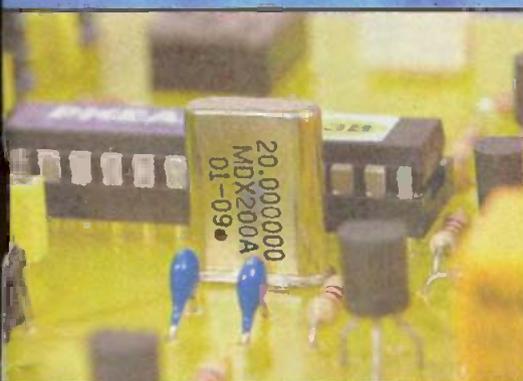
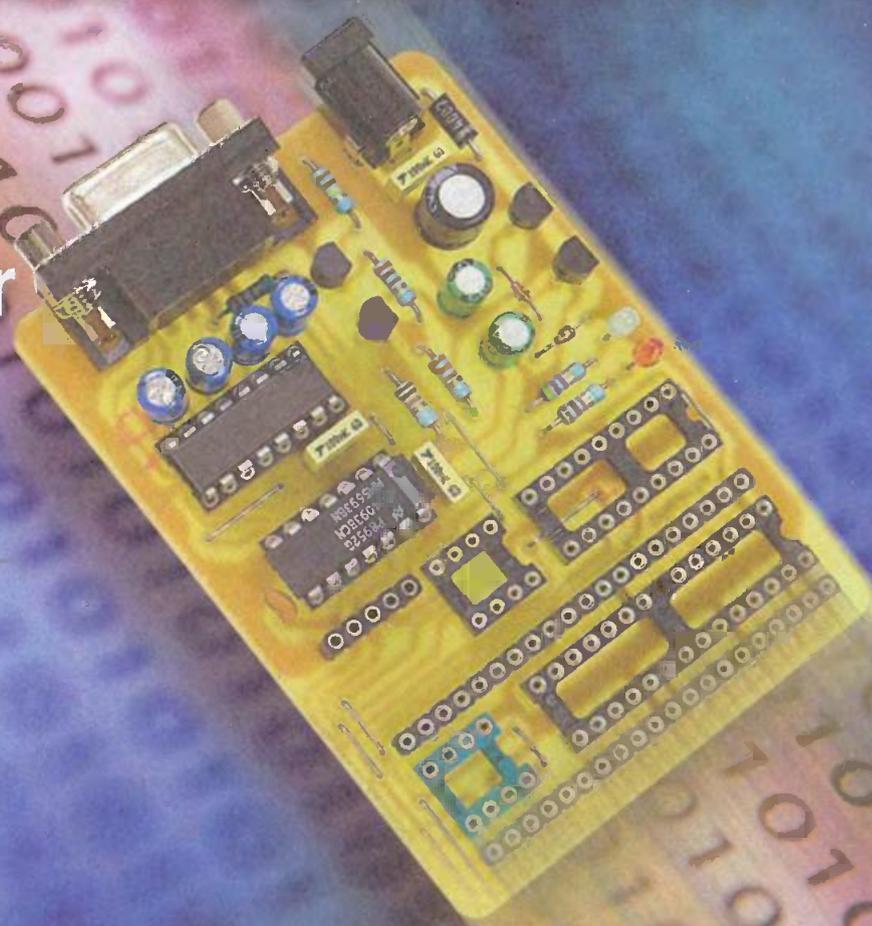


Découverte des microcontrôleurs Pic

et application
avec mini
programmeur



Séquenceur universel



Mini générateur de signaux



Horloge DCF sur port USB

RETROUVEZ AUSSI :

▷ Récepteur
de télécommande
universelle

▷ Interface
d'enregistrement

FRANCE : 4,50 € • DOM Avion : 5,70 €
BEL : 5 € • CH : 7,50 FS
CAN : 5,95 \$ CAN • ESP : 4,60 €
GR : 4,60 € • TUN : 4,7 DT • LUX : 5 €
MAR : 50 DH • PORT CONT : 4,60 €
DOM SURF : 4,60 €

T 02437 - 283 - F. 4,50 €



SOMMAIRE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

Fondateur : Jean-Pierre VENTILLARD

N° 283 - MAI 2004

TRANSOCEANIC

S.A.S. au capital de 574 000 €

Président : Patrick VERCHER

2 à 12, rue Bellevue, 75019 PARIS

Tél. : 01.44.84.88.26 - Fax : 01.44.84.88.18

Internet : <http://www.electroniquepratique.com>

RÉDACTION :

Directeur de la publication :

Patrick VERCHER

Conseiller technique :

Bernard DUVAL

Secrétaire de rédaction :

Annie LECOMTE

Mise en page :

Didier BELLANGER

Couverture :

Dominique DUMAS

Illustrations :

Alain BOUTEVEILLE SANDERS

Photos :

Isabelle GARRIGOU

Avec la participation de : G. Durand, G. Ehretsmann, I. P. Gueulle, G. Isabel R. Knoerr, B. Lebrun, P. Mayeux, D. Menesplier, Y. Mergy, J.C.B. Montagné, P. Morin, C. Pannel, P. Oguic, L. Rouge

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

DIFFUSION/VENTES :

Bertrand DESROCHE

Bénédicte MOULET

Tél. : 01.44.84.84.54

N° vert réservé aux diffuseurs et dépositaires de presse : 0800.06.45.12

Publicité : À la revue :

2 à 12, rue de Bellevue - 75019 Paris

Tél. : 01 44 84 88 26

Fax : 01 44 84 88 18

E Mail : pub@electroniquepratique.com

ABONNEMENTS/VPC :

18-24, quai de la Mame - 75019 Paris

Tél. : 01 44 84 85 16 - Fax : 01 42 00 56 92.

