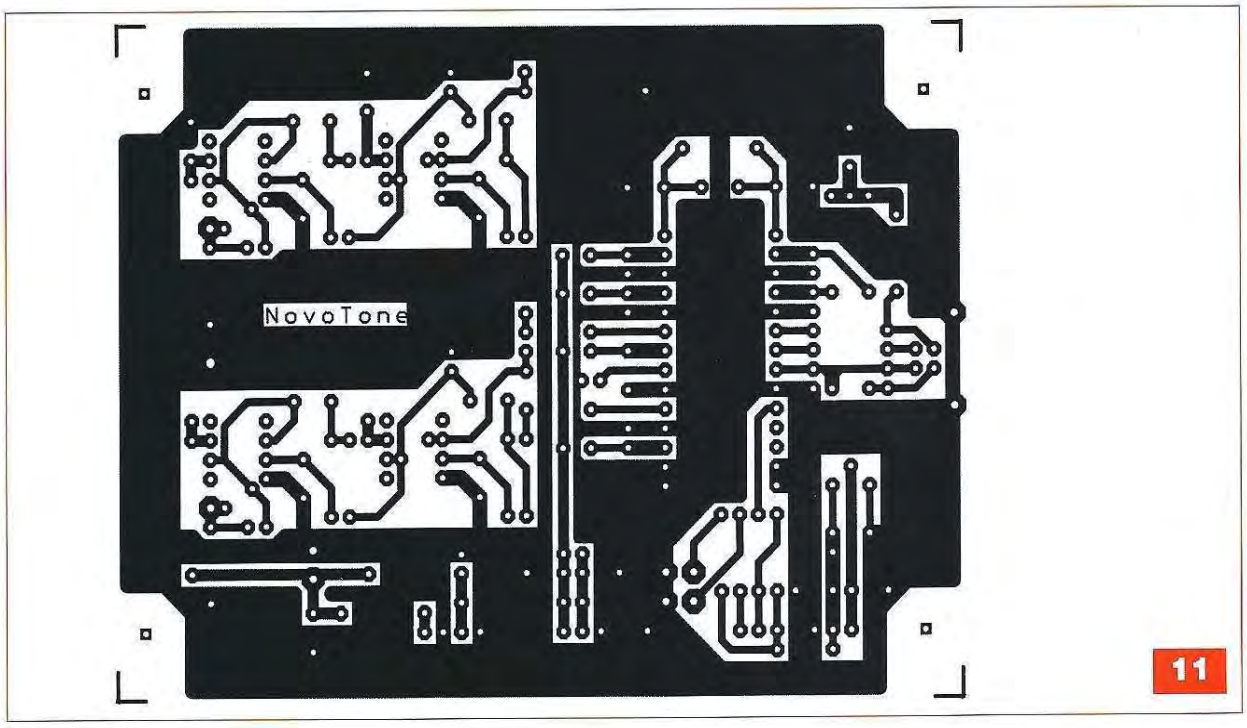
La carte « interface » est fixée par quatre entretoises M3 M-M de 5 mm sur le châssis inférieur. La carte des transformateurs est montée en gigogne sur quatre entretoises M3 M-M de 15 mm.

Seule la face avant est percée (figure 10 et **photo A**). Pour rappel il n'y a pas d'alimentation extérieure.

Les circuits imprimés

La carte interface DAC est autonome et comprend tous les éléments actifs du projet (**figure 11**). Le circuit


A



11

Nomenclature

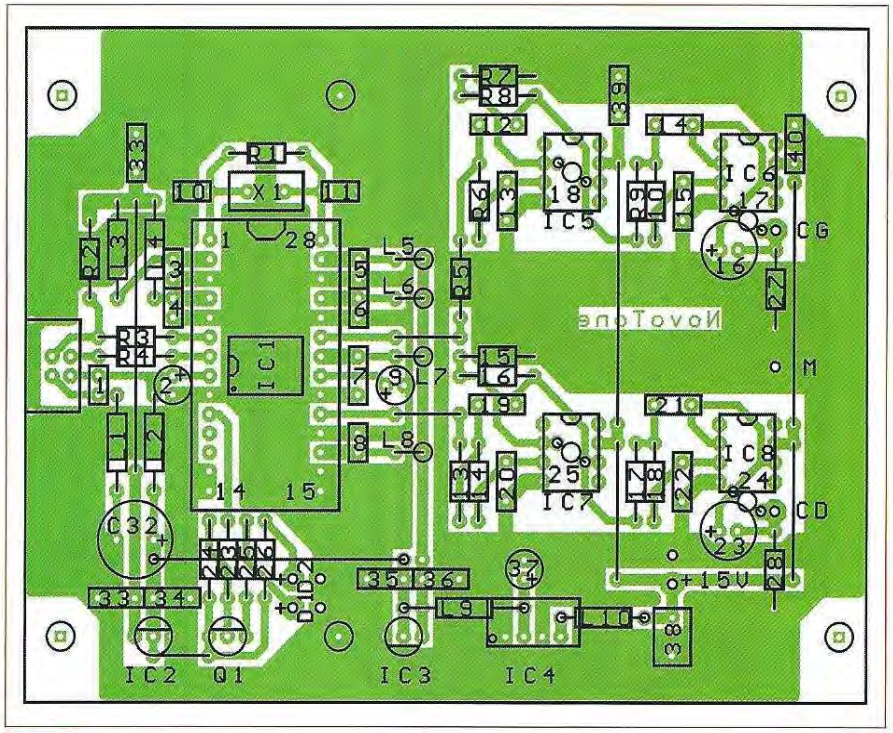
CARTE DAC USB - AUDIO

Résistances ± 1 % - 1/4 W
R1 : 1 MΩ
R2, R21, R22 : 1,5 kΩ
R3, R4 : 22 Ω
R5, R13 : 27 kΩ
R6, R14 : 16 kΩ
R18, R16 : 36 kΩ
R9, R17 : 12 kΩ
R7, R10, R15, R18 : 18 kΩ
R23 : 47 kΩ
R27, R28 (voir texte) : 100 kΩ
R24 : 22 kΩ
R25, R26 : 1 kΩ

Condensateurs
C1, C3, C4, C5, C6, C8 : 100 nF/50 V
C7, C17, C24, C33, C34, C35, C36, C39, C40 : 100 nF/50 V
C2, C9, C37 : 47 µF/10 V Tantale
C10, C11 : 22 pF/100 V
C12, C19 : 220 pF/100 V
C14, C21 : 470 pF/100 V
C13, C15, C20, C22 : 390 pF/100 V
C16, C23 : 22 µF/16 V
C18, C25 : 10 pF/100 V
C32 : 470 µF/10 V
C38 : 470 nF/50 V

Semiconducteurs
D1 : Run Del rouge 2 mA
D2 : On Del verte 2 mA
IC1 : PCM2702
IC2 : MCP1700-3302
IC3 : MCP1700-5002
IC4 : NME0515
IC5, IC6, IC7, IC8 : OPA604

Divers
L1 à L9 : 1 µH
L10 : 100 µH
TR1, TR2 : Talema 70005K (voir texte)
10 picots + cosses 1,3 mm
4 entretoisee M3 M-M 5 mm
4 entretoise M3 M-M 15 mm
2 contact + fils Led
2 socles LED 5 mm pour châssis
1 boîtier Elbomec LC630
1 interface SSOP28-DIL28
1 circuit imprimé DAC USB
1 circuit imprimé sorties
1 socle USB-B
2 XLR 3 contacts pour châssis



12

B

PCM2702 est monté sur une petite carte « interface DIP » à vingt-huit contacts (**photo B**). Cet artefact nous épargne l'opération (oh combien hasardeuse !) du soudage du circuit SSOP dont les pattes de 0,30 mm de large sont espacées de 0,65 mm !

Sont soudés côté cuivre : les selfs L9 et L10, les condensateurs C18 et C25, le pontage C32-C35.

Les deux résistances R27 et R28 ne sont pas indispensables. Elles servent à fixer la sortie au potentiel de la masse en l'absence des transformateurs de sortie (**figure 12**).

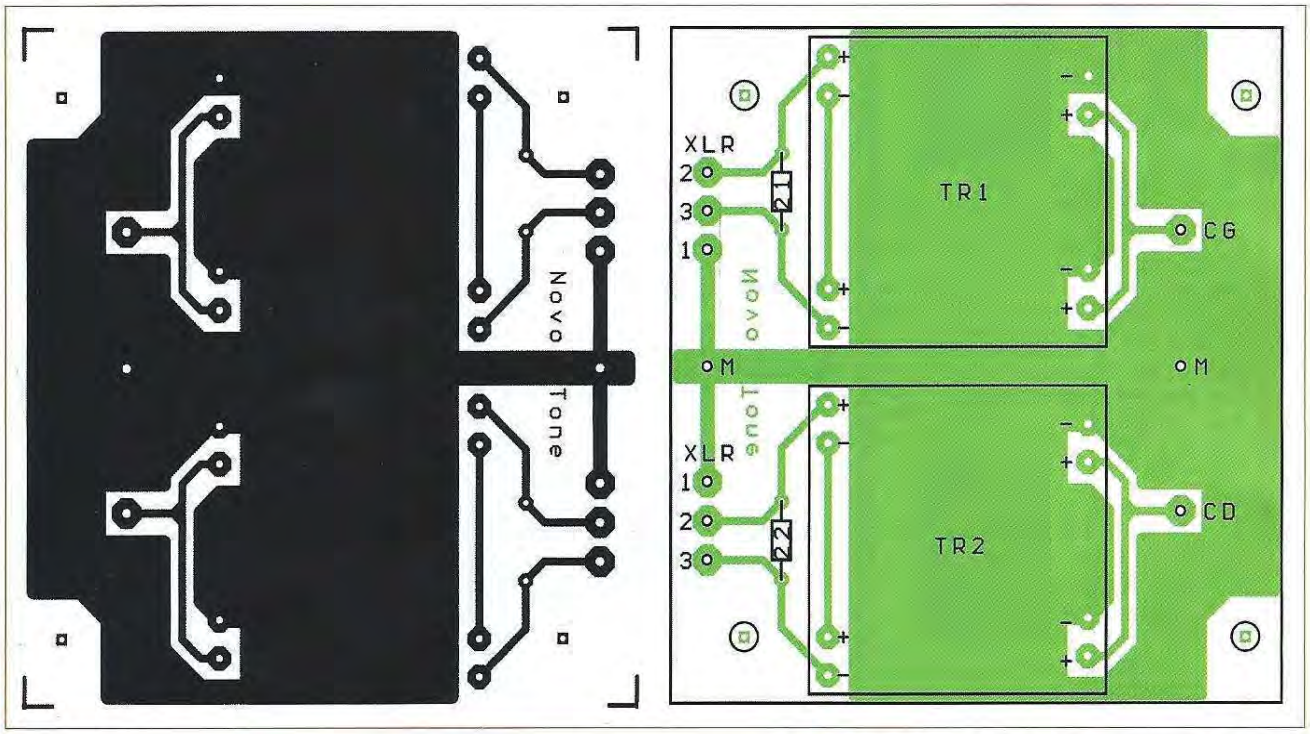
Le montage effectué, il n'y a pas de réglage et la carte est immédiatement opérationnelle.

Dès la mise sous tension de l'ordinateur, les trois alimentations s'activent et le protocole de reconnaissance de la carte s'effectue automatiquement.

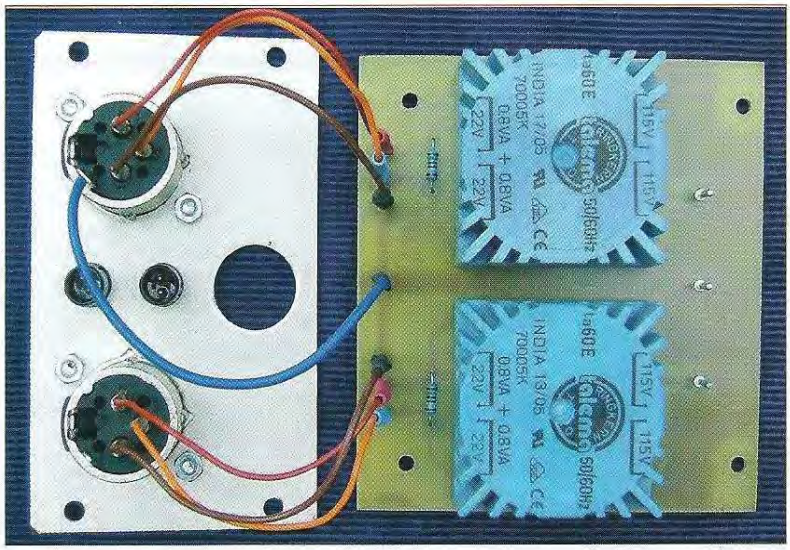
Au lancement d'un fichier « audio », le transistor Q1 entre en conduction et pilote la DEL « RUN ».

En cas de problème, il y a lieu de vérifier chaque alimentation sur les broches de l'interface DIP. Une bonne indication est la présence du + 7,5 Vdc en sortie des quatre AOP.

La carte des transformateurs ne supporte que les deux transformateurs et les résistances de charges R21 et R22

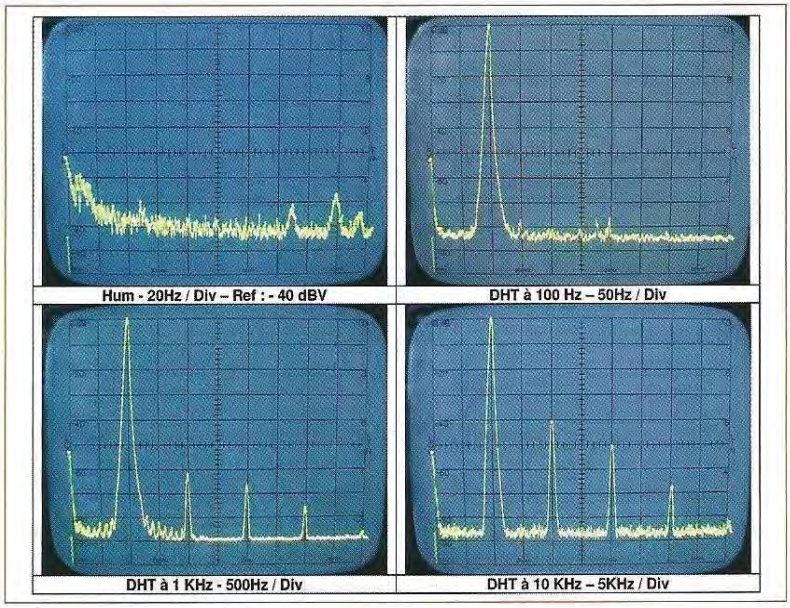


13



14

C



15

(**figure 13**). Les fils d'entrées et de sorties vers les connecteurs XLR sont fichés sur des picots de 1,3 mm (**figure 14** et **photo C**).

À noter que cette carte peut être considérée comme optionnelle, la sortie pouvant s'effectuer en asymétrique sur les AOP. Dans ce cas, placer une résistance de 1 kΩ en série avec la sortie de l'AOP pour l'isoler des influences extérieures.

Quelques mesures

Les mesures sont présentées aux **figures 15** et **16**.

Les filtres du quatrième ordre limitent la bande passante à 24,5 kHz à –3 dB ou 20 kHz à –0,7 dB. Cette fréquence convient exactement à l'application. En effet, la fréquence de coupure due à l'échantillonnage de 44,1 kHz limite l'enregistrement à 20 kHz, tout comme les CD d'ailleurs.

Nous avons également testé la courbe de réponse en utilisant en sortie un câble « balancé » de 60 m, lequel s'est révélé sans effet jusqu'à 20 kHz.

Le taux de distorsion est dans tous les cas inférieur à 1 %; à 1 kHz, il est typiquement de 0,1%.

Le rapport signal/bruit est de l'ordre de 90 dB. Le gain des AOP est calculé pour ne pas saturer lorsque le DAC sort son maximum de tension (1,1 Vac).

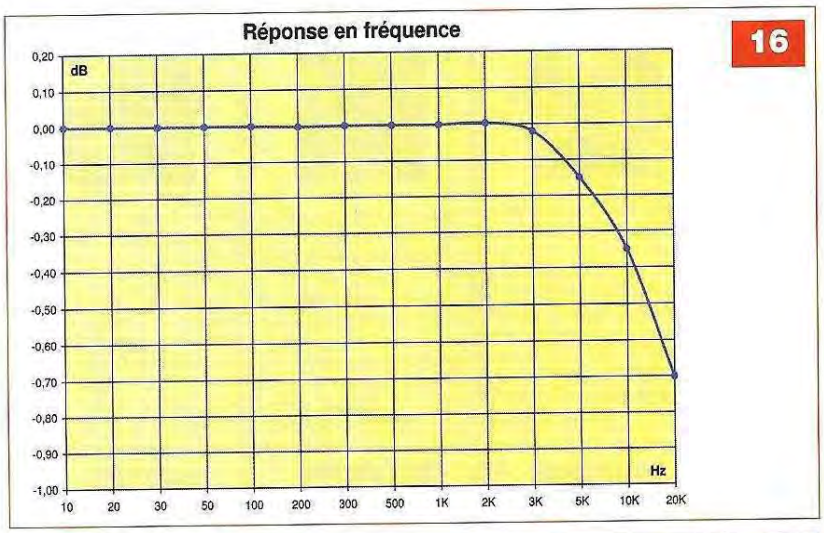
En fonctionnement « audio », nous placerons de préférence tous les réglages de volume numériques au maximum, sans risque de distorsion. La tension en sortie des AOP atteint 3,1 Vac et en sortie XLR 1,25 Vac.
La diaphonie est supérieure à 70 dB au minimum et la séparation des canaux produit un « effet stéréophonique » exceptionnel.

Conclusion

La qualité de la restitution « audio » est celle du CD. En lecture de CD, le résultat est identique au lecteur classique.
De nombreuses stations « radio », disponibles sur la Toile, émettent pour la plupart un signal de bonne qualité. Le choix d'écoute, notamment en classique, en jazz et en musique des « sixties » est pléthorique.

J-L VANDERSLEYEN

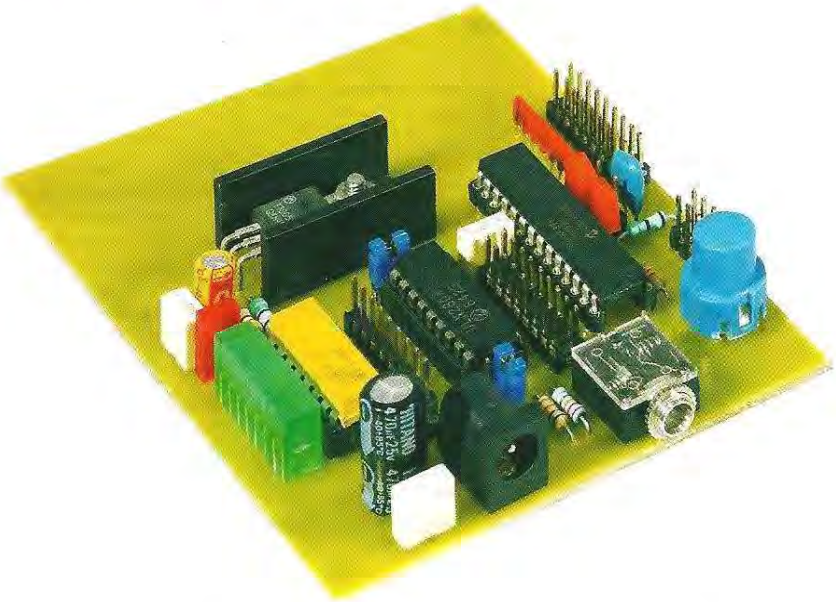
Pour les données de fabrication, de la carte imprimée ou quelque problème d'approvisionnement, n'hésitez pas à contacter l'auteur à l'adresse :
jl.vandersleyen@skynet.be
ou via son site : www.novotone.com



Caractéristiques Techniques	
Bande passante	10 Hz → 20 KHz à -1 dB
Taux de distorsion 100Hz → 10KHz	<1% à 1 Vac
Taux de distorsion 1KHz	< 0,2% - Typ: 0,1%
Signal de sortie maximum - AOP	3,10 Vac
Signal de sortie maximum - XLR	1,25 Vac
Ronflement & Bruit	< 20 µVac-20KHz (<12µVac-A)
Rapport Signal/Bruit	> 90 dB pour 1 Vac en sortie
Impédance de sortie	1 KΩ
Diaphonie 100Hz → 10 KHz	> 70 dB (>90dB à 1KHz)
Connecteurs de sortie	XLR - Symétrique - Isolé
Consommation sur USB	125 mA
Dimensions	100 x 133 x 60 mm
Poids	0,7 Kg

Les microcontrôleurs PICAXE

Nous avons publié et publierons encore des réalisations utilisant les microcontrôleurs Stamp Basic, PicBasic et autres Cubloc. Toutefois, ce mois, nous vous invitons à découvrir une nouvelle famille : les Picaxe. Ces microcontrôleurs sont d'une utilisation aussi simple puisque programmables en langage Basic.



Les Picaxe reconnaissent plus de cent-trente instructions et sont programmés au moyen d'un simple câble (RS232 ou USB). Un détail les distingue pourtant des autres familles : le prix qui varie de 4 € (pour le plus simple) à environ 15 € (pour le plus performant).

Sans pour autant prétendre remplacer des microcontrôleurs plus élaborés tels les PicBasic ou les Cubloc, les Picaxe représentent une excellente alternative dans le cas où la conception d'un circuit électronique ne réclame pas un nombre important de lignes d'entrées/sorties et ne nécessite pas un programme de plusieurs dizaines de kilo-octets. Cela dit, un Picaxe pourra gérer une centrale d'alarme à plusieurs zones, mesurer des tensions analogiques, communiquer au moyen de signaux codés infrarouges voire commander les servomoteurs d'un robot, car les instructions qu'il reconnaît n'ont rien à envier à celles des autres familles de microcontrôleurs.

Les différents boîtiers

La famille Picaxe comporte principalement dix microcontrôleurs dont les caractéristiques essentielles figurent dans le **tableau I**. Les microcontrôleurs Picaxe peuvent être classés en cinq gammes qui correspondent chacune à des besoins précis.

Tableau I

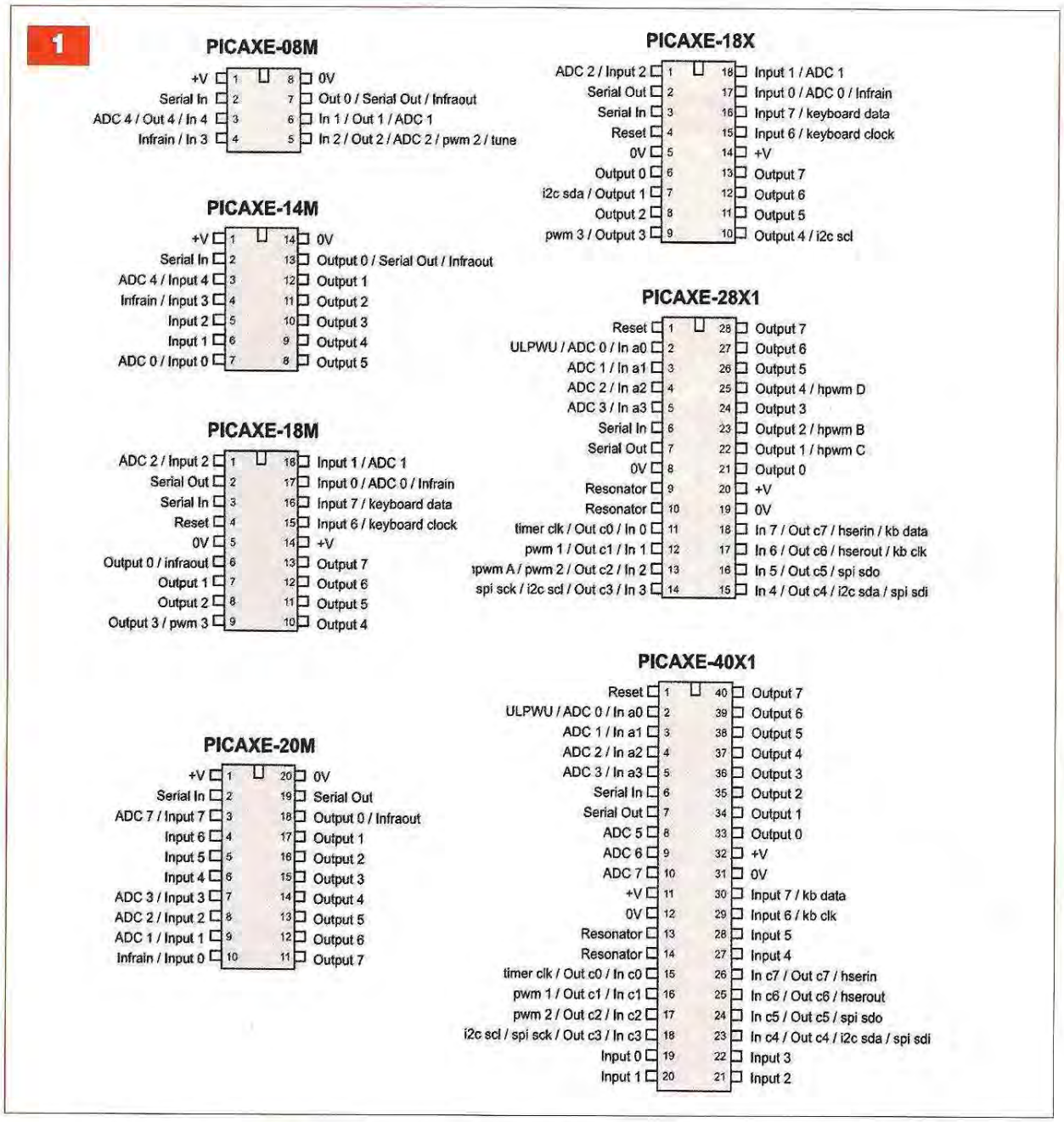
Type	Lignes entrées	Lignes sorties	Entrées ADC	Vitesse maximale	Type µC
08	5 ent./sort.		1	4 MHz	PIC12F629
08M	1-4entrées	1-4 sorties	3	8 MHz	PIC12F683
14M	5 entrées	6 sorties	2	8 MHz	PIC16F684
18M	5 entrées	8 sorties	3	8 MHz	PIC16F819
20M	8 entrées	8 sorties	4	8 MHz	PIC16F677
18X	5 entrées	8 sorties	3	8 MHz	PIC16F88
28X1	0-12 entrées	9-17 sorties	0-4	20 MHz	PIC16F886
40X1	8-20 entrées	9-17 sorties	3-7	20 MHz	PIC16F887
28X2	22 configurables	22 configurables	0-8	40 MHz	PIC18F2520
40X2	33 configurables	33 configurables	0-10	40 MHz	PIC18F4520

Les dessins des boîtiers et la fonction de chacune des broches sont donnés :
- en **figure 1** pour les Picaxe 08 au Picaxe 40X1,
- en **figure 2** pour le Picaxe 28,
- en **figure 3** pour le Picaxe 40X2.

• Gamme économique, Picaxe 08 :
- mémoire de quarante lignes de programmes
- ADC « basse résolution »

• Gamme éducative, Picaxe 08M, Picaxe 14M, Picaxe 18M, Picaxe 20M
- mémoire de quatre-vingt lignes de programmes
- interruptions
- supporte un capteur de température
- contrôle des servomoteurs de radiocommande
- entrée « clavier »
- instructions musicales
- transmission et réception infrarouge
- ADC 8/10 bits
- Contrôle PWM des moteurs
- Comptage d'impulsions
- Sortie « série »

• Gamme standard X, Picaxe 18X
Viennent s'ajouter aux caractéristiques précédentes :
- mémoire de six cents lignes de programmes
- interface I²C



- lecture de la température sur douze bits
- débit « série » plus élevé

• Gamme standard X1, Picaxe 28X1, 40X1

Viennent s'ajouter aux caractéristiques précédentes :
- mémoire de mille lignes de programmes
- hardware I²C (maître et esclave), SPI et fonctions RS232
- timer interne
- fonctions mathématiques améliorées

• Gamme avancée X2, Picaxe 28X2, Picaxe 40X2

Vient s'ajouter aux caractéristiques précédentes :
- mémoire de 4 x 1000 lignes de programmes

Tous les Picaxe fonctionnent sous une tension d'alimentation de +5 V. Cependant, ils existent aussi en version « basse tension » +1,8 V à +3,3 V. Les boîtiers à (8), (14) et (20) broches ne possèdent pas de ligne de RESET. Pour la remise à zéro du composant, il convient donc de couper l'alimentation (coupure d'une durée suffisante si le circuit est équipé de condensateurs de valeur importante).
Les boîtiers à (18), (20) et (40) broches sont équipés d'une ligne de RESET. Celle-ci doit être ramenée au (+) de l'alimentation au moyen d'une résistance de 4,7 kΩ. Un bouton-poussoir permet de connecter la broche à la masse pour effectuer la remise à zéro. Cette broche ne doit en aucun cas être laissée « en l'air ».
Le téléchargement du programme s'effectue au moyen d'un câble « série » ou USB (**figure 4**).

Fréquence de fonctionnement et over-clocking

Selon leur type, les microcontrôleurs Picaxe fonctionnent avec un résonateur interne, un résonateur externe ou les deux. Signalons que le résonateur

2

PICAXE-28X2

Reset	1	28	P7 B.7
ADC0 / A.0 P16	2	27	P6 B.6
ADC1 / A.1 P17	3	26	P5 B.5
ADC2 / A.2 P18	4	25	P4 B.4 / ADC11
ADC3 / A.3 P19	5	24	P3 B.3 / ADC9
Serial In	6	23	P2 B.3 / ADC8 / INT2
Serial Out / A.4 P20	7	22	P1 B.1 / ADC10 / INT1
0V	8	21	P0 B.0 / ADC12 / INT0
Resonator	9	20	+V
Resonator	10	19	0V
timer clk / C.0 P8	11	18	P15 C.7 / hserin / kb data
pwm 1 / C.1 P9	12	17	P14 C.6 / hserout / kb clk
pwm 2 / C.2 P10	13	16	P13 C.5 / spi sdo
i2c scl / spi sck / C.3 P11	14	15	P12 C.4 / i2c sda / spi sdi

PICAXE-28X1

Reset	1	28	Output 7
ULPWU / ADC 0 / In a0	2	27	Output 6
ADC 1 / In a1	3	26	Output 5
ADC 2 / In a2	4	25	Output 4 / hpwm D
ADC 3 / In a3	5	24	Output 3
Serial In	6	23	Output 2 / hpwm B
Serial Out	7	22	Output 1 / hpwm C
0V	8	21	Output 0
Resonator	9	20	+V
Resonator	10	19	0V
timer clk / Out c0 / In 0	11	18	In 7 / Out c7 / hserin / kb data
pwm 1 / Out c1 / In 1	12	17	In 6 / Out c6 / hserout / kb clk
hpwm A / pwm 2 / Out c2 / In 2	13	16	In 5 / Out c5 / spi sdo
spi sck / i2c scl / Out c3 / In 3	14	15	In 4 / Out c4 / i2c sda / spi sdi

PICAXE-28A

Reset	1	28	Output 7
ADC 0	2	27	Output 6
ADC 1	3	26	Output 5
ADC 2	4	25	Output 4
ADC 3	5	24	Output 3
Serial In	6	23	Output 2
Serial Out	7	22	Output 1
0V	8	21	Output 0
Resonator	9	20	+V
Resonator	10	19	0V
Input 0 / Infrain	11	18	Input 7 / Keyboard data
Input 1	12	17	Input 6 / Keyboard clock
Input 2	13	16	Input 5
Input 3	14	15	Input 4

PICAXE-28X

Reset	1	28	Output 7
ADC 0 / In a0	2	27	Output 6
ADC 1 / In a1	3	26	Output 5
ADC 2 / In a2	4	25	Output 4
ADC 3 / In a3	5	24	Output 3
Serial In	6	23	Output 2
Serial Out	7	22	Output 1
0V	8	21	Output 0
Resonator	9	20	+V
Resonator	10	19	0V
In0 / Out c0 / Infrain	11	18	In7 / Out c7 / keyboard data
In 1 / Out c1 / pwm 1	12	17	In6 / Out c6 / keyboard clock
In 2 / Out c2 / pwm 2	13	16	In 5 / Out c5
In 3 / Out c3 / i2c scl	14	15	In 4 / Out c4 / i2c sda

3

PICAXE-40X2

Reset	1	40	P7 B.7
ADC0 / A.0 P16	2	39	P6 B.6
ADC1 / A.1 P17	3	38	P5 B.5
ADC2 / A.2 P18	4	37	P4 B.4 / ADC11
ADC3 / A.3 P19	5	36	P3 B.3 / ADC9
Serial In	6	35	P2 B.2 / ADC8 / INT2
Serial Out / A.4 P20	7	34	P1 B.1 / ADC10 / INT1
ADC5 / A.5 P21	8	33	P0 B.0 / ADC12 / INT0
ADC6 / A.6 P22	9	32	+V
ADC7 / A.7 P23	10	31	0V
+V	11	30	P31 D.7 / hpwm D / kb data
0V	12	29	P30 D.6 / hpwm C / kb clk
Resonator	13	28	P29 D.5 / hpwm B
Resonator	14	27	P28 D.4
timer clk / C.0 P8	15	26	P15 C.7 / hserin
pwm 1 / C.1 P9	16	25	P14 C.6 / hserout
hpwm A / pwm 2 / C.2 P10	17	24	P13 C.5 / spi sdo
i2c scl / spi sck / C.3 P11	18	23	P12 C.4 / i2c sda / spi sdi
D.0 P24	19	22	P27 D.3
D.1 P25	20	21	P26 D.2

PICAXE-40X2 (44 Pin TQFP)

hserin / C.7 P15	1	33	Not Connected
D.4 P28	2	32	P8 C.0 / timer clk
hpwm B / D.5 P29	3	31	Resonator
kb clk / hpwm C / D.6 P30	4	30	Resonator
kb data / hpwm D / D.7 P31	5	29	0V
0V	6	28	V+
V+	7	27	P23 A.7 / ADC7
ADC12 / B.0 P0	8	26	P22 A.6 / ADC6
ADC10 / B.1 P1	9	25	P21 A.5 / ADC5
ADC8 / B.2 P2	10	24	P20 A4 / Serial Out
ADC9 / B.3 P3	11	23	Serial In

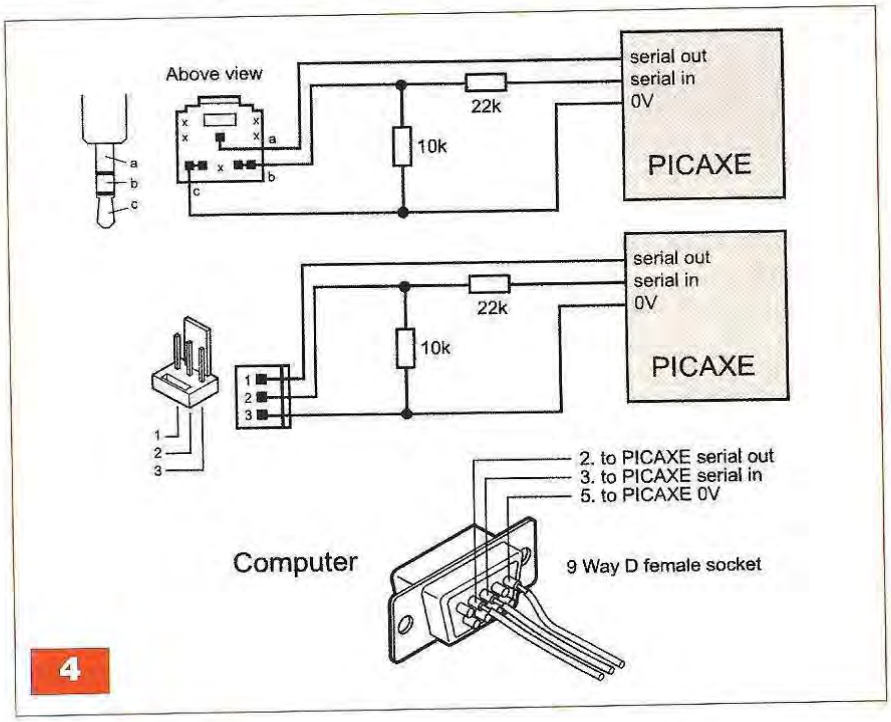
P14 C.6 / hserout	44	12	Not Connected
P13 C.5 / spi sdo	43	13	Not Connected
P12 C.4 / i2c sda / spi sdi	42	14	ADC11 / B.4 P4
P27 D.3	41	15	B.5 P5
P26 D.2	40	16	B.6 P6
P25 D.1	39	17	B.7 P7
P24 D.0	38	18	Reset
P11 C.3 / 2c scl / spi sck	37	19	ADC0 / A.0 P16
P10 C.2 / hpwm A / pwm 2	36	20	ADC1 / A.1 P17
P9 C.1 / Out c1 / pwm 1	35	21	ADC2 / A.2 P18
Not Connected	34	22	ADC3 / A.3 P19

peut également être un quartz.

Le **tableau II** résume les différentes fréquences de fonctionnement selon le type de microcontrôleur.

Il est à noter que le résonateur interne des Picaxe 08, 14, 18 et 20 ne présente pas une bonne précision, mais elle est cependant suffisante dans la majorité des cas. Si un montage requiert une précision importante, il est vivement recommandé d'utiliser un circuit de la gamme 28 ou 40. De même, un quartz peut remplacer le résonateur. Dans ce cas, il conviendra d'utiliser des condensateurs externes.

Les types 28X2 et 40X2 sont équipés d'une PLL interne qui permet de multiplier la fréquence du résonateur interne par quatre au moyen d'une instruction logicielle. Cette instruction permet également de changer la fré-



4

PICAXE	Résonateur interne	Résonateur externe
08	4 MHz	
08M	4 MHz, 8 MHz	
14M, 20M	4 MHz, 8 MHz	
18	4 MHz	
18A, 18M	4 MHz, 8 MHz	
18X	4 MHz, 8 MHz	
28A		4 MHz
28X		4 MHz, 8 MHz, 16MHz
28X1	4 MHz, 8 MHz	4 MHz, 8 MHz, 16MHz, 20 MHz
28X2	4 MHz, 8 MHz	4 MHz, 8 MHz, 10 MHz 16 MHz, 32 MHz, 40 MHz
40X		4 MHz, 8 MHz, 16MHz
40X1	4 MHz, 8 MHz	4 MHz, 8 MHz, 16MHz, 20 MHz
40X2	4 MHz, 8 MHz	4 MHz, 8 MHz, 10 MHz 16 MHz, 32 MHz, 40 MHz

Tableau II

Tableau III

4 MHz	8 MHz	16 MHz
T300_4	T600_8	T1200_16
T600_4	T1200_8	T2400_16
T1200_4	T2400_8	T4800_16
T2400_4	T4800_8	T9600_16
N300_4	N600_8	N1200_16
N600_4	N1200_8	N2400_16
N1200_4	N2400_8	N4800_16
N2400_4	N4800_8	N9600_16

Tableau IV

4 MHz	8 MHz	16 MHz
T600_4	T1200_8	T2400_16
T1200_4	T2400_8	T4800_16
T2400_4	T4800_8	T9600_16
T4800_4	T9600_8	T19200_16
N600_4	N1200_8	N2400_16
N1200_4	N2400_8	N4800_16
N2400_4	N4800_8	N9600_16
N4800_4	N9600_8	N19200_16

quence de travail de tous les autres microcontrôleurs.

Comme mentionné dans le tableau 2, la série Picaxe 08, 14, 18 et 20 ne supporte pas de résonateur externe, les 28A, 28X et 40X ne possèdent pas de cadencement interne. Seuls les circuits 28X1, 28X2, 40X1 et 40X2 peuvent fonctionner selon les deux modes.

L'instruction utilisée pour fixer la fréquence de fonctionnement des microcontrôleurs est **setfreq <freq>** où **<freq>** est la fréquence choisie qui est :

- pour les 08M, 14M et 20M (résonateur interne) : **m4, m8**
- pour les 18A, 18M et 18X (résonateur interne) : **m4, m8**
- pour les 28X1 et 40X1 (résonateur interne) : **k31, k125, k250, k500, m1, m2, m4, m8**
- pour les 28X1 et 40X1 (résonateur externe) : **em4, em8, em10, em16, em20**
- pour les 28X2 et 40X2 (résonateur interne) : **k31, k125, k250, k500, m1, m2, m4, m8**
- pour les 28X2 et 40X2 (résonateur externe) : **em16, em32, em40**

Lorsque l'on utilise un microcontrôleur doté d'un résonateur interne, il est parfois possible de repositionner la fréquence de travail à 4 MHz, avant d'exécuter l'instruction puis de reconfigurer la vitesse à 8 MHz.

Exemple :

```
'Programme de démonstration
setfreq m8      'ajuste la vitesse à 8 MHz
............    'programme
setfreq m4      'ajuste la vitesse à 4 MHz
readtemp 1, b1  'exécute l'instruction
setfreq m8      'ajuste la vitesse à 8 MHz
............    'suite du programme
```

Plusieurs commandes sont affectées par un changement de la fréquence du résonateur.

La liste en est donnée ci-dessous :

- **count**
- **debug**
- **readi2c, writei2c**
- **pause, wait**
- **pulsin, pulsout**
- **pwm, pwmout**
- **sound, tune, play**
- **serin, serout, sertxd, serrxd** (instructions pour les communications « série ») :

Picaxe08, 08M, 18, 18A, 28, 28A :
→ **tableau III**.
Autres types :
→ **tableau IV**.

Pour les instructions **sertxd** et **serrxd** qui utilisent le port « série » de téléchargement, la vitesse de communication est fixée à 4800 bps à 4 MHz, 9600 bps à 8 MHz et 19200 bps à 16 MHz.

Il faut noter que les instructions « **nap** » (mise en consommation « réduite ») et « **sleep** » (mise en « sommeil ») ne sont pas affectées par la fréquence du résonateur car elles utilisent leur propre timer interne indépendant.

Les instructions suivantes ne fonctionnent pas à 8 MHz et 16 MHz avec les microcontrôleurs ne possédant pas de résonateur interne. Par contre, les séries X1 et X2 se connectent automatiquement sur le résonateur interne 4 MHz afin d'exécuter ces commandes, ce qui permet d'utiliser des fréquences externes plus hautes :

- **infrain, infrain2, infraout** (opérations de transmission et réception par infrarouge)
- **keyin** (opérations sur clavier)
- **keyled** (opérations sur clavier)
- **readtemp/readtemp12** (opérations utilisant le capteur de température DS18B20)
- **readowsn** (opérations avec périphériques 1-wire)
- **servo** (opérations avec servomoteurs de radiocommande).

D'autre part, le logiciel de programmation des Picaxe ne supporte que les fréquences 4, 8 et 16 MHz.

Il convient d'indiquer, pour le téléchargement du programme dans le Picaxe, la fréquence choisie. Si une fréquence erronée est sélectionnée, le téléchargement ne s'exécutera pas.

Généralités sur les variables « mémoires »

La mémoire RAM est utilisée afin de stocker temporairement des données au moyen de variables lorsque le programme est en cours d'exécution.

Ces données sont perdues lorsque l'alimentation est interrompue ou lorsque l'on provoque un « reset » du circuit.

Il existe quatre type de variables RAM : utilisation générale, « scratchpad » (variables tableaux), stockage et fonctions spéciales.