Préciser sur l'enveloppe «SERVICE ABONNEMENTS»

Important : Ne pas mentionner notre numéro de compte pour les paiements par chèque postal. Les règlements en espèces par courrier sont strictement interdits.

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.

Aucun règlement en timbre poste.

Forfait photocopies par article : 4,60 €.

Abonnements USA - Canada : Pour vous abonner à Electronique Pratique aux USA ou au Canada, communiquez avec Express Mag :

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

CANADA : 4011 boul. Robert, Montréal, Québec, H1Z4H6

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

Télécopie : (514) 374-9684.

Le tarif d'abonnement annuel pour les USA est de 49 \$US et de 68 \$Can pour le Canada.

I.S.S.N. 0243 4911

N° Commission paritaire : 60155

Distribution : Transport Presse

Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : SIEP/Bois le Roi - 77590

DEPOT LEGAL MAI 2004

Copyright © 2004 - TRANSOCEANIC

« Ce numéro
a été tiré à 45 300
exemplaires »

Réalisez vous-même

- 16 Un CD de test audio
- 20 À la découverte des microcontrôleurs PIC
- 26 Mini programmeur pour PIC et mémoires I2C
- 30 Bain à la bonne température
- 34 Platine d'expérimentation pour mini écran graphique programmé en Basic
- 38 Interface d'enregistrement téléphonique
- 42 Mini-générateur de signaux synthétisés
- 48 Horloge DCF sur port USB
- 54 Un séquenceur universel à Pic-Basic
- 60 Récepteur de télécommande universel avec apprentissage du code
- 62 Transmetteur de données analogiques : platine émission, platine réception, module supplémentaire
- 72 Adaptateur logique pour générateur BF

04 Infos OPPORTUNITÉS

Bibliographie

- 12 Eugène DUCRETET

DIVERS

- 10 Internet Pratique



Ce numéro comporte un encart de 32 pages " E44 ÉLECTRONIQUE " broché en milieu de revue
ERRATUM SUR CET ENCART PAGE 20 :

« Suite à l'application de la loi L.311-5 du Code de la Propriété Intellectuelle sur la diffusion de supports vierges destinés à la copie privée et l'instauration d'une taxe à reverser à la SACEM, les CD et DVD vierges de ce document ne pourront pas être proposés aux tarifs indiqués.

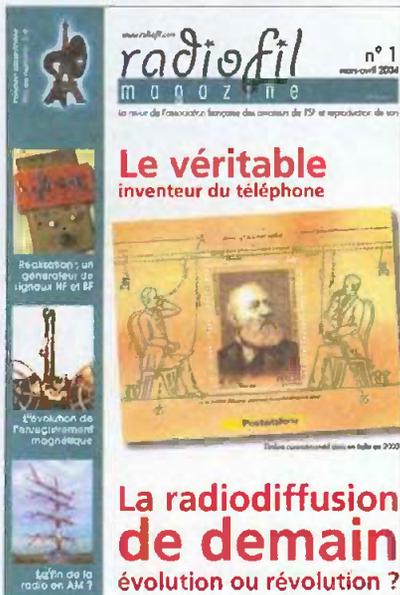
Merci de contacter le (+33) 2.51.80.55.73 pour plus d'informations.»

**LE PROCHAIN NUMÉRO D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE
SERA EN KIOSQUE LE 3 JUIN**

Radiofil



S'il faut une preuve que, même en Gaule, on peut s'entendre et se rassembler, la nouvelle entité Radiofil l'atteste. Pour y parvenir, la seule condition est que les responsables des tribus concernées soient vraiment responsables et désintéressés, que leur seule considération soit la satisfaction des membres. Les deux associations qui viennent de s'unir étaient complémentaires, tant par leurs sujets d'intérêt que par la diversité de leurs adhérents. Le travail de leurs présidents vient de trouver sa conclusion après plus d'un an d'études et d'échanges en toute amitié pour réunir AEA-Les Radiophiles français, la plus ancienne association française du genre née en 1974, et Rétro-Phonia, la plus jeune et dynamique association fondée en 1995.



La réunion des deux clubs par fusion/création dans la nouvelle association Radiofil s'est conclue le 21 février à l'unanimité, formant ainsi un nouveau club de plus de 1800 adhérents, français et étrangers, qui édite un magazine bimestriel de 60 pages. J-C. B. Montagné est le président d'honneur de l'entité Radiofil dont le siège social se trouve au Musée de la reproduction du son de Saint-Fargeau (Yonne). Ce grand club français de collectionneurs rassemble les amateurs de TSF et reproduction du son, concernés par l'électricité ancienne et, plus généralement, par tous les procédés de communication.

Adresse postale : Radiofil, 7, rue Binaud, 33000 Bordeaux.
www.radiofil.com - Tél. : 01 46 55 03 33

Nouvelle gamme d'alimentations ELC



Depuis de nombreuses années, ELC commercialise avec succès des alimentations linéaires stabilisées de laboratoire et d'équipement industriel dont la réputation de qualité et robustesse n'est plus à prouver. Fort de son expérience, le fabricant français enrichit sa gamme de trois nouveaux modèles redressés filtrés en sortie (24 V continu et de puissances 60, 120 & 240 W) nommés respectivement ALE2402R, ALE2405R, ALE2410R. Cette gamme facilite les installations grâce à ses borniers à ressort, un primaire bitension 230/400 V (possibilité d'ajuster à + 15 V)/50-60 Hz, un montage sur rail DIN (jusqu'à 240W de puissance), un double bornier de sortie sur l'alimentation 240 W et une borne de masse accessible en face avant pour une connexion directe à la terre. Aucune option supplémentaire n'est nécessaire, les clips de fixation et capots de protection sont intégrés au produit. Le gain en poids et en volume est conséquent : 4,8 kg pour 240W ! La conception mécanique confère à ces alimentations un IP30. Plus légères et moins encombrantes grâce à leur transformateur torique de sécurité, ces alimentations apportent un excellent rendement et bien moins d'échauffement.

Redressées filtrées, elles maintiennent un taux d'ondulation inférieur à 5 %. Enfin, dotées d'un fusible de protection au secondaire facilement accessible en face avant, elles respectent la norme EN 61132-2 pour l'automatisme.

Gamme disponible chez votre revendeur habituel.
 Catalogue sur simple demande auprès de ELC,
 Tél. : 04 50 57 30 46, commercial@elc.fr



Axess Technology distribue Sankyo

Axess Technology représente et distribue désormais en France la ligne japonaise Sankyo. Cette société, leader sur son marché, fabrique des lecteurs de cartes à puces et bandes magnétiques, manuels ou motorisés. Ses produits sont dédiés aux applications monétiques telles que : caisses, distributeurs automatiques, systèmes de paiement, ainsi que le contrôle d'accès. Les fortes compétences déployées par Sankyo depuis de nombreuses années lui ont permis de participer au développement d'un certain nombre de marchés émergents, à commencer par les applications « bornes multimédias ». Reconnus pour leur fiabilité et pérennité, ses produits répondent aux nouvelles normes EMV 2000/ver4.0. De plus, ils jouissent d'un bon rapport performance/prix.

Deux nouvelles références font aujourd'hui leur apparition à destination du marché de l'OEM. La première, la série ICT3K5, est un lecteur de carte motorisé compact pour cartes magnétiques, cartes à puces et sans contact. Ses principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

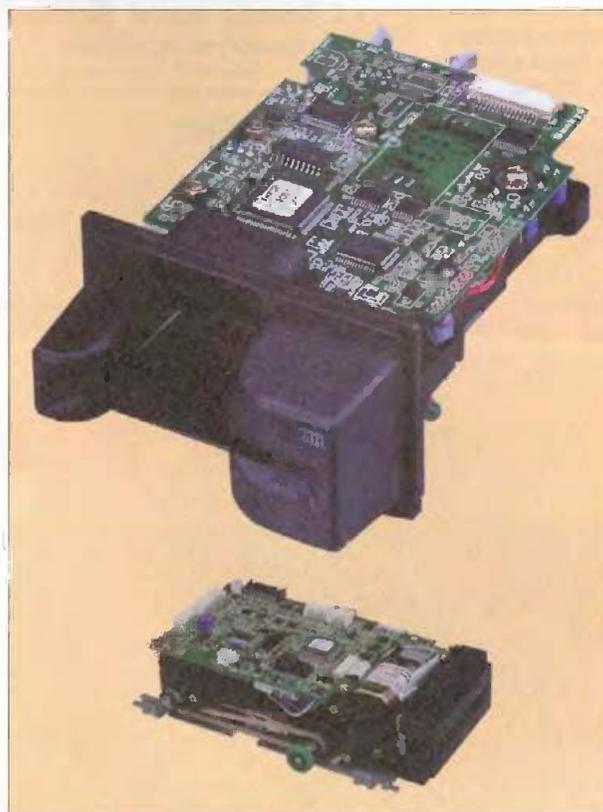
- IC Card : lecture/écriture
- Taille compacte s'adaptant à tous types d'applications
- Piste magnétique : lecture
- Shutter intégré
- Interface série ou USB
- Fonction : capture de carte
- EMV 3.1.1. niveau 1

La seconde référence, la série ICM330, se présente sous la forme d'un lecteur de carte manuel pour cartes à puces et magnétiques. Facile à utiliser, ce lecteur affiche des caractéristiques similaires au précédent, une haute sécurité et une grande fiabilité.

Rappelons qu'Axess Technology propose à ses clients

du secteur monétique, du contrôle d'accès et des bornes multimédias une offre de produits diversifiés et complémentaires : écrans LCD, dalles tactiles, cartes PC industriels... auxquels s'ajoutent aujourd'hui des lecteurs de cartes à puces.