Les variables d'utilisation générale disposent de 14 « bytes » (sauf pour les séries : X1 → 28 « bytes » et X2 → 56 « bytes », voir **tableau V**).

Ces « bytes » (octets) sont appelés b0, B1, etc. Ils peuvent mémoriser des nombres entiers compris entre 0 et 255, mais ne peuvent être utilisés

pour des nombres négatifs ou décimaux. Toutefois, pour les nombres dépassant cette valeur, deux « variables byte » peuvent être combinées afin de créer une « variable word » capable de stocker des nombres entiers dont la valeur est comprise entre 0 et 65535. Ces « variables word » sont appelées w0, w1, etc. et constituées de la manière suivante :

- w0 = b1 : b0
- w1 = b3 : b2
- w2 = b5 : b4
- w3 = b7 : b6
- etc.

où le « byte » de poids le plus fort est le premier, le second étant le « byte » de poids le plus faible :

Exemple : b1 → MSB et b0 → LSB

De plus, il existe 16 (32 pour les séries X1 et X2) « variables bit » lorsqu'un simple bit est nécessaire pour mémoriser une valeur (0 ou 1).

Les « variables scratchpad » sont une plage de « mémoire » utilisée pour la mémorisation temporaire de données de type tableaux.

- la série X1 dispose de 128 « bytes » (0 à 127)
- la série X2 dispose de 1024 « bytes » (0 à 1023)

Afin d'adresser directement cette mémoire, les instructions « get » (lecture) et « put » doivent être utilisées.

Exemples :

Get 1, b1
'place la valeur du registre 1 dans la variable b1
Get 1, word w1
Put 1, b1
'place la valeur de b1 dans le registre 1
Put 1, word w1

Les « variables stockage » sont des emplacements mémoire additionnels utilisés pour la mémorisation temporaire de données de type « byte ».

Ils ne peuvent pas être utilisés dans les opérations mathématiques mais uniquement pour le stockage de « bytes » par l'utilisation des instructions « peek » (lecture) et « poke » (écriture).

Le nombre de « bytes » disponibles et leurs emplacements dans la mémoire dépendent du type de Picaxe. Le **tableau VI** donne ces éléments. Les variables « fonctions spéciales » disponibles dépendent du type de Picaxe :

Type de Picaxe	Bytes	Dénomination bit	Dénomination byte	Dénomination word
08	14	bit0-15	b0-13	w0-6
08M	14	bit0-15	b0-13	w0-6
14M	14	bit0-15	b0-13	w0-6
20M	14	bit0-15	b0-13	w0-6
18	14	bit0-15	b0-13	w0-6
18A/18M	14	bit0-15	b0-13	w0-6
18X	14	bit0-15	b0-13	w0-6
28	14	bit0-15	b0-13	w0-6
28X	14	bit0-15	b0-13	w0-6
28X1	28	bit0-31	b0-27	w0-13
28X2	56	bit0-31	b0-55	w0-27
40X	14	bit0-15	b0-13	w0-6
40X1	28	bit0-31	b0-27	w0-13
40X2	56	bit0-31	b0-55	w0-27

Tableau V

Picaxe	Octets	Emplacement
08	Aucun	
08M	48	80 à 127 ($50 à $7F)
14M, 20M	48	80 à 127 ($50 à $7F)
18	48	80 à 127 ($50 à $7F)
18A, 18M	48	80 à 127 ($50 à $7F)
18X	96	80 à 127 ($50 à $7F), 192 à 255 ($C0 à $FF)
28A	48	80 à 127 ($50 à $7F)
28X, 40X	112	80 à 127 ($50 à $7F), 192 à 255 ($C0 à $FF)
28X1, 40X1	95	80 à 126 ($50 à $7E), 192 à 239 ($C0 à $EF)
28X2, 40X2	200	57 à 255 ($39 à $FF)

Tableau VI

• Picaxe 08/08M, registres fonctions spéciales

Pins → le port d'entrée/sortie

Dirs → le registre de direction des données (entrée ou sortie)

Infra → autre appellation de la variable b13, utilisée par l'instruction « infrain2 » (08M).

La variable « Pins » est partagée en « variables bit » qui permettent la lecture individuelle de chaque entrée au moyen de l'instruction « if ....then ». Seules les entrées disponibles sont implémentées :

Pins =
x : x : x : pin4 : pin3 : pin2 : pin1 : x

La variable « Dirs » est également partagée en bits :

Dirs = x : x : x : dir4 : dir3 : dir2 : dir1 : x

• Picaxe 14M/20M, registres fonctions spéciales

Pins = port d'entrée lorsqu'on effectue une lecture

14M → pins = x : x : x : pin4 : pin3 : pin2 : pin1 : x

20M → pins = pin7 à pin0

(out)pins = port de sortie lorsqu'on effectue une écriture

14M → outpins = x : x : outpin5 : outpin4 : outpin3 : outpin2 : outpin1 : outpin0

20M → outpins = outpin7 à outpin0

infra = variable utilisée avec l'instruction « infrain »

keyvalue = autre nom pour « infra », utilisée avec l'instruction (keyin »)

• Picaxe 18/18A/18M/18X, registres fonctions spéciales

Pins = port d'entrée lorsqu'on effectue une lecture

pins = pin7 : pin6 : x : x : x : pin2 : pin1 : pin0

(out)pins = port de sortie lorsqu'on effectue une écriture

outpins = outpin7 : outpin6 : outpin5 : outpin4 : outpin3 : outpin2 : outpin1 : outpin0

infra = variable utilisée avec l'instruction « infrain » (=B13 pour le 18M)

keyvalue = autre nom pour « infra », utilisée avec l'instruction (keyin »)

• Picaxe 28A/28X/40X registres fonctions spéciales

Pins = port d'entrée lorsqu'on effectue une lecture

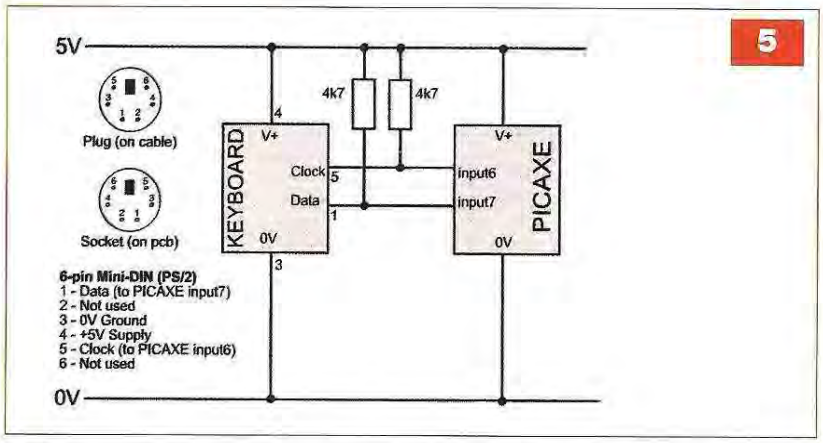
pins = pin7 : pin6 : pin5 : pin4 : pin3 : pin2 : pin1 : pin0

(out)pins = port de sortie lorsqu'on effectue une écriture

outpins = outpin7 : outpin6 : outpin5 : outpin4 : outpin3 : outpin2 : outpin1 : outpin0

infra = variable utilisée avec l'instruction « infrain »

keyvalue = autre nom pour « infra », utilisée avec l'instruction (keyin »)



• Picaxe 28X1/40X1 registres fonctions spéciales

Pins = port d'entrée lorsqu'on effectue une lecture

pins = pin7 : pin6 : pin5 : pin4 : pin3 : pin2 : pin1 : pin0

(out)pins = port de sortie lorsqu'on effectue une écriture

outpins = outpin7 : outpin6 : outpin5 : outpin4 : outpin3 : outpin2 : outpin1 : outpin0

ptr = pointeur « scratchpad »

ptr = ptr7 : ptr6 : ptr5 : ptr4 : ptr3 : ptr2 : ptr1 : ptr0

@ptr = valeur « scratchpad » pointée par « ptr »

@ptrinc = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post incrément)

@ptrdec = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post décrément)

flags = système « flags »

Pour plus d'informations sur ces quatre derniers registres, se référer au « Picaxe Manual 2 » disponible en téléchargement ou dans l'aide du logiciel de programmation Picaxe.

• Picaxe 28X2/40X2 registres fonctions spéciales

PinsA = port d'entrée A

dirsA = registre de direction du port A

PinsB = port d'entrée B

Exemple :

écriture → let pinsB = %11000000 (bits 7 et 6 à 1, tous les autres à 0)

Lecture → let b1 = pinsB

dirsB = registre de direction du port B

PinsC = port d'entrée C

dirsC = registre de direction du port C

PinsD = port d'entrée D

dirsD = registre de direction du port D

bptr = pointeur d'octet « scratchpad »

@bptr = valeur « scratchpad » pointée par « ptr »

@bptrinc = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post incrément)

@bptrdec = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post décrément)

ptr = pointeur « scratchpad » (ptrh : ptrl)

@ptr = valeur « scratchpad » pointée par « ptr »

@ptrinc = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post incrément)

@ptrdec = valeur « scratchpad » pointée par « ptr » (post décrément)

flags = système « flags »

Pour plus d'informations sur ces neuf derniers registres, se référer au « Picaxe Manual 2 » disponible en téléchargement ou dans l'aide du logiciel de programmation Picaxe.

Les instructions remarquables

Mises à part les instructions courantes que tout langage Basic possède (boucles, sauts conditionnels, écritures sur sorties, lectures d'entrées, etc.), le Basic Picaxe possède plusieurs instructions très pratiques :

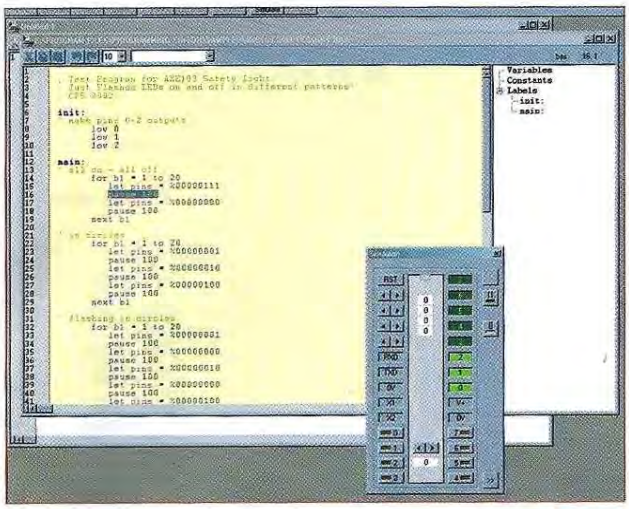
- **Calibadc et calibadc10** : ces instructions permettent de calibrer le convertisseur analogique/numérique par la mesure d'une source de tension interne (0,6 V)
- **Calibfreq** : cette commande permet de calibrer la fréquence de fonctionnement du résonateur interne
- **Infrain, infrain2, irin** : ces instructions placent le Picaxe en attente de réception d'une commande infrarouge qui peut être envoyée soit par un autre Picaxe, soit par une télécommande TV
- **Infraout, irout** : ces commandes permettent à un Picaxe d'envoyer des commandes infrarouges modulées à 38 kHz
- **Readfirmware** : permet de connaître le numéro de la version du firmware
- **Readtemp** et **readtemp12** : permet la lecture de la température issue d'un composant DS18B20. Afin d'obtenir un résultat précis (sur 12 bits), il est conseillé d'utiliser la commande « readtemp 12 »
- **Readowclk** : permet de lire les secondes d'un circuit d'horloge DS2415
- **Servo** et **servopos** : ces deux instructions qui sont utilisées conjointement permettent la commande d'un servomoteur de radiocommande. La première initialise le servomoteur, tandis que la seconde permet son positionnement par l'envoi d'impulsions comprises entre 0,75 ms et 2,2 ms (75 et 225)
- **Keyin** : permet de recevoir des commandes issues d'un clavier d'ordinateur. Le raccordement est donné en **figure 5**

On se reportera au « Picaxe Manual 2 » qui décrit dans le détail toutes les instructions supportées par les microcontrôleurs Picaxe.

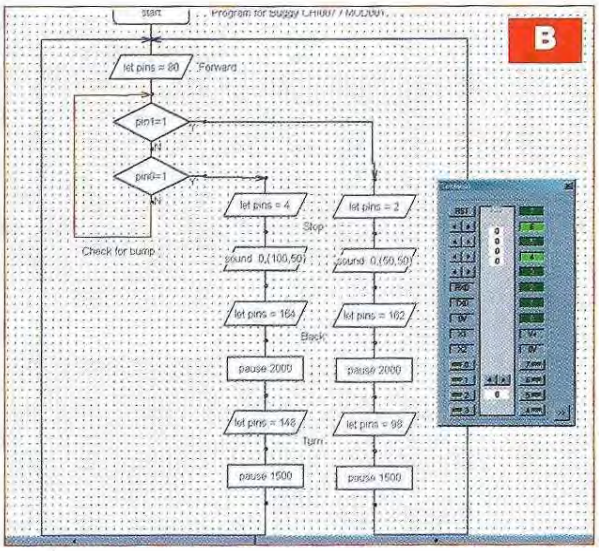
Les logiciels de programmation

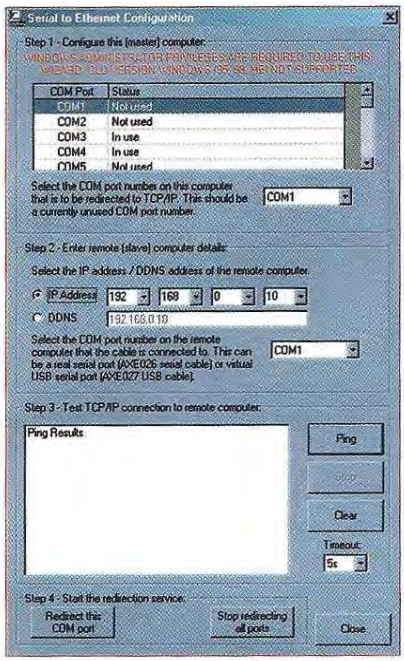
Le fabricant des Picaxe, Revolution Education Ltd, propose divers logiciels permettant la programmation des Picaxe :

- le « **PICAXE Programming Editor** » est l'application Windows principale, libre de droits, qui permet l'élaboration des programmes, leur compilation et leur téléchargement dans les Picaxe. Ce logiciel permet également l'écriture de programmes sous forme graphique (**photos A, B** et **C**) Lorsque le programme est écrit, une simulation peut être lancée. Des fenêtres supplémentaires s'ouvrent qui permettent la visualisation de l'état des différents ports
- le « **AXEpad** » est une version libre limitée du « **PICAXE Programming Editor** » que l'on utilise sous l'environnement Linux
- le « **Logicator for PIC micros** » est un logiciel commercial, d'un prix raisonnable, qui permet l'élaboration de

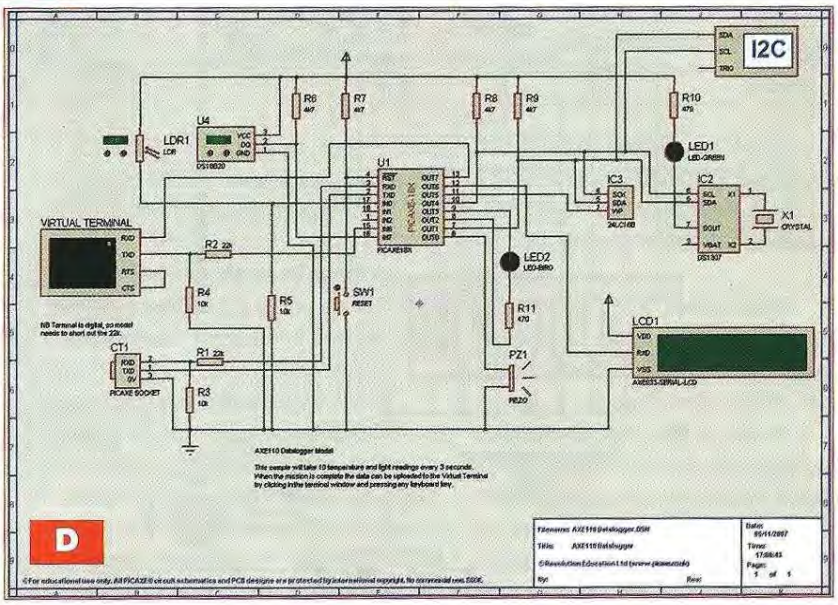


A





C



programmes sous forme graphique. L'organigramme terminé, il est alors converti en langage Basic et téléchargé dans le Picaxe

- le « **PICAXE VSM** » est un simulateur de circuit Berkeley SPICE (**photo D**). Il permet l'élaboration de circuits électroniques virtuels utilisant les microcontrôleurs Picaxe et la visualisation des résultats (entrées et sorties)

Une platine d'évaluation

Nous vous proposons maintenant d'entrer dans la pratique par la description et la réalisation d'une platine d'évaluation et de tests qui vous permettront toutes sortes d'expérimentations avec le microcontrôleur Picaxe 28X1.

Le schéma de principe de notre platine est représenté en **figure 6**.

Cette platine ne supporte que peu de composants. Un connecteur « jack » stéréo permet le téléchargement du programme dans le microcontrôleur. Les résistances R1 et R2 ont une fonction bien précise :

- R1 permet de limiter le courant à une valeur acceptable pour le microcontrôleur;
- R2 constitue une charge pour l'entrée « série » lorsque le cordon de téléchargement n'est pas connecté. Ces deux résistances doivent toujours être présentes pour un fonctionnement correct du circuit.

Tous les ports d'entrées/sorties du Picaxe 28X1 sont accessibles :

• **PORT A**

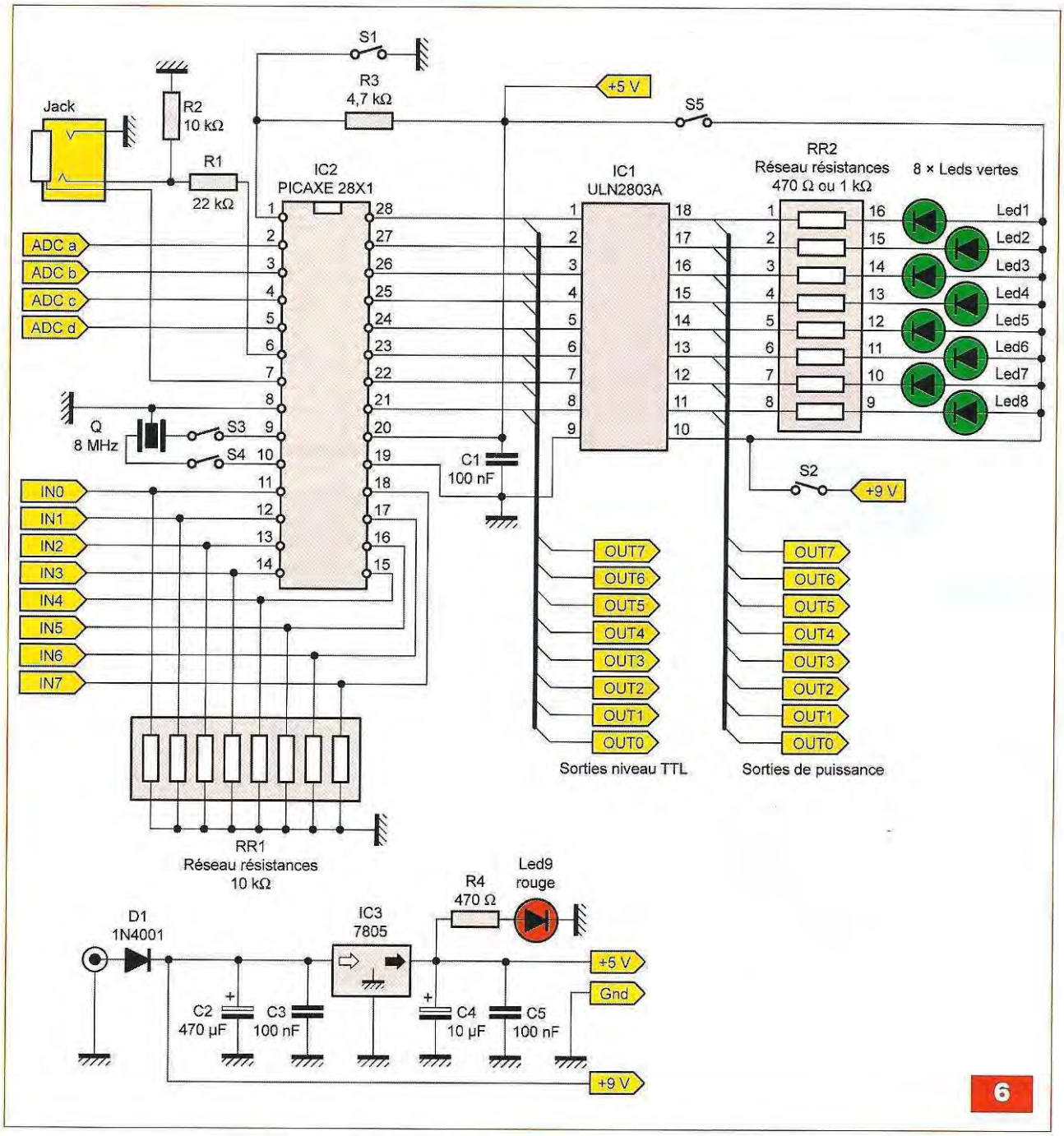
- broche 2 : entrée ADC 0 et input a0
- broche 3 : entrée ADC 1 et input a1
- broche 4 : entrée ADC 2 et input a2
- broche 5 : entrée ADC 3 et input a3

• **PORT B**

- broche 21 : output 0
- broche 22 : output 1 et hpwm C (qui est une méthode avancée du contrôle de moteurs)
- broche 23 : output 2 et hpwm B
- broche 24 : output 3
- broche 25 : output 4 et hpwm D
- broche 26 ; output 5
- broche 27 : output 6
- broche 28 : output 7

• **PORT C**

- broche 11 : input 0, output c0 et timer clock (entrée du timer)
- broche 12 : input 1, output c1 et pwm 1
- broche 13 : input 2, output c2, pwm 2 et hpwm A
- broche 14 : input 3, output c3, spi



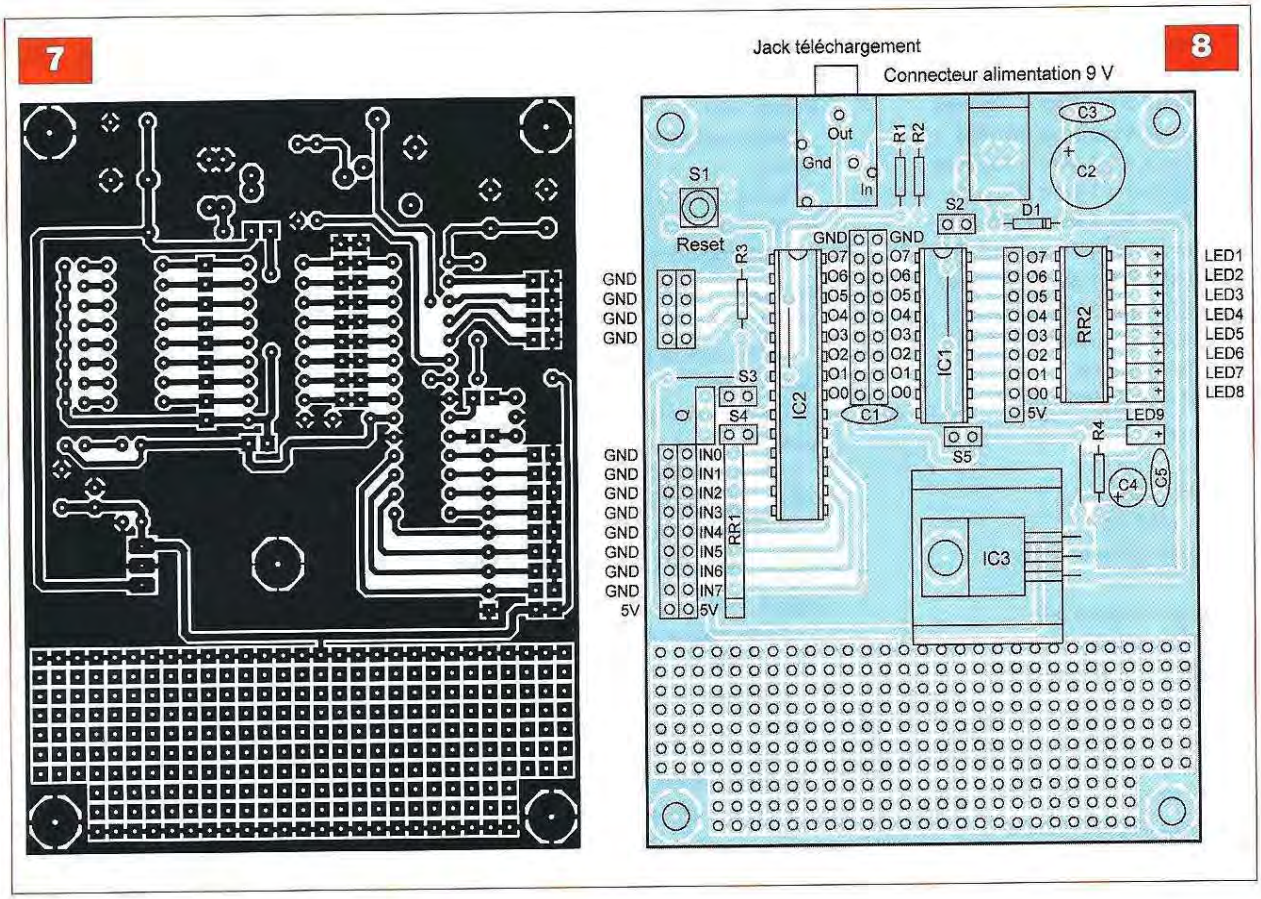
sck et i²c scl (port spi et i²c)
- broche 15 : input 4, output c4, spi sdi et i²c sda (port spi et i²c)
- broche 16 : input 5, output c5 et spi sdo (port spi)
- broche 17 : input 6, output c6, hserout et kb clk (port série et entrée clavier)
- broche 18 : input 7, output c7, hserin et kb data (port série et entrée clavier)

Les lignes de sorties du port B sont accessibles directement en sortie du boîtier Picaxe, mais nous avons également prévu une interface permettant de disposer d'un courant plus important.

C'est IC1, un circuit de type ULN2803A (octuple darlington) qui est chargé de cette fonction.
Sa tension d'alimentation peut être choisie entre le +5 V et la tension primaire, soit +9 V, par la mise en place d'un cavalier sur les commutateurs S2 ou S5.
Attention : bien veiller à ce que les deux cavaliers ne soient pas mis en place simultanément sinon gare au Picaxe qui serait irrémédiablement détruit. Des leds indiquent l'état des sorties du port B.
Attention également aux entrées du convertisseur analogique/numérique : il ne faut pas excéder une tension d'entrée de +5 V sous peine de destruction du circuit.
Les commutateurs S3 et S4 permettent la mise en fonction d'un résonateur 8 MHz (pour une meilleure précision).
La platine est alimentée sous une tension continue de +5 V générée par le régulateur de tension IC3. La tension primaire doit être de +9 V.

La réalisation

Le dessin du circuit imprimé est donné en **figure 7**, tandis que le sché-



ma d'implantation des composants est représenté en **figure 8**.

Une surface pastillée a été prévue dans le bas de la platine. Elle permet le câblage des composants additionnels. Les deux lignes d'alimentation y sont également accessibles.

Le réseau de résistances de limitation du courant des leds doit être d'une valeur de 470 Ω si la tension d'alimentation de l'ULN2803A est de +5 V ou de 1 kΩ si la tension est de +9 V. C'est pour cette raison que ce réseau a été choisi de type DIL et qu'il est inséré dans un support.

Il est préférable de fixer le régulateur de tension IC3 contre un dissipateur thermique car il est susceptible de débiter un courant important si des charges sont connectées en sorties de IC1.

Toutes les sorties du microcontrôleur sont accessibles sur des barrettes sécables de picots.

Le câblage achevé, procéder à une minutieuse vérification des soudures après avoir débarrassé le cuivre de l'excédent de résine au moyen d'acétone ou de dissolvant pour vernis à ongles (moins agressif, mais tout aussi efficace).

Nomenclature

Résistances

R1 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
R2 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R3 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R4 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
RR1 : réseau de 8 résistances SIL 10 kΩ
RR2 : réseau de 8 résistances DIL 470 Ω ou 1 kΩ (voir texte)

Condensateurs

C1, C3, C5 : 100 nF
C2 : 470 µF/16 V
C4 : 10 µF/10 V

Semiconducteurs

D1 : 1N4001
DEL1 à DEL8 : diodes électroluminescentes vertes
DEL9 : diode électroluminescente rouge
IC1 : ULN2803A ou ULN2804A
IC2 : Picaxe 28X
(GoTronic, voir *http://www.gotronic.fr/*)
IC3 : régulateur de tension LM7805

Divers

Q : résonateur céramique 8 MHz
1 support pour circuit intégré 28 broches « étroit »
1 support pour circuit intégré 18 broches
1 support pour circuit intégré 16 broches
1 connecteur jack stéréo (GoTronic)
1 barrette « sécable » de picots simple rangée
1 barrette « sécable » de picots double rangée
3 cavaliers
1 dissipateur thermique pour boîtier TO220
1 bouton-poussoir miniature pour circuit imprimé
1 connecteur alimentation

Les essais

La première opération à effectuer, avant la mise en place des circuits intégrés, est la vérification de la tension d'alimentation. Si l'on obtient les +5 V, on pourra insérer les composants dans leurs supports respectifs. Aucun réglage n'est à effectuer. Il suffit de taper un petit programme sous le « **PICAXE Programming Editor** » et de le télécharger dans le microcontrôleur.

Par exemple :

Programme :

```
' Picaxe 28X1 4096 octets de mémoire
If portc pin0 = 1 then allume1
  ' si input 0 à 1 aller à Allume1
If portc pin1 = 1 then allume2
  ' si input 1 à 1 aller à Allume2
```

```
If portc pin2 = 1 then allume3
  ' si input 2 à 1 aller à Allume3
If portc pin3 = 1 then allume4
  ' si input 3 à 1 aller à Allume4
If portc pin4 = 1 then allume5
  ' si input 4 à 1 aller à Allume5
If portc pin5 = 1 then allume6
  ' si input 5 à 1 aller à Allume6
If portc pin6 = 1 then allume7
  ' si input 6 à 1 aller à Allume7
If portc pin7 = 1 then allume8
  ' si input 7 à 1 aller à Allume8
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume1 :
High 0
  ' sortie output 0 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 0
  ' sortie output 0 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume2 :
High 1
  ' sortie output 1 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 1
  ' sortie output 1 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume3 :
High 2
  ' sortie output 2 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 2
  ' sortie output 2 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume4 :
High 3
  ' sortie output 3 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 3
  ' sortie output 3 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume5 :
High 4
  ' sortie output 4 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 4
  ' sortie output 4 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume6 :
High 5
  ' sortie output 5 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 5
  ' sortie output 5 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume7 :
High 6
  ' sortie output 6 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 6
  ' sortie output 6 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme

Allume8 :
High 7
  ' sortie output 7 à 1
Pause 1000
  ' pause d'une seconde
Low 7
  ' sortie output 7 à 0
Goto programme
  ' retourne à Programme
```

Nous sommes arrivés au terme de cette présentation des Picaxe.
Nous aurons, bien sûr, l'occasion de revenir sur ce sujet et de vous présenter d'autres réalisations intéressantes.

P. OGUIC

GO TRONIC

35ter, Route Nationale - B.P. 45
F-08110 BLAGNY (FRANCE)
E-mail: contacts@gotronic.fr
Tél.: 03.24.27.93.42
Fax: 03.24.27.93.50

ROBOT PICAXE
Ce robot est constitué d'un châssis en plastique équipé de 2 moteurs indépendants et commandé par une carte de contrôle équipée d'un PICAXE-18. De nombreux modules peuvent être ajoutés et utilisés simultanément: suiveur de ligne AXE121, détecteur ultrasonique SRF05, servomoteurs, buzzers, télécommande infrarouge, etc.

Type	Code	Prix ttc
AXE120	25250	64.00 €

MICROCONTRÔLEURS PICAXE
Les microcontroleurs PICAXE se programment facilement en BASIC ou de façon graphique. Une heure de prise en main suffit pour écrire et utiliser votre premier programme. Spécifications et documentations sur www. gotronic.fr.

Type	Entrées/Sorties	Code	Prix ttc
PICAXE-08M	1-4 E/S	25200	3.50 €
PICAXE-14M	5 E/6 S	25201	3.80 €
PICAXE-20M	8 E/8 S	25202	3.95 €
PICAXE-18M	5 E/8 S	25203	8.50 €
PICAXE-28X1	0-12 E/9-17 S	25204	9.80 €
PICAXE-28X2	22 E/S config.	25206	11.20 €
PICAXE-40X1	8-20 E/9-17 S	25205	9.95 €

TÉLÉCOMMANDE AXE040
Cette télécommande infrarouge permet de commander un système PICAXE via l'entrée INFRAIN présente sur les microcontrôleurs.

Type	Code	Prix ttc
AXE040	25251	25.90 €

CD-ROM PICAXE
Contient les logiciels, fiches techniques, manuels, drivers ... En anglais.

Type	Code	Prix ttc
BAS805	25218	4.50 €

CABLES PICAXE
Câbles de téléchargement PICAXE pour:
port série port USB

Type	Code	Prix ttc
AXE026 Série	25215	5.20 €
AXE027 USB	25216	18.50 €

Livraison sous 48 h Colissimo: 8.00 €
Livraison sous 1 semaine: 5.90 €
Paiement:
CB ou chèque à la commande

www.gotronic.fr

En septembre, parution du
catalogue général 2010

L'ORIGINAL DEPUIS 1994
PCB-POOL®
Beta LAYOUT
Spécialistes des circuits imprimés prototypes

NOUVEAU! Un Pochoir-Laser offert sur chaque commande "Prototype"
NOUVEAU! Délai rapide: prototypes en 1 Jour Ouvré
NOUVEAU! Finition étain chimique (aucun changement de prix)

Appel Gratuit
FR 0800 90 33 30

Télécharger vos fichiers et lancer votre commande EN LIGNE
PCB-POOL.COM • sales@pcb-pool.com

On accepte tous les formats suivants:

LA SÉRIE LUXMAN
3045/3500 & MQ360

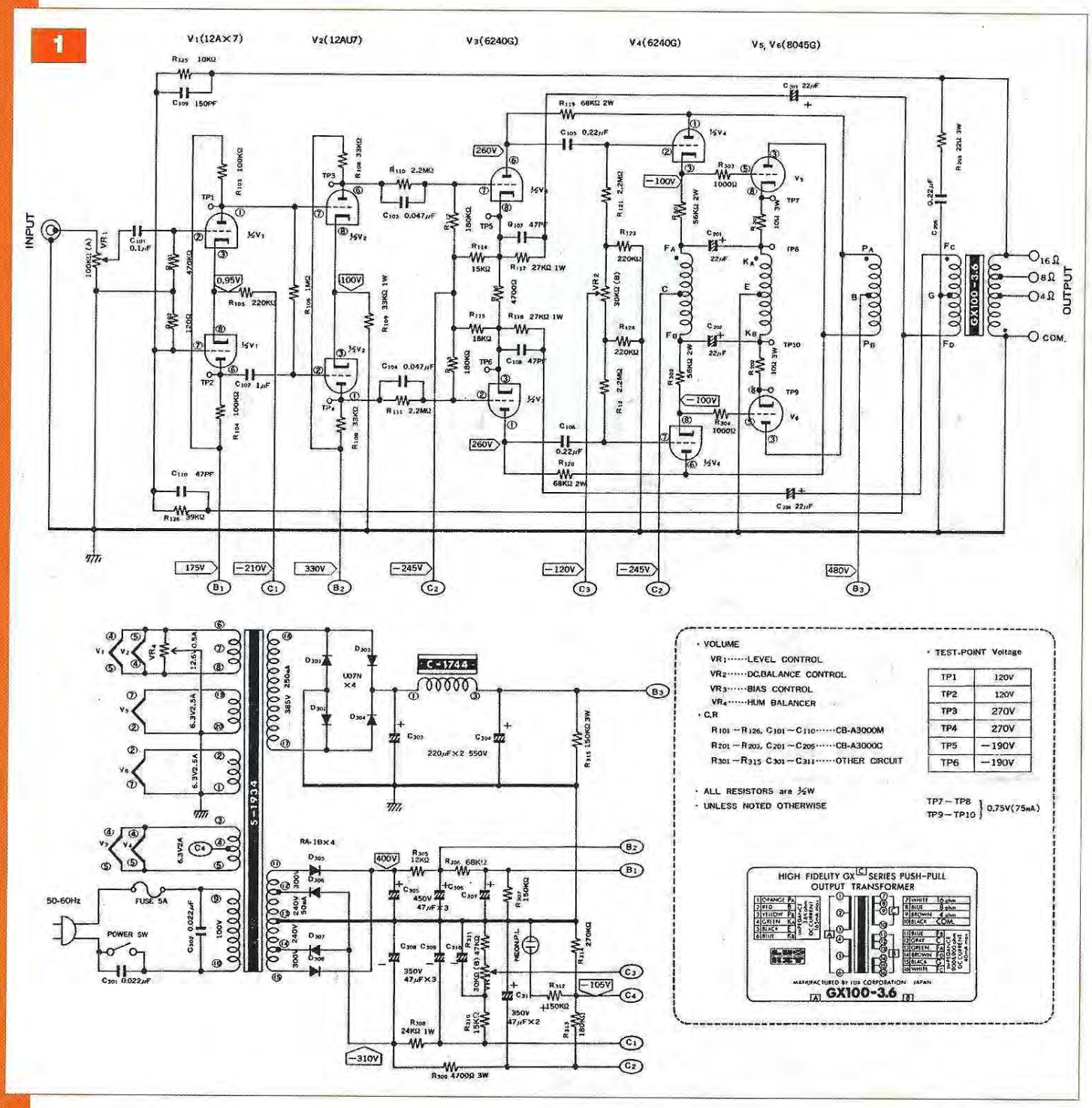
En cette période de crise où des « engins » oubliés ressortent des caves et greniers, les Luxman refont surface. La grande finesse d'analyse du message sonore qui caractérise ces appareils a toujours étonné les auditeurs. Nous vous en révélons le secret.

Nous avons longtemps hésité avant de faire entrer cette série Luxman dans le cadre de notre rubrique consacrée aux montages éprouvés.
En effet, contrairement aux grands classiques décrits jusqu'à présent et à l'exception (comme nous allons le voir) du bloc mono de puissance 3045 qui utilise un transformateur de sortie très original, rien chez ce constructeur n'apparaît comme innovant ou révolutionnaire en matière de conception de ses amplificateurs.

Rappel historique

En toute simplicité, Luxman est la plus ancienne des firmes japonaises, certainement la championne toutes catégories de l'audio à tubes au pays du Soleil levant.
La firme Lux (nom original) est née au Japon en juin 1925 avec, pour spécialité, la fabrication de transformateurs et de commutateurs destinés à la radio. Très vite, elle s'imposa comme une des références mondiales en matière de transformateurs. À la grande période du tube, les transformateurs de sortie de la série « OY » étaient aussi recherchés et célèbres que les Perless et Acrosound fabriqués aux États-Unis.
Pour la petite histoire, sachez que le célèbre OY15 fut créé en 1952 et utilisé jusque dans les années quatre-vingt-dix sur la réédition, par Alpine, du Luxman MQ360.
Quant au GX100 utilisé sur le 3045 (8045 dans sa version originale japonaise), qui ressemble comme un frère au célèbre Mc Intosh, il est né la même année que ce dernier, en 1955... comme c'est bizarre !
Toujours est-il que lors de la traversée du désert de l'électronique à tubes, dans les années soixante-dix, Luxman n'a jamais cessé de fabriquer des amplificateurs et préamplificateurs d'exception à lampes, parallèlement aux électroniques à semiconducteurs réservées au grand public.
Il convient ici de préciser qu'au Japon jamais les vrais audiophiles n'ont cessé de se passionner pour l'électronique à tubes. Ce marché intérieur permit à Luxman de continuer à exister. La firme, vouant une vraie passion aux tubes mais risquant d'être handicapée par la cessation de leur fabrication aux USA et en Europe, se lança dans la fabrication de ses propres triodes et autres tétrodes (avec l'aide de la firme Nec).
Contrairement à Audio Research, qui adapta ses fabrications en fonction des stocks de tubes existants (l'utilisation en audio du tube vidéo 6DJ8/ECC88 en constitue un exemple frappant), Luxman continua son bonhomme de chemin au Japon.
Elle réserva ainsi ses fabrications au marché intérieur resté prospère.
Le 3045 est caractéristique de cette période comprise entre 1975 et 1978. Conçu à l'origine pour fonctionner avec des triodes « maison », les 8045G (dérivées des 811), il est équipé d'un driver utilisant des 6240G « made in Japan » (même gabarit que la 6FQ7/6CG7). Le 3045 sortit des frontières équipé de KT88/6550A que l'on pouvait connecter en tétrodes ou en triodes. C'est cette dernière version que nous avons connue en Europe (**photo d'entrée** et **figure 1**).
Ce bloc mono, d'un poids respectable (15 kg) s'inspire à la fois du Quad II et des Mc Intosh MC30/40 (transformateur oblige !). La charge est répartie entre les anodes et les cathodes des tubes de sortie.
La pièce maîtresse est le transformateur GX 100-3.6 qui ne comporte pas moins de quatre enroulements primaires, dont un réservé aux cathodes du « boot-strap » en driver (comme sur les Mc Intosh MC75 ou 3500) et un autre à une **contre-réaction symétrique** (l'idéal !) du pré-driver.
Cet amplificateur mono est toujours très recherché, sa dynamique s'ap-

1



parente aux Mc Intosh et sa finesse d'analyse aux Audio Research de la série « D ».

Les Luxman classiques

Parallèlement au 3045, Luxman commercialisa un amplificateur plus modeste (que nous ne possédons pas, donc pas de photo !).

Le 3500 pouvait utiliser des 6CA7/EL34 ou des 6L6 GC (**figure 2**). Cet appareil fut aussi vendu en kit.

L'amplificateur 3500 était un ultra-linéaire utilisant le célèbre transformateur OY 15-5 s'inspirant directement du schéma Dynaco (lire nos précédents articles).