Pour plus d'informations, consulter les sites www.sankyo-seikicorp.com et www.axess-technology.com



Nouvelle édition de Valve amplifiers

L'ouvrage de Morgan JONES, Valve amplifiers, en est à sa troisième édition en l'espace de huit ans, ce qui confirme son succès. Il est vrai que ce livre étant édité outre-Manche et donc en anglais, il est amené à bénéficier d'une diffusion quasi mondiale. En fait, l'ouvrage de Morgan JONES s'avère d'emblée très complet s'agissant des amplificateurs de puissance à tubes électroniques; le tube est examiné sous toutes ses facettes, y compris ses composants associés : résistances, condensateurs, inductances, transformateur de sortie (indispensable pour la plupart des amplificateurs à tubes).

Cependant, l'auteur -praticien hors-pair n'hésite pas à appeler en renfort ses montages à transistors et circuits intégrés. Toutefois, cet apport n'est fait qu'à dose homéopathique. Parce que les gloires de l'Âge d'or de l'amplificateur à tubes des années 60-70, à savoir le Williamson et le QUAD qui ont fait tant rêver de "fanas" de la Hi-Fi, sont toujours en exercice.

L'ouvrage s'accompagne de quelques programmes rédigés en QBASIC, au sujet de correcteurs RIAA et de leur mise au point. Une bibliographie, très fournie, complète chacun de ses chapitres.

C. PANNEL

Morgan JONES, "Valve amplifiers", 640 pages, 17 x 26, sous couverture souple illustrée. Éditeur Newneo Elsevier. Prix indicatif : 42 € (variable en fonction des taux de change entre l'euro et la livre sterling).

Lascar Electronics lance un nouvel appareil de mesures



La firme britannique Lascar Electronics, dont une partie des produits est distribuée en France par Sélectronic, met sur le marché un étonnant et fort utile appareil de mesures : le EL-USB-1. Sous cette référence, se dissimule un enregistreur de données de température incorporant une interface de type USB-1 et disposant d'une mémoire suffisante pour opérer près de 16000 mesures de température d'une plage s'étalant de - 20° à + 80°C. Pour réaliser une prise de température, le mode opératoire est très simple. En premier lieu, connectez l'EL USB-1 sur le port USB de votre ordinateur et activez la mise en route du matériel (diode led

verte allumée) à l'aide du logiciel que vous aurez préalablement installé sur votre PC. Vous disposerez de fonctionnalités logicielles vous permettant de programmer différentes plages et fréquences de mesure (minimum toutes les dix secondes, maximum toutes les douze heures). Cela terminé, déconnectez l'EL USB-1, positionnez-le à l'endroit souhaité capuchon clipsé (comme indiqué sur photo) et laissez le capteur relever les informations (la diode led, verte ou rouge, se mettra à clignoter).

Pour visualiser les résultats, reconnectez l'EL USB-1 sur votre PC. Vous pourrez alors recueillir puis exporter, imprimer et également visualiser sous forme de graphe vos données.

L'EL USB-1, muni d'une batterie lithium (plus d'un an d'autonomie), ne perdra pas ses données lorsque vous changerez la pile. Le logiciel d'exploitation de l'enregistreur fonctionne sous Windows 98, 2000, et XP. L'enregistreur bénéficie d'une protection IP 67 contre l'humidité lorsque le capuchon étanche est fixé sur sa tête.

Disponible notamment chez **Sélectronic** au prix de **59 € TTC**
Tél. : 03 28 55 03 28 ou www.selectronic.fr

APS230, le dernier-né des oscilloscopes Velleman

La société **Velleman** nous livre le dernier-né de sa gamme d'oscilloscopes personnels référencé APS230. Présenté sous la forme d'un « package » complet, cet oscilloscope affiche les caractéristiques suivantes : deux canaux d'entrée, LCD haut contraste avec rétro-éclairage blanc, fonction d'installation automatique pour volt/div et temps/div, fonction d'enregistrement (roll mode) jusqu'à 170 h par écran, mode de déclenchement (run, normal, once, roll...), niveau de déclenchement et de pente réglables, mesures de valeurs crête (maximum, minimum et crête à crête); mesures rms, dB(rel), dBV, dBm et dBG, mesures de puissance direct audio, sonde avec options x1 et x10, plusieurs modes d'affichage, stéréoscope pour mesures audio, déplacement du signal au long des axes des X et Y et pack d'accus inclus, charge rapide possible.

À cela s'ajoutent des spécifications précises : impédance d'entrée de 1 M Ω /20pF, largeur de bande de 2 x 30 MHz, échantillonnage de 240 MS/s par canal, marqueurs pour tension, temps..., résolution verticale de 8 bits, sensibilité de 30 μ V minimum, volts par division de 1mV à 20V/div, base de temps de 25 ns à 1 hr/div, sélection du

raccordement à l'entrée CA/CC, communication RS232 avec PC, dimensions : 230 x 150 x 50 mm, poids : 850g (accu inclus).

Livré complet avec alimentation secteur, cordon et câble liaison RS232 au prix de vente conseillé de **549 € TTC**.