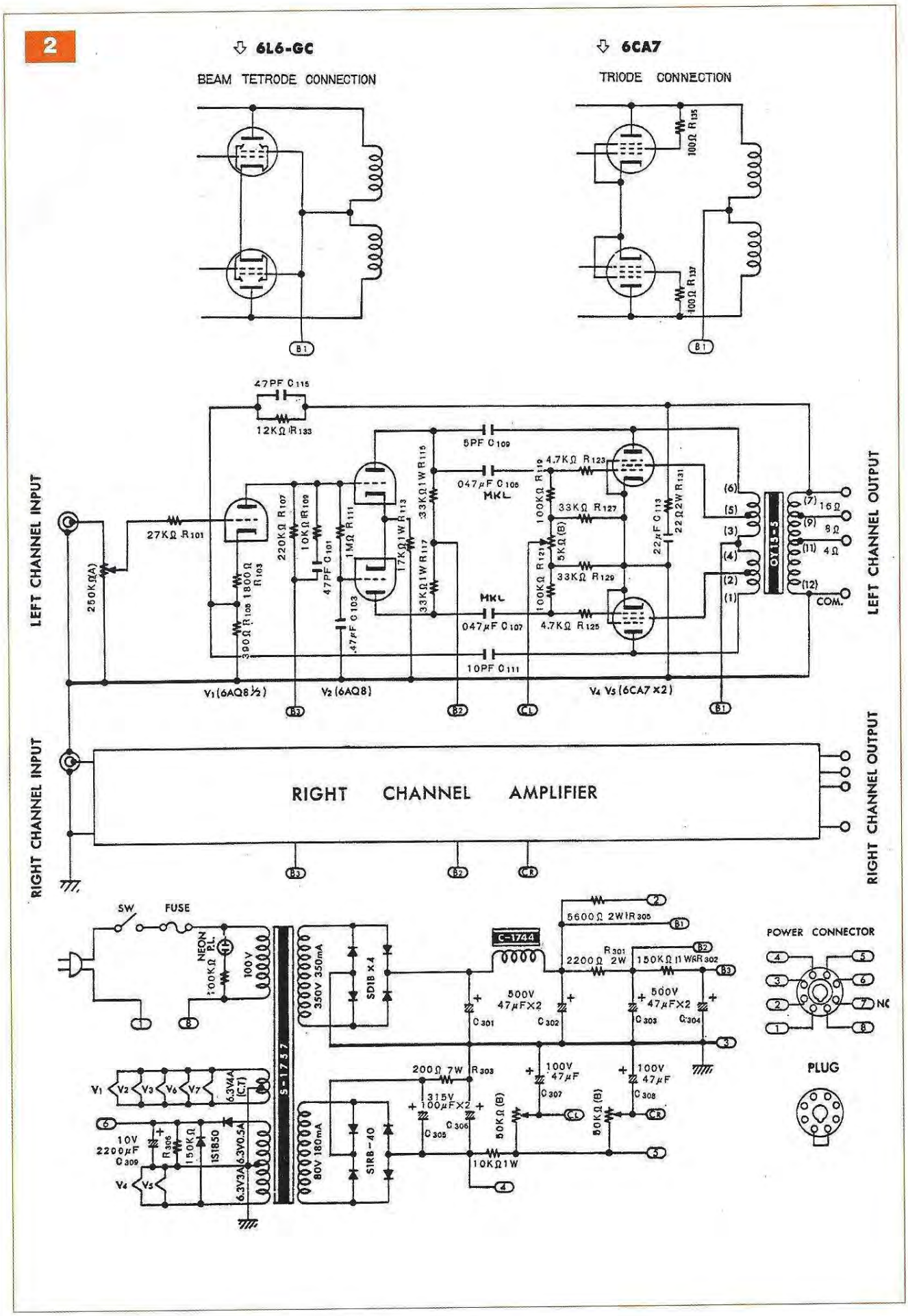
Ici, point de fioritures, de l'hyperclassique, mais avec un atout de taille (que l'on retrouve dans tous les Luxman à partir de 1975).

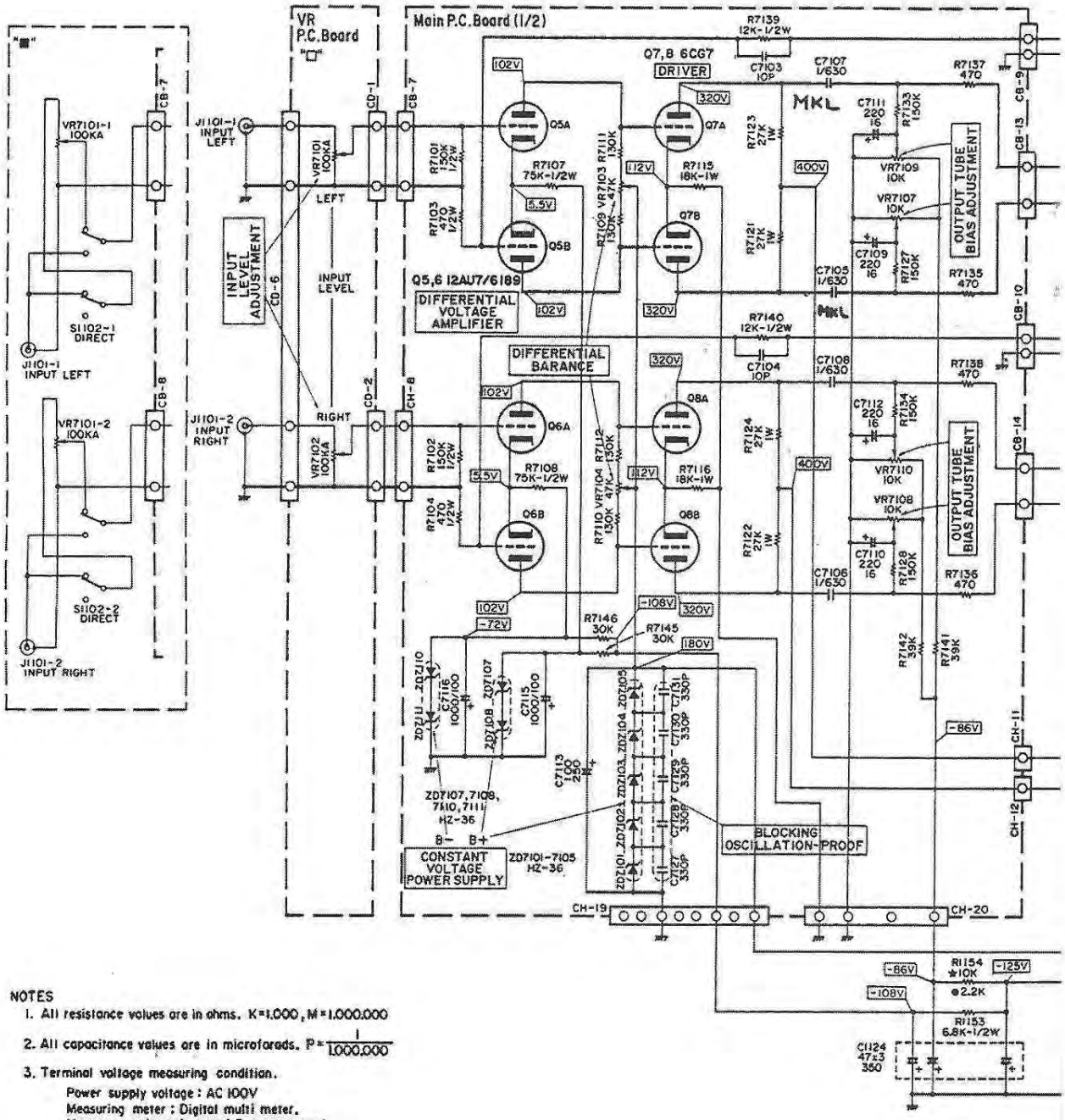
À l'exception de certains audiophiles, **Luxman fut, en effet, la première firme industrielle à se pencher sur le problème des composants.**

Dans cette série d'amplificateurs, rien n'a donc été laissé au hasard. Les condensateurs et les résistances sont parfaitement appareillés et choisis en fonction de leur qualité sonore. C'est la première fois qu'une firme est allée aussi loin en matière d'électroniques à tubes fabriquées en grande série.

Si vous envisagez de reproduire un 3045, rien de plus facile puisqu'il s'agit d'un ultra-linéaire classique.

Ce qui l'est moins, c'est la qualité des


2
6L6-GC
BEAM TETRODE CONNECTION
6CA7
TRIODE CONNECTION
LEFT CHANNEL INPUT
LEFT CHANNEL OUTPUT
RIGHT CHANNEL INPUT
RIGHT CHANNEL OUTPUT
RIGHT CHANNEL AMPLIFIER
V1 (6AQ8 1/2)
V2 (6AQ8)
V4 V5 (6CA7 ×2)
OYLS-5
COM.
SW
FUSE
NEON P.L.
100V
S-1757
C-1744
SD1B ×4
S1RB-40
POWER CONNECTOR
PLUG
NC



NOTES

1. All resistance values are in ohms. K=1,000, M=1,000,000
2. All capacitance values are in microfarads. $P = \frac{1}{1,000,000}$
3. Terminal voltage measuring condition.
   Power supply voltage : AC 100V
   Measuring meter : Digital multi meter.
   Measuring point reference : Between groud.
   Measuring condition : No signal input.
4. ★ : For Japan model only (JA)
   ● : For France model only (FK)
   □ : For Japan model (Before Serial No.51210100) only (JA)
   ■ : For Japan model (After Serial No.60410101A) (JA) and France model only (FK)

3

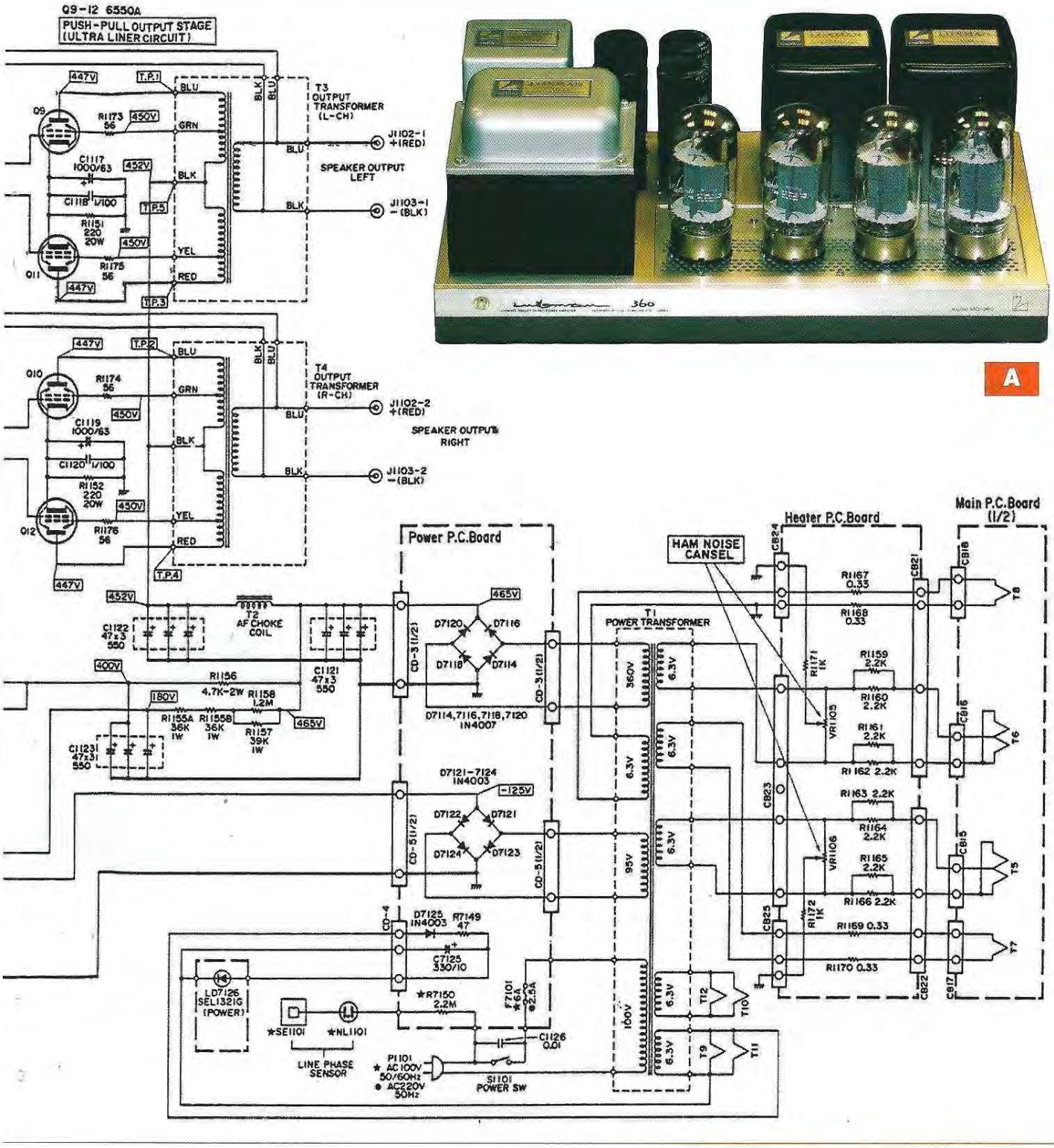
composants. Si vous possédez un bon transformateur de sortie ultra-linéaire de 5000 Ω, plaque à plaque au primaire, vous pouvez tenter l'aventure, mais il y a peu de chance que vous trouviez les résistances et les condensateurs fabriqués spécialement par et pour Luxman.

Même observation pour le petit frère lancé en 1984 par la firme tout juste rachetée à l'époque par Alpine : le MQ360.

Le MQ360

Bien qu'Alpine n'ait pas laissé un souvenir impérissable à la marque Luxman, il fallut moins de dix ans pour que le MQ360 (**figure 3**) devienne un appareil mythique.

De par sa finition et son aspect extérieur tout d'abord (**photo A**), le 360 est vraiment un bel objet, très lourd et très beau (attention au tour de reins !). À l'intérieur, il est encore plus beau. Tout est étudié, c'est « clean », facile d'accès, donc aisé à dépanner... bien



que cela tombe très rarement en panne ! Cet atout a contribué à la réputation de l'engin.

Pourquoi si peu de pannes ? Tout simplement parce que les tubes de puissance (KT88/6550A) sont utilisés bien en deçà de leurs possibilités.

Si on « pousse » ces tubes en utilisant des tensions plus élevées (ce qui est le cas de nombreux amplificateurs), on obtient sans problème des puissances de l'ordre de 80 W, aux dépens de leur durée de vie. Avec les 450 V de haute tension du MQ360, on ne peut guère dépasser 40 W, mais quelle sécurité !

Lancé en 1984, ce MQ360 parvint en Europe trois ans plus tard, alors que les audiophiles du monde entier commençaient à redécouvrir la qualité particulière du « son tubes ».

L'appareil arriva sur le marché international au bon moment. En 1987, ce MQ360 coûtait cher : 25 000 francs, soit environ 15 000 € en euros constants d'aujourd'hui, cependant quelle qualité !

Le schéma directement inspiré du 3500 est du type ultra-linéaire. Il utilise, bien entendu, le transformateur OY15 (toujours lui !), fabriqué à nouveau spécialement pour l'appareil et surtout des composants sélectionnés avec très grand soin selon la philosophie Luxman (bien que l'engin fût fabriqué dans une usine Alpine à Hong Kong).

Deux astuces de montage sont à signaler.

La première réside dans une résistance commune de cathode dans le push-pull de puissance.

Laquelle présente l'avantage de limiter l'emballement des tubes de sortie en cas de panne de la tension négative de polarisation.

Cette résistance de 220 Ω (20 W), qui, normalement, en classe AB, est une source de distorsions (voir cours précédents), est fortement découplée par un condensateur de 1 000 µF afin d'éviter cet inconvénient majeur.

La seconde astuce est rarement utilisée en audio, on ne la trouve généralement que sur des appareils de mesures.

Il s'agit de l'utilisation d'une tension négative de l'ordre de -70 V à -80 V appliquée au pied de la résistance de cathode de l'inverseur de phase de Schmidt (R7107, R7108 de 75 kΩ sur Q5/6 12AU7).

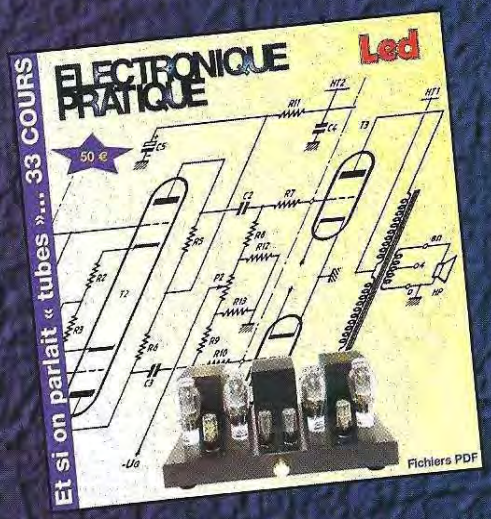
Ceci permet d'augmenter la valeur de cette résistance (75 kΩ, ce qui est énorme !) et de compenser ainsi le déséquilibre et la distorsion propres à ce type d'inverseur.

Une stabilisation de tension, sommaire mais suffisante par diodes zéners, régule la tension de cet étage (ZD7108 à 20 ZD 7110).

En conclusion

Hors ses qualités réelles, si nous avons choisi ce mois-ci de vous présenter le MQ360, c'est pour répondre à la demande de nombreux lecteurs qui, pour leurs réalisations personnelles, désirent s'inspirer de schémas connus et facilement reproductibles. N'oubliez pas que si vous entreprenez une telle démarche et que vous ne possédez pas le transformateur d'origine, vous serez obligé de revoir par vous-même les constantes de temps des lignes de contre-réaction (R7139/C7103, R7140/C7104). C'est surtout vrai en ultra-linéaire où un amplificateur peut très vite se transformer en oscillateur haute fréquence. Ce qui, avouons-le, n'est pas l'objectif recherché !

R. BASSI



Et si on parlait tubes...

33 COURS EN UN SEUL CD-ROM

Connaître et maîtriser le fonctionnement des tubes électroniques

Bon à retourner à : TRANSOCÉANIC - 3, boulevard Ney 75018 Paris - France

EP 340

☐ Je désire recevoir le CD complet 33 premiers cours (fichiers PDF) « Et si on parlait tubes... »

France : 50 € **Union européenne : 52 €** **Autres destinations : 53 €**

☐ J'envoie mon réglement ☐ **par chèque joint** *à l'ordre de Transocéanic*

☐ **par virement bancaire** *(IBAN : FR76 3005 6000 3000 3020 1728 445/BIC : CCFRFRPP)*

Nom : Prénom :

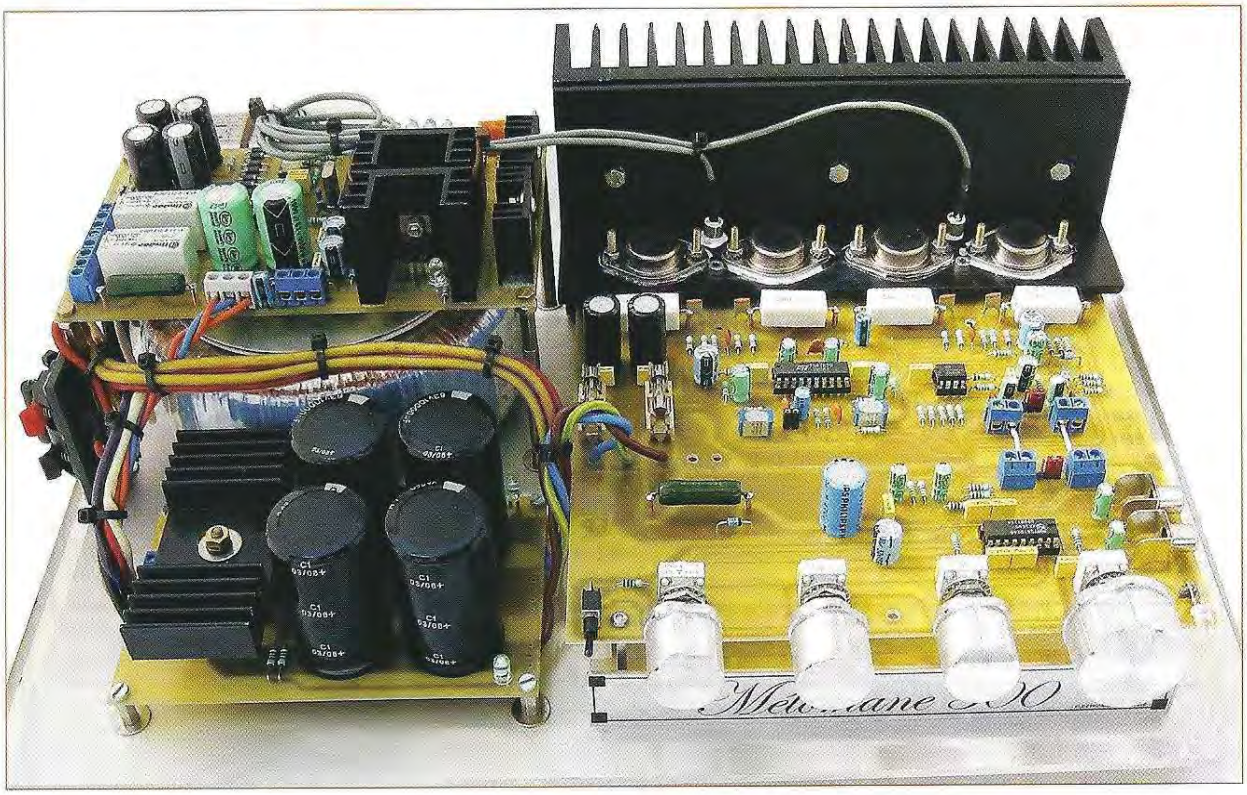
Adresse :

Code postal : Ville-Pays : Tél. ou e-mail :

LE MÉLOMANE 300

Amplificateur - Préamplificateur - Correcteur

2 x 130 W/4 Ω ou 1 x 300 W RMS/8 Ω



Nous vous proposons régulièrement des modules « audio » et des amplificateurs de puissance de grande qualité. Le présent article ne déroge pas à cette règle puisqu'il vous invite à réaliser non pas un module, mais un amplificateur haute-fidélité complet de forte puissance avec son alimentation, son préamplificateur et son correcteur de tonalité à deux voies, agrémenté d'un filtre de contour ou physiologique (renforcement du grave à bas niveau d'écoute).

En version stéréophonique, le Mélomane 300 peut délivrer 2 x 130 watts RMS avec des charges de 4 Ω, ou 2 x 70 watts RMS en 8 Ω. Il suffit de le configurer en mode « ponté », à l'aide de deux simples cavaliers (ou d'un inverseur), pour obtenir non moins de 300 watts RMS/8 Ω.

Attention, il s'agit bien de puissances efficaces réelles et non musicales, autrement dit ces puissances mises en avant comme arguments de vente pour nombre de produits commerciaux. Nous avons étudié un circuit imprimé très complet et optimisé supportant l'intégralité du montage, hormis l'alimentation.

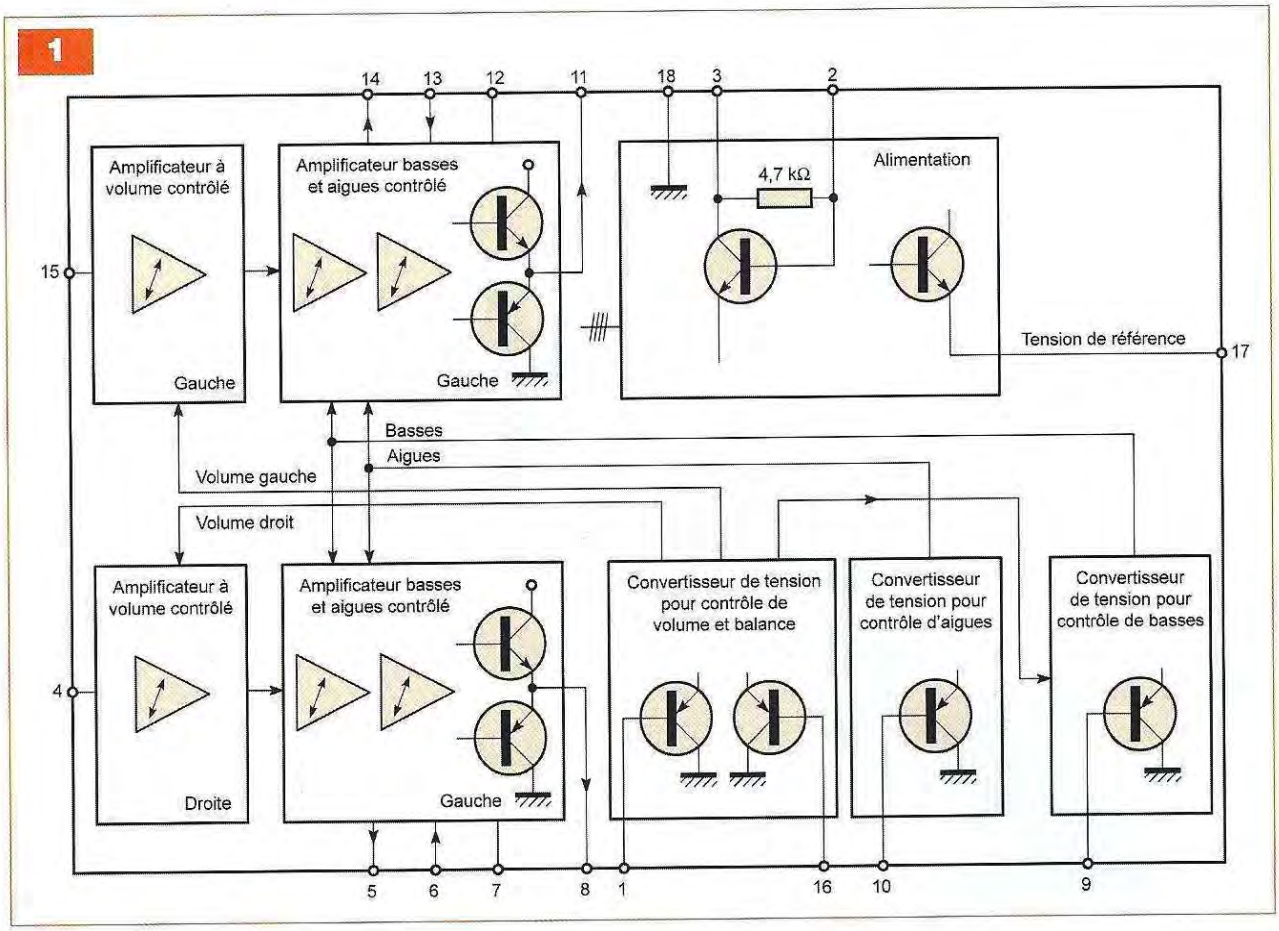
De ce fait, nous supprimons totalement les câblages externes (potentiomètres et raccordements divers), principales causes de dysfonctionnements et de parasites dans les réalisations « audio ». Aucune mise au point n'est requise. La réalisation repose sur l'emploi de circuits intégrés et transistors de puissance performants, facilement disponibles à un coût très raisonnable.

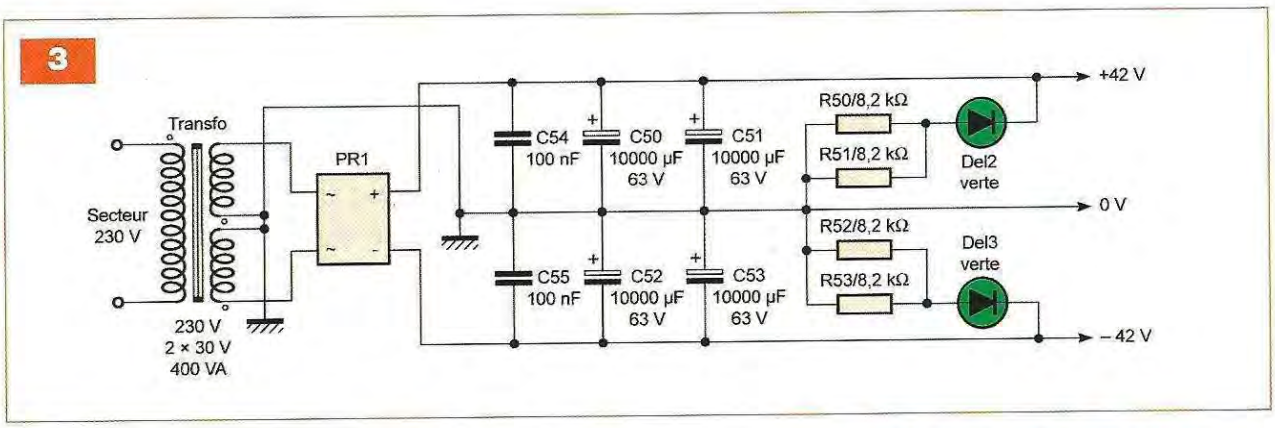
Par sécurité et pour parfaire cet amplificateur, nous vous invitons à lui adjoindre le circuit de protection décrit dans le n°339 d'*Électronique Pratique* (juin 2009), comme visible sur notre photo d'entrée.

Caractéristiques

Les mesures de puissance ont été effectuées dans notre laboratoire à l'aide de la charge passive décrite dans le n°338 d'*Électronique Pratique* (mai 2009) avec un signal sinusoïdal de 1 kHz.

- Mode Stéréo, sous 8 Ω : puissance RMS = 70 watts (71,4 mesurée)
- Mode Stéréo, sous 4 Ω : puissance RMS = 130 watts (139,2 mesurée)
- Mode Mono (ponté), sous 8 Ω : puissance RMS = 300 watts (301,3 mesurée)
- Tension d'alimentation symétrique : ± 42 volts



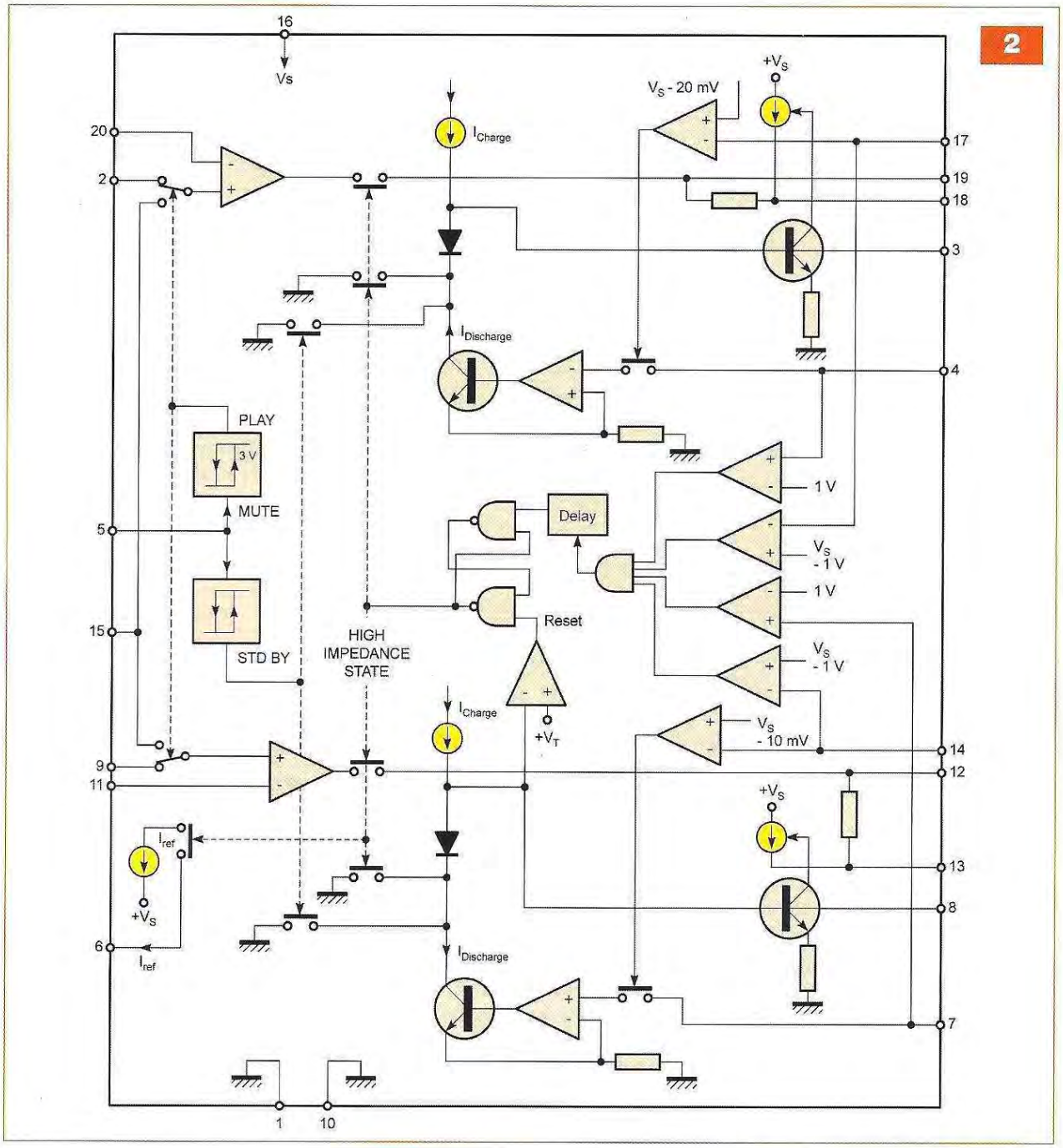


• Réponse en fréquence : comprise entre 10 Hz et 50 kHz
• Efficacité de la correction des basses à 40 Hz : de -19 dB à +17 dB
• Efficacité de la correction des aiguës à 16 kHz : de -15 dB à +15 dB
• Filtre de contour (ou physiologique) commutable
• Très faible bruit et faible distorsion
• Distorsion harmonique à 1 kHz pour 40 W en sortie : 0,004 % (donnée fabricant du TDA7250)
• Distorsion harmonique à 20 kHz pour 40 W en sortie : 0,03 % (donnée fabricant du TDA7250)
• Réglages contrôlés en tension (volume, balance, basses, aiguës et filtre)
• Pas de signaux « audio » sur les organes de commande
• Protection contre les surcharges et courts-circuits en sortie
• Commande de silence (MUTE).
• Aucune mise au point
• Contrôle automatique du courant de repos (fonctionnement immédiat)
• Pas de câblage externe des organes de commande
• Pas de câblage externe entre l'amplificateur et le préamplificateur
• Pas de câblage externe des transistors de puissance.

Schéma de principe

Les composants

Après une sélection très stricte, nous avons fait appel à des circuits intégrés performants ayant fait leurs preuves. Le TDA1524A se charge de tous les contrôles et de la préamplification. L'amplificateur opérationnel OPA2604 est l'un des meilleurs dans le domaine de l'audio, il joue le double rôle de déphaseur et de préamplificateur secondaire.
Enfin, le TDA7250 est un « driver » très complet pour les transistors de puissance complémentaires Darlington



MJ11015 et MJ11016. Il intègre toutes les protections nécessaires ainsi que la mise sous tension en douceur.

À nos lecteurs désireux d'entrer dans les détails du fonctionnement, nous proposons le schéma interne du TDA1524A en **figure 1** et celui du TDA7250 en **figure 2**.

Les transistors MJ11015 et MJ11016 supportent chacun une puissance de 200 W, une tension de 120 V, un courant de fonctionnement de 30 A et ont un gain en courant de 1000, de véritables « bêtes » à amplifier !

Abordons maintenant la description détaillée de cet amplificateur par section.

L'alimentation

L'alimentation est simple et traditionnelle, mais musclée afin de répondre instantanément aux sollicitations des montées en puissance. Un transformateur de 400 VA torique ou, mieux encore, en « R », délivre deux tensions de 30 V chacune (**figure 3**).

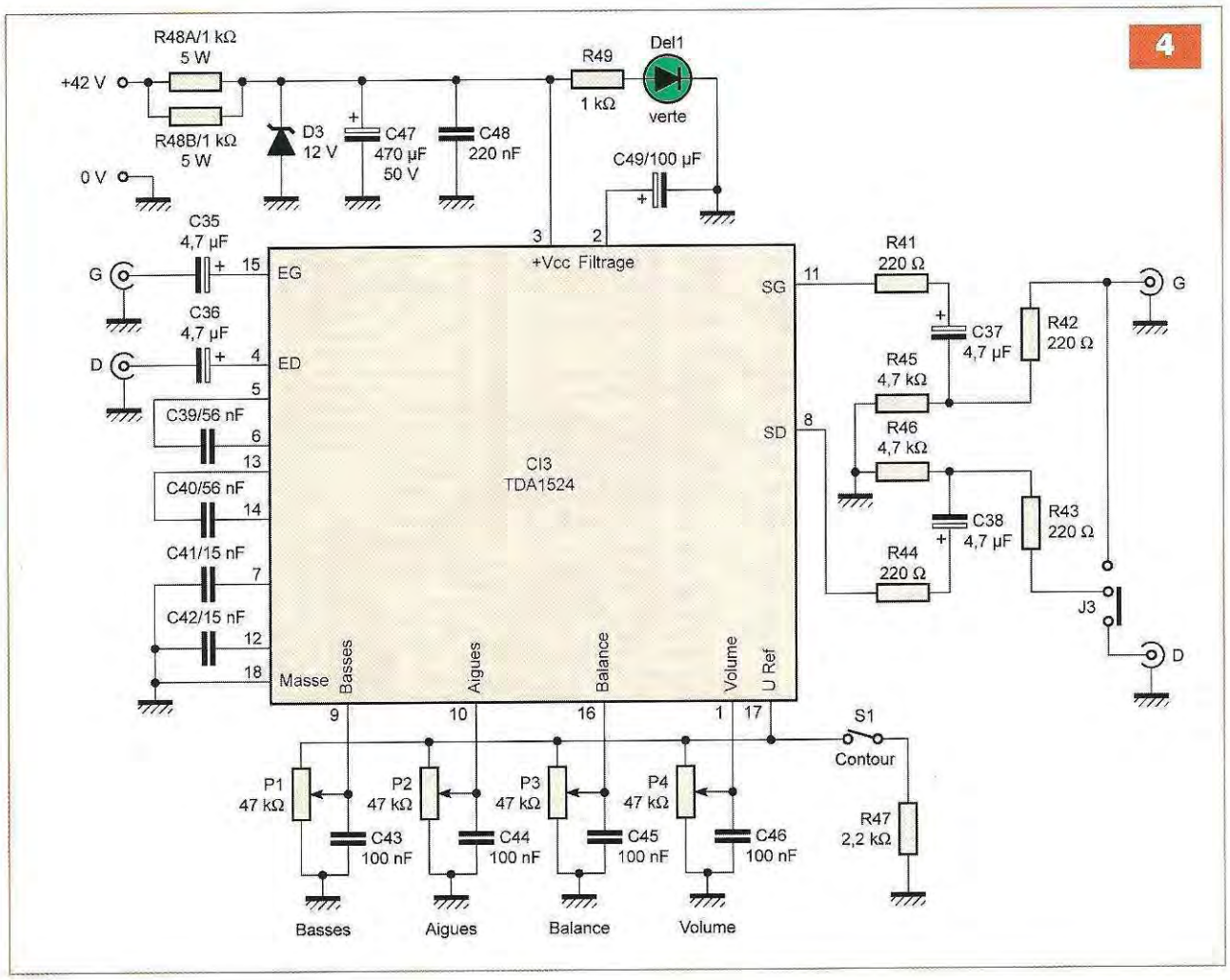
Après redressement à l'aide du pont de puissance PR1 de 17 A et un efficace filtrage par les condensateurs C50 à C55, nous obtenons une tension symétrique de ± 42 V par rapport à la masse. Les Del2 et Del3, limitées en courant par les résistances R50 à R53, attestent de la présence de ces deux tensions.

Avant le transformateur, il est bien sûr recommandé de câbler un interrupteur, un fusible et un filtre secteur capables de supporter l'intensité requise en pointe (4 A à 5 A).

Le préamplificateur/correcteur

Le circuit CI3, TDA1524A, simplifie considérablement le schéma (voir **figure 4**). Hormis les organes de réglages, peu de composants l'entourent.

Les signaux attaquent les entrées de



CI3 via les condensateurs de liaisons C35 et C36, afin de bloquer toute composante continue.

Les signaux des sorties passent par des filtres RC constitués, d'une part, de C37 et R45 et, d'autre part, de C38 et R46.

Les résistances R41 à R44 servent de protection pour les charges capacitives et pour les sorties lors de la commutation en version mono à l'aide du cavalier J3. Les condensateurs C41 et C42 assurent la stabilité contre les perturbations HF. La correction des basses et du filtre de contour dépend des condensateurs C39 et C40.

Le grand intérêt de ce circuit intégré réside dans l'emploi de potentiomètres linéaires simples, P1 à P4, pour agir respectivement sur les basses, les aiguës, la balance et le volume sur les deux canaux.

Ces derniers prélèvent une fraction de la tension de référence présente sur la broche (17) de CI3 et l'injectent aux amplificateurs internes contrôlés en tension.

Aucun signal « audio » n'arrive sur les organes de commande, meilleur gage d'immunité aux bruits et parasites. Les condensateurs C43 à C46 découplent les tensions de réglage au plus près des potentiomètres.

Habituellement, le niveau sonore est commandé par un potentiomètre à courbe logarithmique. Dans notre cas, le TDA1524A modifie la réponse en conséquence à partir d'un potentiomètre à courbe linéaire.

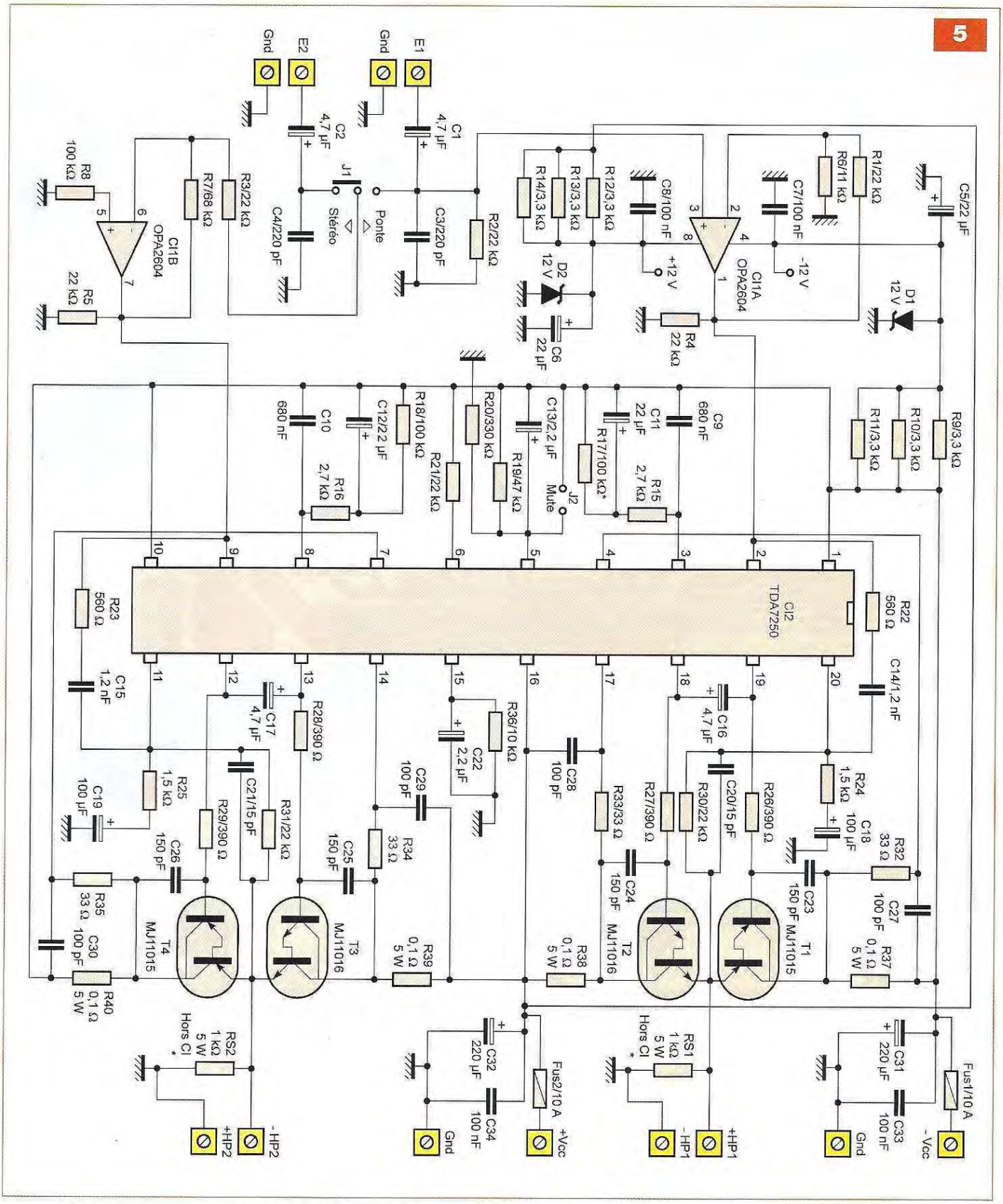
S1 permet la commutation du filtre de « contour » appelé aussi « physiologique » ou « loudness ». Il est basé sur la détection de courant. Lorsque la résistance R47 est raccordée à la tension de référence, broche (17) de CI3, la courbe de réponse est linéaire. Dans le cas contraire, le filtre de contour est appliqué. Cette correction renforce les basses fréquences à faible volume, donnant ainsi plus de chaleur au son.