Pour de plus amples renseignements, notamment connaître le détaillant le plus proche de chez vous, contacter :

Velleman Electronique,
Tél. : 03 20 15 86 15 ou
www.velleman.fr



Catalogue Beyma

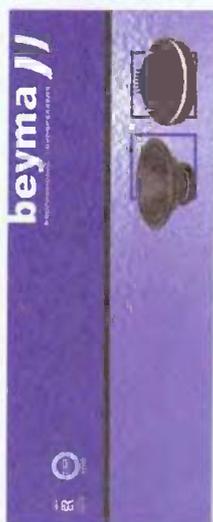
Le nouveau catalogue Beyma qui est apparu lors du SIEL 2004 contient les dernières nouveautés d'une vaste gamme de haut-parleurs déclinés en cinq grandes familles :

- **P1000** : subwoofers forte puissance 15" et 18" tropicalisés

- **G 50** : graves dynamiques 15", 18" et 21" tropicalisés

- **G 40** : du 8" au 18" toute une gamme alliant puissance et fort rendement

- **MI 100** : du 6" au 15" pour la reproduction parfaite des médiums, haut rendement, forte puissance



- **Néodyme séries** : 10 références du 6" au 18" à poids réduit, pour reproduire le médium et le grave avec précision et puissance

Sans oublier les traditionnels tweeters (6 modèles), les moteurs à compression 1", 1.4" et 2" (9 modèles dont 4 au néodyme) et les pavillons correspondants.

Les haut-parleurs Beyma sont des produits européens, conçus et réalisés en Espagne.

Beyma France
24, rue de la gare 78370 Plaisir

Tél. : 01 34 59 36 45
Fax : 01 34 59 36 44

e.mail : cgomes@beyma.com
<http://www.beyma.com>

De nombreux phénomènes électromagnétiques influent sur le comportement des systèmes électroniques (par couplage sur les fils de liaison ou les pistes des circuits imprimés). L'étude de la CEM (Compatibilité Electro Magnétique) des circuits électroniques a pour but de prendre en compte ces phénomènes en vue d'assurer un bon fonctionnement des systèmes dans des conditions variées. Parmi les phénomènes étudiés, nous citerons l'effet Kelvin (aussi appelé « effet de peau » ou « effet pelliculaire »), auquel nous nous intéresserons via Internet.

internet PR@TIQUE

EFFET DE PEAU

La propagation du courant à haute fréquence ne se fait pas de la même façon qu'un courant continu. Contrairement au courant qui se répartit de manière homogène dans un conducteur, en HF sa densité varie et décroît de façon exponentielle plus on s'éloigne de la surface du conducteur.

Voici une formule qui donne une valeur "e" en mm de l'épaisseur dans laquelle circule le HF :

$$e = \frac{1}{\pi \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot f}$$

PROJET μ_0 : Permeabilité magnétique du vide (4.10⁻⁷)
PHILOS f : fréquence en Hz
VIDEOS σ : Résistivité du conducteur en Ohm.m (18.10⁻⁹ Ohm.m pour le cuivre)
FORUM Par une loi empirique on connait la résistance ohmique du fil de diamètre d et de longueur L, on peut en déduire la résistance par effet de peau (R):
 $R_0 = \frac{\rho \cdot L}{S}$
 si $d \ll e$ alors $R = R_0$ (effet de peau négligeable)
 si $d < e$ alors $R = R_0 \cdot [1 + (d/5 \cdot 3e)^4]$

<http://www.teslacoil-france.net/peau.htm>

L'effet Kelvin intervient essentiellement dans les câbles qui véhiculent des courants Haute Fréquence. Cet effet est aussi appelé communément « effet de peau » en raison de la concentration des courants HF à la surface des matériaux conducteurs, un peu comme

si une peau conductrice existait à la surface. La méconnaissance des raisons exactes de ce phénomène (pourtant simple) pousse parfois certains revendeurs à profiter de la crédulité des clients afin de leur vendre des câbles très coûteux censés améliorer la qualité sonore des équipements HI-FI.

Comme vous pourrez le comprendre après la lecture des pages Internet que nous vous proposons de visiter ici, l'amélioration des performances que l'on peut attendre de certains câbles vis-à-vis de l'effet Kelvin est parfois très subjective.

Le premier site que nous vous invitons à découvrir avec nous aujourd'hui se situe à l'adresse <http://www.teslacoil-france.net/peau.htm>. Ce site présente très rapidement l'essentiel de ce qu'il faut retenir sur l'effet de peau (effet Kelvin). À savoir que la propagation des courants haute fréquence n'est pas homogène dans les conducteurs

<http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23I/RM23I01.html>

Les courants HF

L'effet de peau ou effet pelliculaire (skin effect)

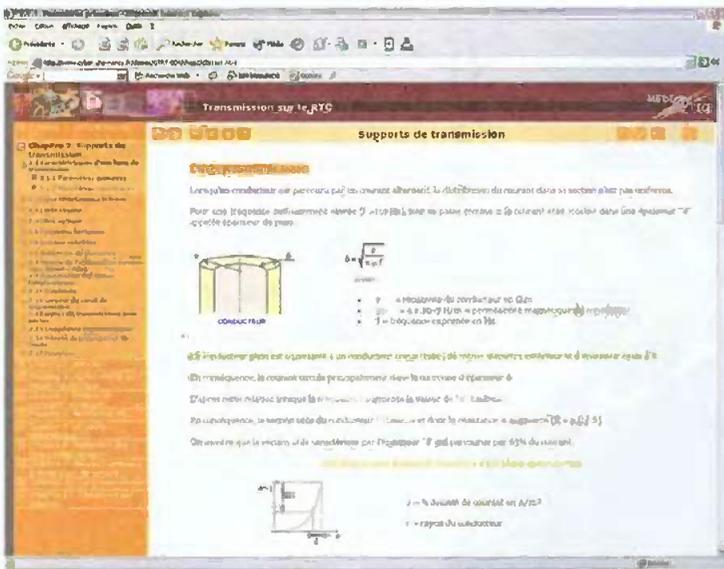
Les courants à haute fréquence ne se propagent pas dans les conducteurs comme le courant continu et à basse fréquence. Ils se concentrent dans les couches proches de la surface du conducteur. La densité de courant décroît de façon exponentielle en se déplaçant vers l'intérieur de la surface.

Voici une formule qui donne une valeur "e" en mm de l'épaisseur dans laquelle circule le HF :

$$e = \frac{1}{\pi \cdot \mu_0 \cdot \sigma \cdot f}$$

PROJET μ_0 : Permeabilité magnétique du vide (4.10⁻⁷)
PHILOS f : fréquence en Hz
VIDEOS σ : Résistivité du conducteur en Ohm.m (18.10⁻⁹ Ohm.m pour le cuivre)
FORUM Par une loi empirique on connait la résistance ohmique du fil de diamètre d et de longueur L, on peut en déduire la résistance par effet de peau (R):
 $R_0 = \frac{\rho \cdot L}{S}$
 si $d \ll e$ alors $R = R_0$ (effet de peau négligeable)
 si $d < e$ alors $R = R_0 \cdot [1 + (d/5 \cdot 3e)^4]$

3 <http://www.cyber.uhp-nancy.fr/demos/GTRT-004/chap2/c2s1ss1.html>



et que sa densité décroît de façon exponentielle lorsque l'on s'éloigne de la surface du conducteur. Ce site présente également quelques formules simples qui permettent d'évaluer rapidement l'épaisseur de la zone conductrice pour une fréquence donnée, ce qui permet ensuite d'évaluer l'impact sur la résistance du câble à ces fréquences.

Le site suivant que nous vous invitons à consulter présente les mêmes informations de façon tout aussi succincte : <http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23i/RM23i01.html>. Si les mathématiques ne vous rebutent pas, vous pourrez approfondir la question en visitant la page http://geo.polymtl.ca/www_Cours/Electromag/node10.html. N'hésitez pas à remonter dans l'arborescence de ce site car vous y trouverez de nombreux rappels sur les bases de l'électromagnétisme.

Enfin, le dernier site que nous commenterons directement se situe à

l'adresse <http://www.cyber.uhp-nancy.fr/demos/GTRT-004/chap2/c2s1ss1.html>. Ce site reprend exactement les mêmes notions que les sites précédents, mais il indique également quelle est la distribution de la densité courant dans le conducteur. Bien évidemment, l'analogie avec la peau a des limites. En réalité le courant se répartit un peu dans le reste du conducteur. Comme le montre ce site, seuls 63 % du courant se concentrent dans la zone fictive que l'on appelle la « peau » et dont l'épaisseur est calculée par la formule indiquée dans tous les sites que nous venons de visiter.

Bien entendu, il existe encore de nombreux sites qui abordent aussi ce sujet. Vous en trouverez un certain nombre en annexe, dans l'encadré qui regroupe les liens de ce dossier. Certains documents proposés en téléchargement abordent l'effet de peau à grand renfort de mathématiques. Les notions mathématiques nécessaires à la compréhension de ces documents étant d'un niveau universitaire, vous n'êtes pas obligé de tout lire pour comprendre en quoi consiste l'effet de peau. Nous avons juste voulu mentionner ces liens pour ceux d'entre-vous qui souhaitent rafraîchir leurs connaissances lorsque les années d'études sont déjà loin.

Nous vous souhaitons une agréable découverte des sites proposés et vous donnons rendez-vous le mois prochain pour de nouvelles découvertes grâce à Internet.

P. Morin



Liste des liens

<http://www.teslacoil-france.net/peau.htm>
<http://perso.wanadoo.fr/f5zv/RADIO/RM/RM23/RM23i/RM23i01.html>
http://geo.polymtl.ca/www_Cours/Electromag/node10.html
<http://www.cyber.uhp-nancy.fr/demos/GTRT-004/chap2/c2s1ss1.html>
<http://www.limsi.fr/individu/witko/publis/epjap98.pdf>
<http://www.jls-info.com/julien/audio/cables.htm>
<http://romain.bel.free.fr/agregation/Lecons/LP41.doc>
<http://www.quid.fr/2000/Q006400.htm>
<http://www.sciences.univ-nantes.fr/physique/perso/blanquet/synophys/33onelm/33onelm.htm>
http://www.geii.iut-nimes.fr/cg/TD/Cable_sol.pdf
<http://www.chimix.com/france/pages/onde1.htm>
http://lanoswww.epfl.ch/studinfo/courses/cours_supra/frequence/default.htm
<http://perso.wanadoo.fr/arsene.perez-mas/transmission/lignes/supports.htm>
http://pecdc.univ-lemans.fr/ohd2001/fichiers%20pdf/materiaux_optique/Conductivite_et_photoconductivite_aux_hyperfreres.pdf