L'alimentation du préamplificateur/correcteur est issue de la tension positive (+42 V) de l'étage de puissance. Les résistances R48A et B la font chuter avant la stabilisation à +12 V par la diode zéner D3.

Le filtrage est assuré par C47, C48 et C49. La Del1, limitée en courant par la résistance R49, visualise le bon fonctionnement de cette alimentation stabilisée.

L'amplificateur

Afin de permettre un fonctionnement stéréophonique ou monophonique, nous avons fait précéder le circuit TDA7250 d'un déphaseur constitué de CI1 (**figure 5**). Ce dernier, un OPA2604, se compose de deux « AOP » (amplificateurs opérationnels). L'un est monté en amplificateur « inverseur » et l'autre « non inverseur ». Ce type de montage est indispensable pour « ponter » un amplificateur stéréophonique et obtenir ainsi une puissance multipliée par trois sur un seul canal. Le cavalier J1 détermine le mode de fonctionnement.



Les circuits RC composés de C1, R2 et C2, R3 limitent la composante continue et les très basses fréquences. Les condensateurs C3 et C4 évitent les perturbations HF.

Le gain en tension est volontairement limité à (3) afin de ne pas saturer le circuit « driver » CI2.

Voici les formules permettant de calculer ce gain :

- Pour l'entrée « inverseuse » :

$$\beta = R7/R3$$

soit

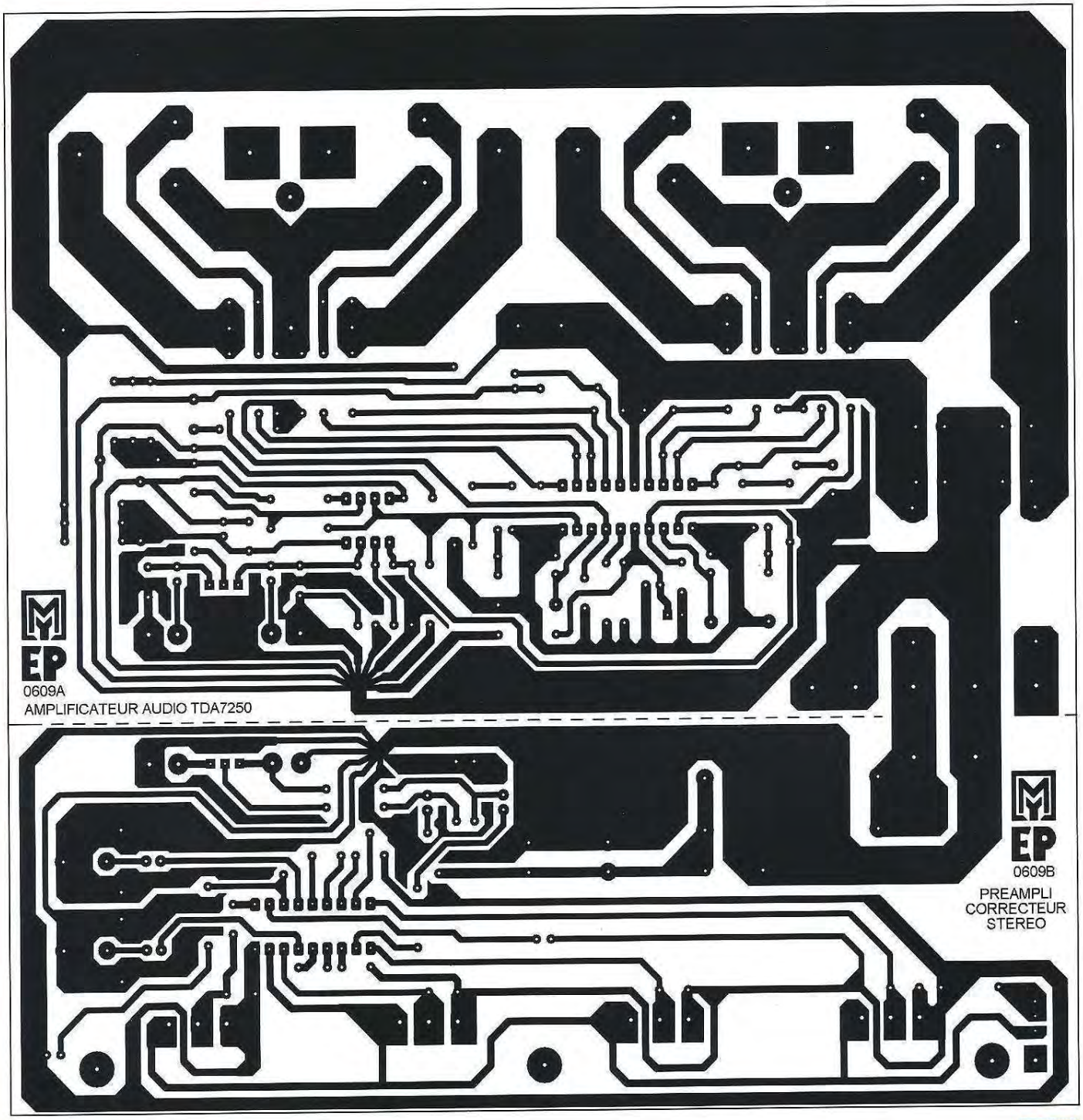
$$\beta = 68000/22000 = 3{,}09$$

- Pour l'entrée « non inverseuse » :

$$\beta = 1 + (R1/R6)$$

soit

$$\beta = 1 + (22000/11000) = 3$$



6

Les alimentations de CI1 sont issues des tensions symétriques de l'étage de puissance (± 42 V).
Les résistances R9 à R14 les font chuter et les diodes zéners D1 et D2 les stabilisent à ±12 V.
Les filtrages sont assurés par C5 et C6, les condensateurs C7 et C8 les découplent au plus près de CI1.
Le module d'amplification correspond à la notice du fabricant du TDA7250.

Celui-ci est un circuit destiné à attaquer deux paires de transistors de puissance « Darlington » afin d'obtenir un amplificateur stéréophonique haute-fidélité de forte puissance.
Les signaux provenant du déphaseur arrivent sur les entrées « non inverseuses », sur les broches (2) et (9).
Les entrées «inverseuses», broches (11) et (20) permettent d'appliquer la contre-réaction. Le gain en tension des deux canaux répond aux relations suivantes :

- pour le canal 1 :

$$\beta = 1 + (R30/R24) = 1 + (22000/1500) = 15{,}6$$

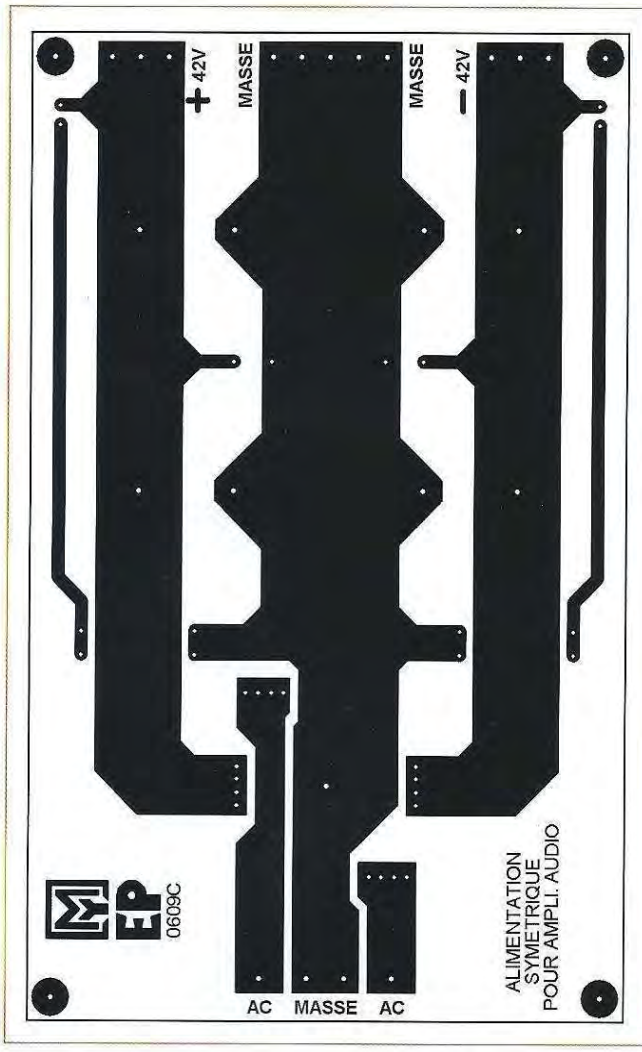
- pour le canal 2 :

$$\beta = 1 + (R29/R25) = 1 + (22000/1500) = 15{,}6$$

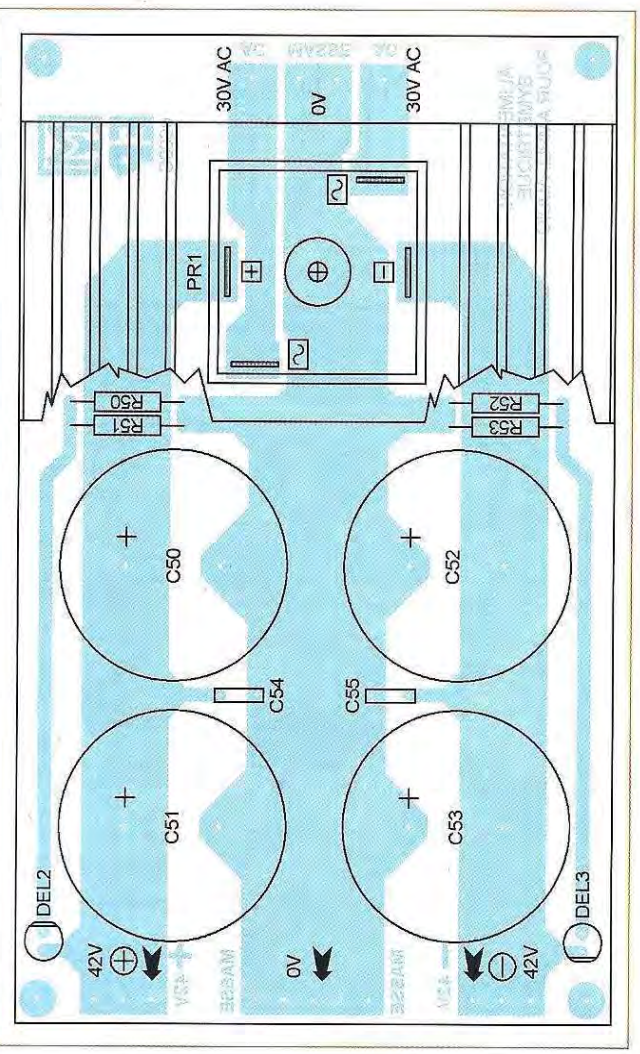
Le gain total correspond au gain du déphaseur multiplié par celui de l'amplificateur, soit :

$$\beta = 3 \times 15{,}6 = 46{,}8$$

7



8



Les composants, connectés aux broches (3) et (8), C9 à C12 et R15 à R18, travaillent comme des intégrateurs destinés à contrôler le courant de repos des étages de sortie en l'absence de signal sur les entrées.

Si la tension descend sous le seuil de 250 mV, le circuit fait passer les étages de sortie en haute impédance. La broche (6) via la résistance R21 surveille le mode haute impédance.

A noter que la résistance R17 n'est pas câblée, conformément à la notice du fabricant.

Le circuit TDA7250 est également équipé d'une fonction « composée » permettant trois états : la veille, le silence et la musique (*standby, mute, play*), celui-ci est déterminé par la tension présente sur la broche (5).

• Veille (*Standby*) : U = moins de 1 V. Aucun courant ne circule dans l'étage de sortie.

• Silence (*Mute*) : U compris entre 1 V et 3 V. Seul le courant de repos circule dans l'étage de sortie.

• Musique (*Play*) : U = plus de 3 V. Fonctionnement normal.

Les composants R19, R20 et C13 se chargent de positionner le circuit en mode « musique ». La jonction des deux broches du connecteur J2 force le mode « veille ».

Les bases des transistors de puissance T1 à T4 sont commandées par les broches (19), (18), (13) et (12) via les résistances R26 à R29. Les résistances de collecteur R37 à R40 protègent T1 à T4 et servent de capteurs de courant. Les broches (4), (7), (14) et (17), via les résistances R32 à R35, analysent le courant circulant dans les résistances de puissance R37 à R40, afin d'éviter les surcharges, par un contrôle du courant de repos.

Les divers et nombreux condensateurs en céramique assurent la stabilité de l'amplificateur et le protègent des perturbations HF véhiculées par le secteur. C31 à C34 découplent les alimentations de puissance dès l'entrée. Les fusibles Fus1 et Fus2 sont largement calibrés (10A) afin d'éviter toute coupure intempestive due à une montée brutale en puissance.

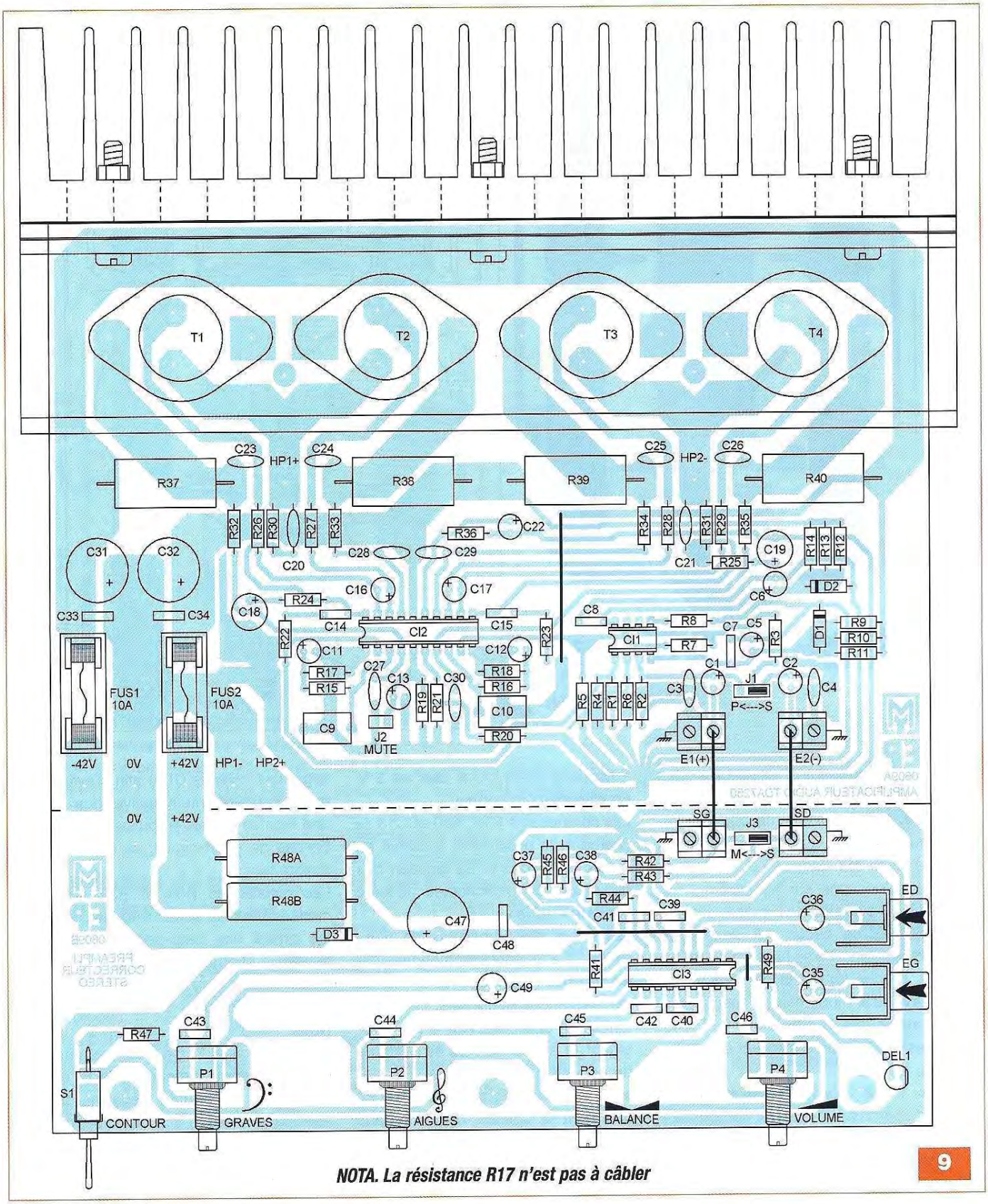
En cas de court-circuit, ils fondront malgré tout.

Les résistances RS1 et RS2 sont câblées hors du circuit imprimé, sur les prises des haut-parleurs. Elles servent à charger « fictivement » les amplificateurs lors de la mise sous tension à vide ou en mode ponté.

Noter l'inversion de polarité de la charge du canal 2. Ce n'est pas une erreur ! La sortie (émetteurs de T3 et T4) donne la polarité négative du haut-parleur (-HP2) afin de respecter la mise en phase, inversée par le déphaseur.

La réalisation

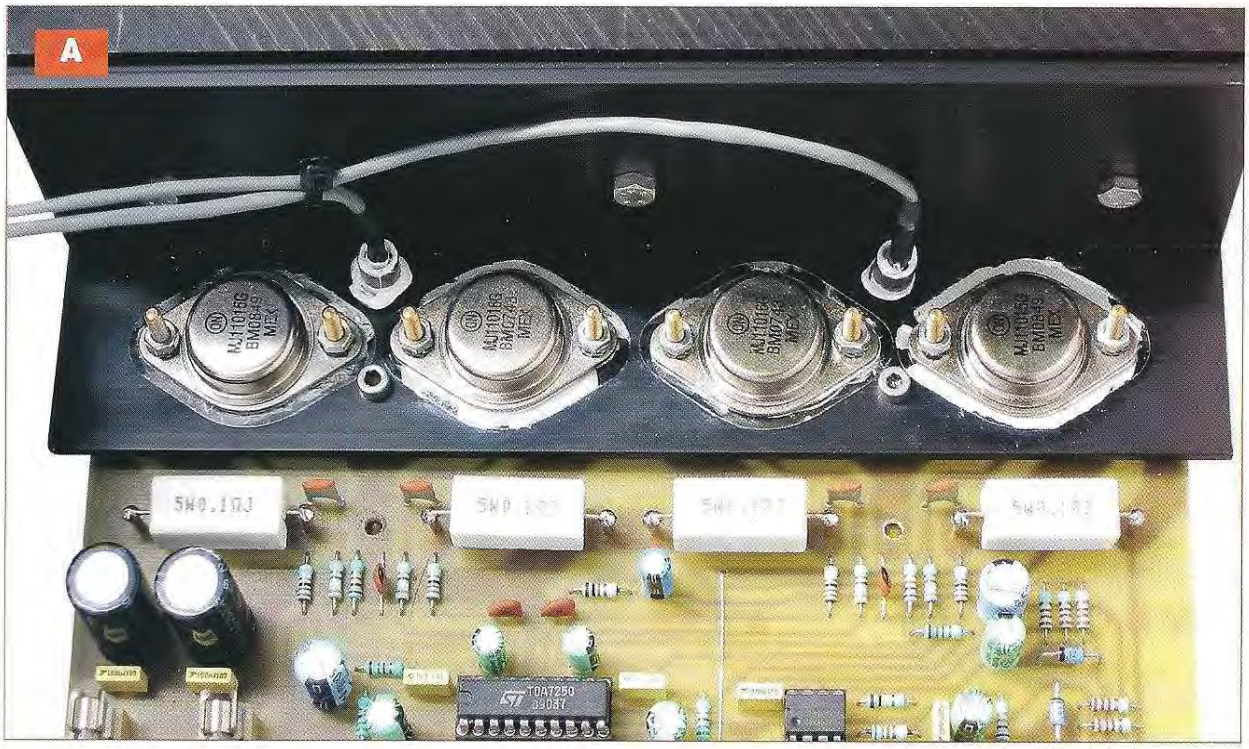
La qualité d'une installation « audio », et plus particulièrement d'un amplificateur, dépend de plusieurs facteurs. L'alimentation doit être musclée et exempte de ronflements induits par le



NOTA. La résistance R17 n'est pas à câbler

9

secteur. Le choix du transformateur est essentiel : opter pour un modèle torique ou, mieux encore, un type « R ». Les composants passifs (résistances et condensateurs), de bonne technologie, assurent une excellente stabilité. Les transistors de puissance, largement dimensionnés, évitent un fonctionnement aux limites sonores et thermiques de l'amplificateur (préférer les boîtiers métallique TO3 et éviter les équivalents moins fiables). Enfin, un mauvais câblage est source de parasites et de ronflements : les pistes supportant la puissance doivent être suffisamment larges et les masses doivent être reliées en « étoile » en un point commun.