Eugène DUCRETET



Honorer les Arts ou les Lettres, c'est bien. En revanche, négliger jusqu'à les oublier les savants et les techniciens, Français ou étrangers peu importe, c'est injuste. Le fruit de leurs recherches est pourtant dans notre quotidien ; que ferions-nous s'il venait à manquer ? A qui sont dus l'éclairage électrique, l'automobile, la radio et le téléphone et bien d'autres objets courants ? La justice, sinon la reconnaissance des professionnels, est de le savoir.

Eugène Ducretet mérite cette juste reconnaissance. Cet ingénieur - constructeur a tant fait, le premier en France —et j'insiste bien sur ce titre : le premier— afin que nous soyons parmi les premières nations à maîtriser la télégraphie sans fil. Chacun sait que l'on peut envoyer un télégramme d'une ville à l'autre grâce à l'électricité et à des fils conducteurs perchés sur des poteaux situés le long des routes. C'est la télégraphie électrique

La télégraphie sans fil, dont **Eugène Ducretet** fut le pionnier en France, consiste à supprimer les fils et, par un moyen approprié, à envoyer quand même notre télégramme dans l'espace et à le recevoir à sa destination.

Qui était Eugène Ducretet ?

L'origine de la famille **Ducretet** est située en Savoie, région que la crise de la fin du 18^e siècle a totalement sinistrée. Cette crise provoque l'émigration de nombreux savoyards qui ne sont pas tous

ramoneurs comme les romans populaires du 19^e siècle nous le feraient croire. La famille **Ducretet** s'établit à Paris, vivant vraisemblablement d'un commerce de toile et le 27 novembre 1844 naît Eugène, arrière petit fils du premier **Ducretet** venu à Paris en 1766. C'est, sans doute, une famille bourgeoise, mais la situation sociale de la France de Louis-Philippe et de Guizot n'est pas bonne ; une crise en 1846-47 la rend encore plus dure à vivre.

Le jeune Eugène fera de bonnes études dans une Institution. C'est un élève doué pour le dessin, la géométrie, le calcul, mais il ne pourra étudier ainsi que jusqu'à l'âge de 15 ans et en 1860, il entrera comme apprenti chez l'ingénieur-constructeur renommé Gustave Froment. Celui-ci est considéré comme l'un des meilleurs par les milieux scientifiques. Ingénieur de l'École Polytechnique, Froment a réalisé de nombreux appareils, matérialisant ainsi les idées élaborées par des savants. Il y apportait aussi la technique, souvent étrangère à ces savants, et sans laquelle la

meilleure des idées sombrerait dans l'échec.

Froment décède en 1864.

Eugène Ducretet a 20 ans et s'établit la même année à son compte comme constructeur indépendant d'appareils scientifiques. Il est fier d'afficher sa qualité « d'élève de Gustave Froment ». Il renforce ses connaissances en étant auditeur libre à la Sorbonne et au Collège de France. Doué d'une forte capacité de travail, il assimile bien les cours. Des grands noms de l'époque sont ses clients. Les Ateliers **Ducretet** construisent des prototypes pour des savants comme Marcelin Berthelot, Henri Becquerel, Pierre Curie, Cailletet, Pictet, Le Chatelier, etc.. **Ducretet** touche ainsi aux techniques du froid, du vide, des hautes-pressions, de l'optique, du magnétisme, de l'électricité. En un mot à tout ce qui constitue alors les sciences physiques. On imagine l'enrichissement intellectuel que cela représentait pour Ducretet. Il est admis dans les Sociétés savantes.

Dans le même temps, il fabrique des appareils de démonstration

pour les cours de sciences des écoles. Tout ceci permet à la maison d'assurer son existence.

Un certain nombre de découvertes depuis le télégraphe électrique Morse en 1838 ont à la fois marqué un changement d'époque et décidé de la future carrière d'**Eugène Ducretet**. Voyons pour ce qui deviendra la radio.

En 1853, L'Allemand Helmholtz remarque l'oscillation électrique et l'Anglais William Thomson (lord Kelvin) établit la théorie du circuit électrique oscillant. Il l'assimile au mouvement du pendule. En 1858, l'Anglais Federsen rend visibles ces oscillations par une méthode photographique et un miroir tournant. Lodge et Paalzow montrent aussi des expériences analogues.

En 1863, l'Écossais Maxwell concrétise par les mathématiques des hypothèses qui avaient été émises par Faraday. Il établit les lois générales du champ électromagnétique et, peu après en 1865, il suggère que la lumière est identifiable à un champ électromagnétique. Ce n'est alors qu'une hypothèse qui sera confirmée 24 ans plus tard par l'Allemand Hertz, en 1889, par la publication de ses travaux de 1888 dans les Annales de Berlin.