Nomenclature

Résistances 5%
R1 à R5, R21, R30, R31 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
R6 : 11 kΩ (marron, marron, orange)
R7 : 68 kΩ (bleu, gris, orange)
R8, R18 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
[R17 non câblée, voir texte]
R9 à R14 : 3,3 kΩ (orange, orange, rouge)
R15, R16 : 2,7 kΩ (rouge, violet, rouge)
R19 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)
R20 : 330 kΩ (orange, orange, jaune)
R22, R23 : 560 Ω (vert, bleu, marron)
R24, R25 : 1,5 kΩ (marron, vert, rouge)
R26 à R29 : 390 Ω (orange, blanc, marron)
R32 à R35 : 33 Ω (orange, orange, noir)
R36 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
R37 à R40 : 0,1 Ω/5 W
R41 à R44 : 220 Ω (rouge, rouge, marron)
R45, R46 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
R47 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
R48 : 470 Ω/5 W (2 x 1 kΩ)
R49 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)
R50 à R53 : 8,2 kΩ (gris, rouge, rouge)
RS1, RS2 : 1 kΩ/5 W

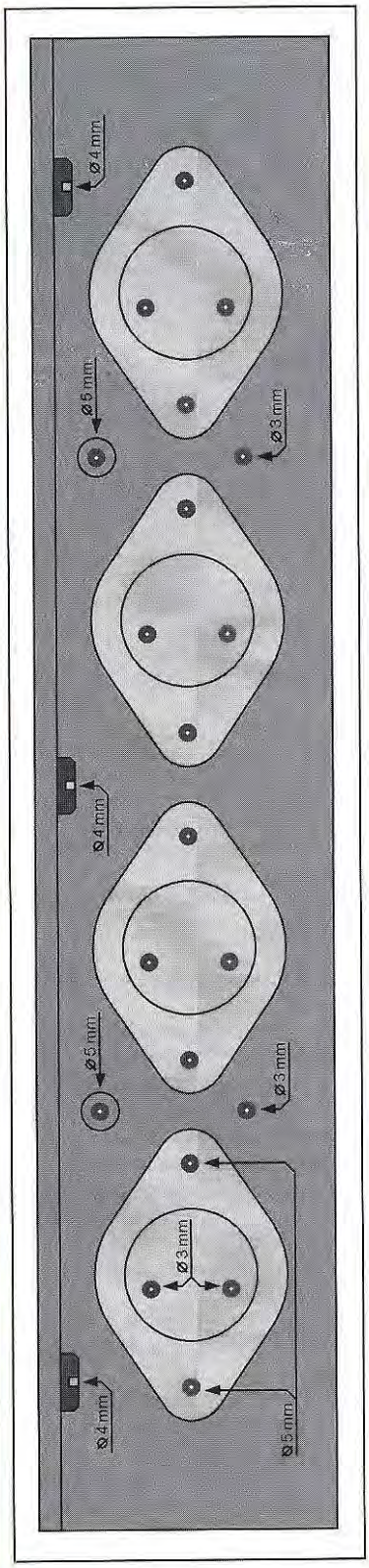
Potentiomètres
P1 à P4 : potentiomètres simples « Cermet » 47 kΩ à courbe linéaire

Condensateurs
C1, C2, C16, C17, C35 à C38 : 4,7 µF/63 V (électrochimiques à sorties radiales)
C3, C4 : 220 pF (céramiques)
C5, C6, C11, C12 : 22 µF/63 V (électrochimiques à sorties radiales)
C7, C8, C33, C34, C43 à C46, C54, C55 : 100 nF (mylar)
C9, C10 : 680 nF (mylar)
C13, C22 : 2,2 µF/63 V (électrochimiques à sorties radiales)
C14, C15 : 1,2 nF (mylar)
C18, C19, C49 : 100 µF/50 V (électrochimiques à sorties radiales)
C20, C21 : 15 pF (céramiques)
C23 à C26 : 150 pF (céramiques)
C27 à C30 : 100 pF (céramiques)
C31, C32 : 220 µF/63 V (électrochimiques à sorties radiales)
C39, C40 : 56 nF (mylar)
C41, C42 : 15 nF (mylar)
C47 : 470 µF/50 V (électrochimiques à sorties radiales)
C48 : 220 nF (mylar)
C50 à C53 : 10 000 µF/63 V (électrochimiques à sorties radiales)

Semiconducteurs
(disponibles notamment auprès des distributeurs Saint-Quentin Radio et Lextronic)
CI1 : OPA2604
CI2 : TDA7250
CI3 : TDA1524A
T2, T3 : MJ11016
T1, T4 : MJ11015
D1, D2, D3 : zéner 12 V/1,3 W
PR1 : pont de redressement de puissance 17A (SKB 25/08)
Del1 à Del3 : 5 mm vertes

Divers
1 transformateur torique 2 x 30 V/400VA (voir texte)
1 support de circuit intégré à 20 broches
1 support de circuit intégré à 18 broches
1 support de circuit intégré à 8 broches
1 dissipateur thermique type « peigne » L = 200 mm et l = 100 mm
1 dissipateur thermique L = 80 mm et l = 40 mm (pour le pont de redressement)
2 équerres de 40 x 60 mm, L = 200 mm (à découper sur une longueur d'un mètre)
4 kits de montage et d'isolation pour transistors TO3
Graisse thermoconductrice
4 borniers à 2 vis au pas de 5,08 mm (facultatifs)
2 embases RCA pour circuit imprimé
2 porte-fusibles pour circuit imprimé pour fusibles en verre de 5 x 20
2 fusibles lents de 8 à 10 A en verre de 5x20
1 commutateur unipolaire à 2 positions stables
Câble blindé stéréo
Fils souples de faible et forte section
Visserie et entretoises filetées ø 3 et 4 mm

Pour conclure ce rappel, choisir des composants de qualité, ne pas modifier le circuit imprimé et limiter les câblages externes. Passons à l'étude de la réalisation pratique.
Comme précisé au tout début de cet article, l'amplificateur stéréophonique (y compris les transistors de puissance) et son préamplificateur/correcteur, tiennent sur un seul circuit imprimé de dimensions relativement réduites compte tenu des performances et des courants mis en œuvre. L'alimentation symétrique nécessite une seconde platine aux dimensions plus modestes.
Les dessins des typons sont donnés respectivement aux **figures 6** et **7**.



10

Gabarit à l'échelle 1:1 de perçage des équerres qu'il convient de superposer solidement afin de les percer ensemble

Traditionnellement, effectuer leur transfert par la méthode photographique, puis leur révélation et la gravure au perchlorure de fer. Nous vous recommandons vivement de vous procurer tous les composants, afin de connaître précisément les diamètres des trous.

Commencer par tout percer à l'aide d'un foret de ø 0,8 mm, puis aléser selon nécessité. Il convient maintenant de débarrasser les pistes de la résine photosensible résiduelle avec un solvant (acétone, par exemple) et d'étamer délicatement les pistes supportant les forts courants, sans boucher les trous.

Comme toujours, souder les pièces en tenant compte de leur taille et de leur fragilité en suivant scrupuleusement les implantations des **figures 8** et **9**. Commencer par souder, en premier lieu, les trois ponts de liaisons (straps) et poursuivre par les résistances, les diodes, les supports de circuits intégrés, les broches mâles SIL de configuration (J1, J2, J3), les condensateurs céramiques et au mylar, les borniers à vis, les Dels, les porte-fusibles, les embases d'entrée, les résistances de puissance surélevées de 1 cm (**photo A**), les condensateurs chimiques, l'inverseur S1, les potentiomètres après réduction de la longueur des axes si nécessaire et, enfin, le pont de redressement, par la suite muni de son dissipateur thermique.

Laisser « en attente » les transistors de puissance, le temps de préparer les deux équerres et le dissipateur thermique (tous les usinages : sciages, etc.).

La **figure 10** donne le gabarit de perçage des équerres à l'échelle 1:1. Penser à les superposer solidement **afin de les percer ensemble**.

Les plans de montage de la **figure 11** et la photo A montrent les assemblages vus de dessus et de côté.

Ne pas oublier les semelles en mica enduites sur les deux faces de graisse thermoconductrice et les canons isolants (haute température) pour le passage des vis des transistors au travers des équerres.

Ces dernières doivent être parfaitement isolées électriquement des boîtiers des transistors.

S'assurer du bon contact électrique des collecteurs (boîtiers) avec le circuit imprimé (utilisation de rondelles en laiton, par exemple).

Souder les bases et les émetteurs sur la platine.

Fixer maintenant les équerres, solidaires du circuit imprimé, au dissipateur thermique préalablement percé avec précision à l'aide de vis et écrous de 4 mm.

Ces derniers sont emprisonnés entre les ailettes du dissipateur et ne peuvent pas tourner.

Effectuer maintenant une vérification minutieuse de toutes les pistes et des composants (valeurs et orientation) afin de déceler un court-circuit entre pistes, une éventuelle coupure ou un défaut de câblage.

Les deux platines (alimentation et amplificateur) sont fixées au châssis au moyen de vis, entretoises filetées et écrous de 3 mm.

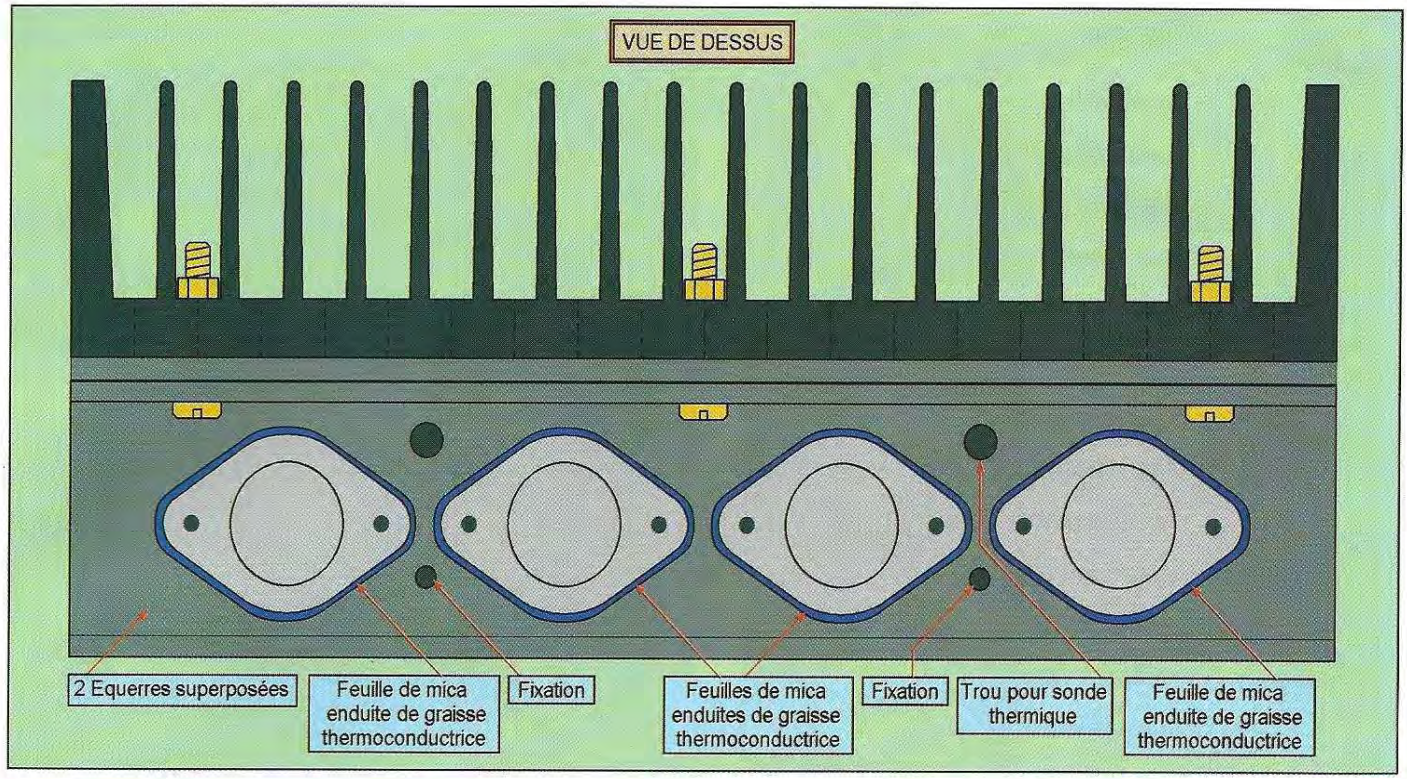
Surtout ne pas relier le châssis à la masse (celui-ci étant probablement relié à la terre), ou l'isoler avec une résistance de 470 Ω par exemple.

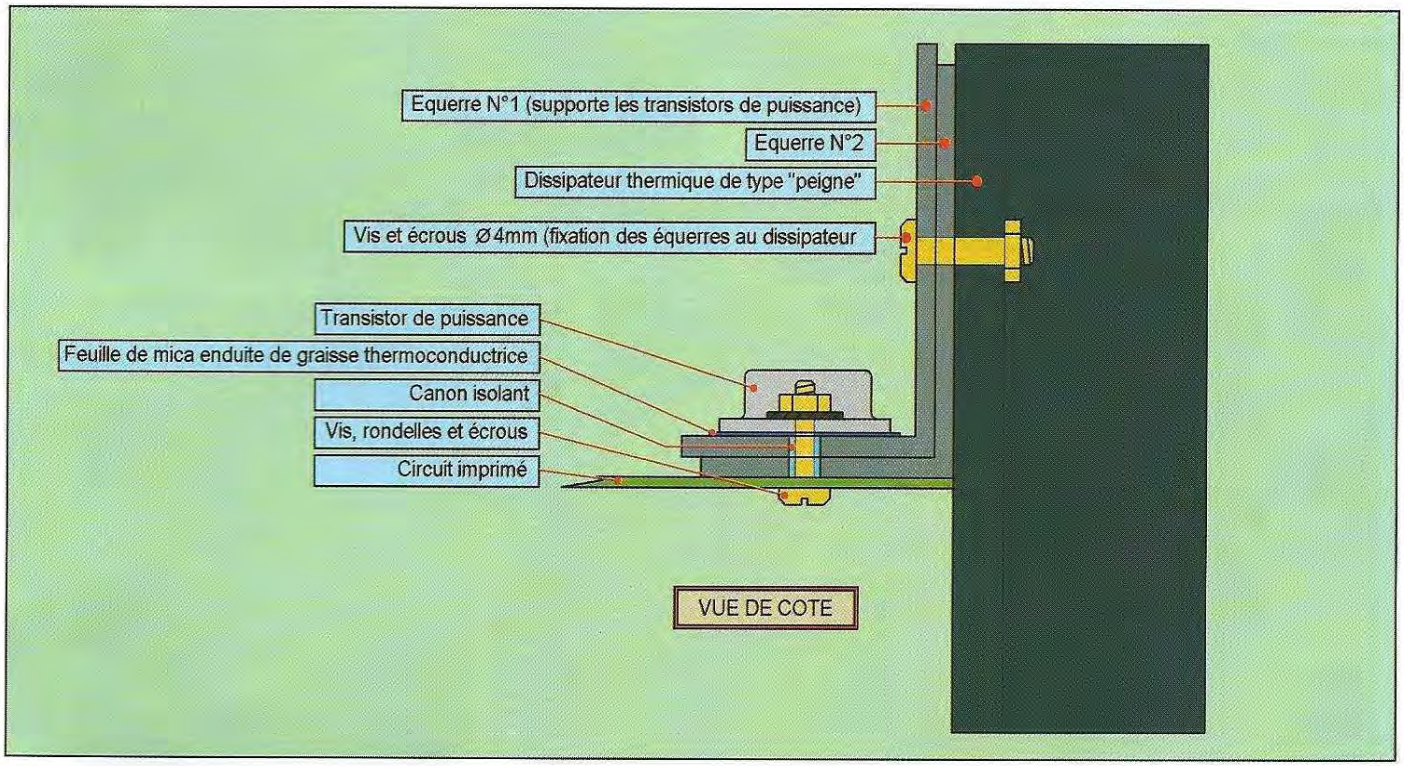
La **figure 12** (en dernière page) montre le câblage général. Oberver les résistances RS1 et RS2 soudées sur les embases des haut-parleurs et l'emplacement de la platine de protection des enceintes sur le transformateur. Afin de ne pas surcharger cette figure, les liaisons entre les sorties de l'amplificateur et la platine de protection ne sont pas représentées (voir *Électronique Pratique* n°339 pour plus de précisions).

Vous avez certainement observé la ligne de séparation entre le préamplificateur/correcteur et l'amplificateur.

- Si vous conservez une seule platine, les liaisons d'alimentation sont effectuées par les pistes du circuit imprimé, les raccordements entre les entrées et les sorties doivent se faire à l'aide de fils simples, sans la masse, afin d'éviter les bouclages.
- Si vous séparez les deux platines, relier le +42 V et le 0 V. Les entrées et les sorties se raccordent à l'aide de câbles blindés en reliant la masse uniquement du côté amplificateur par exemple.

Votre amplificateur doit fonctionner immédiatement, sans aucune mise au point.





11

Relier les enceintes, de préférence derrière le module de protection, une source (platine CD, par exemple), configurer les cavaliers en mode stéréophonique, positionner le volume au minimum et les autres commandes au centre.

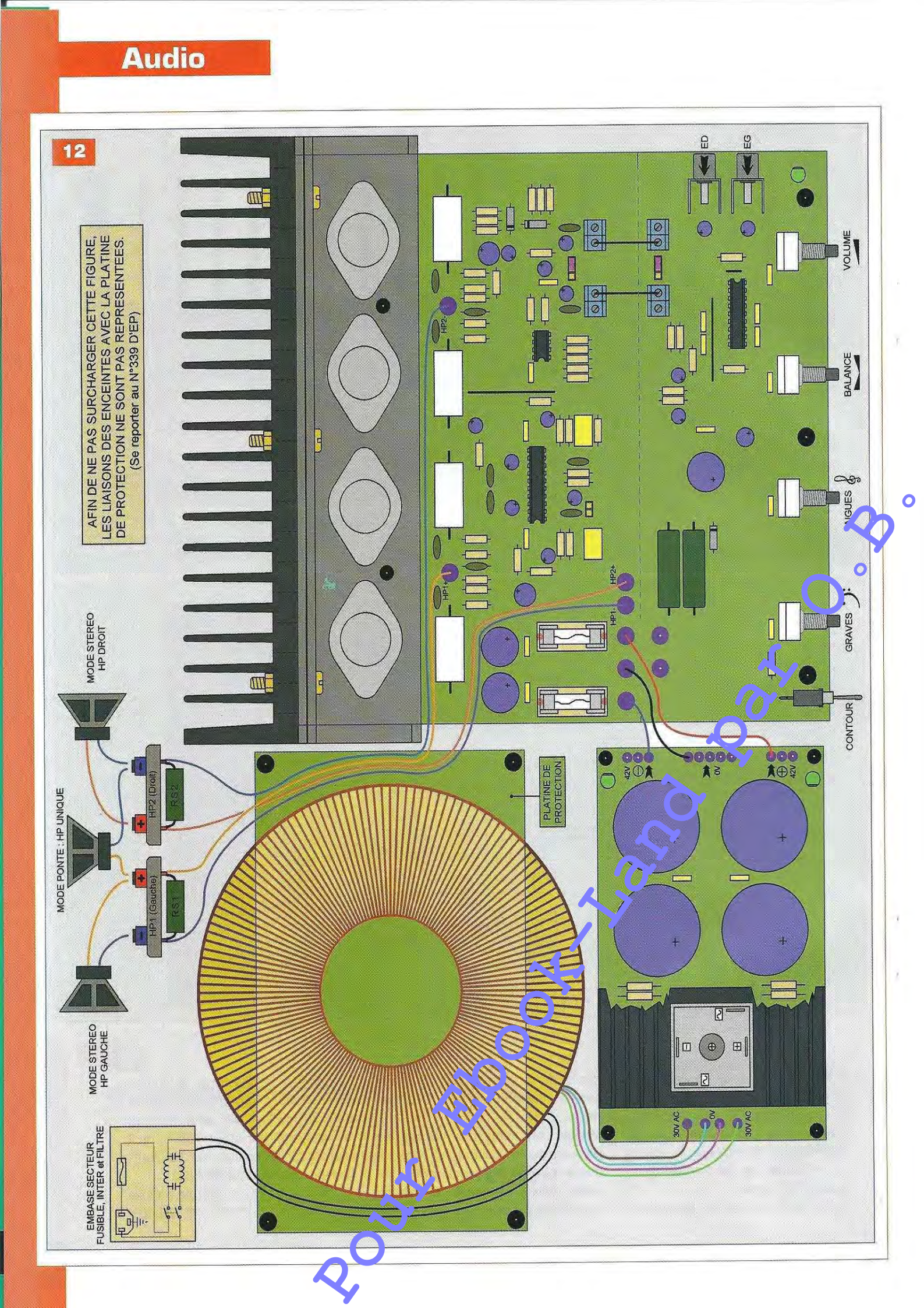
Mettre sous tension et apprécier la qualité de cet appareil qui, nous l'espérons, vous satisfera autant que nous.

Monter délicatement le volume, en pensant que la courbe est logarithmique (peu de puissance sur la première moitié) et couper le filtre de contour à haut niveau.

Penser que la qualité de la source (platine) et des enceintes est primordiale; le meilleur des amplificateurs ne peut amplifier que le signal qu'il reçoit pour le restituer sur les haut-parleurs que vous lui attribuez !

Bonne écoute

Y. MERGY



Pour Ebook-Land par O.B.