L'expérience de Hertz consiste à provoquer, dans un appareil approprié, une très puissante étincelle électrique qui va engendrer les ondes électromagnétiques. C'est ainsi qu'il a rendu compte à l'Académie de Berlin de ses expériences sur les oscillations électromagnétiques et sur l'analogie de leur comportement avec les rayons lumineux ainsi que leur propagation dans l'espace.

Toutefois, cela reste une très belle expérience de laboratoire. L'Anglais Lodge, en 1889 montre une expérience de résonance électrique (c'est à dire d'accord parfait comme deux instruments d'un orchestre qui jouent la même note), entre deux circuits électriques éloignés l'un de l'autre de quelques décimètres et sans aucun contact matériel entre eux. Aux États-Unis, le Serbe Tesla perfectionne cette résonance et cet accord des circuits oscillants.

En 1891, l'Américain Elihu Thomson travaille sur le même sujet et en 1892, le Docteur Oudin, Français, réalise sur les mêmes principes un circuit destiné à l'application des oscillations électroma-

gnétiques au domaine thérapeutique cher au docteur d'Arsonval.

Pendant ce temps, **Eugène Ducretet** construit des appareils de démonstration de l'expérience de Hertz pour les cours de physique des grandes écoles. Il construit des appareils d'électrothérapie pour d'Arsonval puisqu'il fabrique déjà les éléments essentiels pour fournir l'énergie électrique nécessaire à ces expériences, je veux parler des bobines d'induction plus connues sous le nom de bobines de Ruhmkorff. Ces bobines transforment le courant d'un accumulateur en impulsions de très haut voltage. On les retrouve en modèles plus petits dans nos moteurs d'automobiles à essence comme bobines d'allumage.

Ducretet représente efficacement notre pays en fournissant des appareils scientifiques aux savants de plusieurs nations et en s'affichant dans les expositions internationales. Ses mérites lui vaudront d'être admis dans l'Ordre de la Légion d'Honneur au grade de Chevalier en 1885. Il avait 41 ans.

Et voici que l'expérience de Hertz va sortir du laboratoire de physique pour entrer dans la vie de tous les jours.

Nous anticipons quelque peu... Il y faudra vingt ans !

En 1890, le Français Édouard Branly venait de découvrir un dispositif capable de prouver à distance la présence et l'action des ondes de Hertz. En ce temps là, on les qualifiait d'oscillations rapides ; nous les nommons aujourd'hui : « ondes hertziennes ». Ce dispositif est le radioconducteur que l'on a aussi nommé cohéreur en dépit de l'hostilité de Branly pour cette appellation ?

C'est un petit tube de verre de 3 ou 4 millimètres de diamètre contenant deux tiges métalliques entre lesquelles est emprisonnée sans pression une petite pincée de minuscules grains de métal, de la limaille. Hertz avait pu démontrer l'existence d'un phénomène de transport d'une onde invisible qu'il recueillait à quelques décimètres de distance dans l'espace de son laboratoire.

Branly démontre que le même phénomène peut être constaté par son radioconducteur, ce tube à limaille, à plusieurs dizaines de mètres du lieu de l'émission de l'onde invisible. En Angleterre, Lodge exécute la même expérience à plusieurs centaines de

mètres avec le radioconducteur de Branly. Mais qui pourrait alors penser à la télégraphie sans fil à grande distance ?

Eugène Ducretet construit des appareils de démonstration comportant les oscillateurs de Hertz et les radioconducteurs de Branly. Il sait donc construire de petits postes transmetteurs et récepteurs d'ondes hertziennes de petite puissance, pour usage local.

Nous sommes en 1895 et voici qu'une autre extraordinaire découverte entraîne **Ducretet** dans son sillage : c'est la découverte des rayons X par le physicien allemand Röntgen. Ducretet y trouve une possibilité d'exploitation immédiate pour son atelier, d'autant plus qu'il est sollicité par la clientèle. Les fameuses bobines de Ruhmkorff constitueront le moyen d'alimentation électrique des tubes générateurs de rayons X. C'est une période où l'on va utiliser les rayons X à tort et à travers, sans en connaître les risques. Des médecins constatent même que certaines lésions peuvent guérir par application de ces rayons miraculeux. Hélas, Fernand Ducretet, second fils d'Eugène perdra la vue pour les avoir manipulés sans précaution. En 1895 encore, le Russe Alexandre Popoff met à profit, après Lodge, la découverte par Branly du radioconducteur et de l'antenne. Puisque cet accessoire est assez sensible pour indiquer la présence d'étincelles électriques à distance, le professeur de physique et officier de la Marine russe va tenter de détecter les orages à distance. Il pense mettre au profit de ses navires la connaissance précoce de mauvais temps, et il réussit.

Vers la même époque, un jeune Italien, **Guglielmo Marconi** inquiète un peu son père car il passe plus de temps à répéter l'expérience de Lodge ou de Righi, professeur italien, qu'à ses études. Il pense sérieusement que l'on pourrait transmettre des messages télégraphiques sans le concours des fils. En 1896, il montrera ses expériences en Angleterre à William Preece, ingénieur du post office qui le prend au sérieux et va l'aider et le recommander. La branche familiale maternelle irlandaise de **Marconi** exerce son activité dans les grains. C'est la famille Jameson-Davis, très fortunée. Avec d'autres associés, ils fondent pour **Marconi** une société au

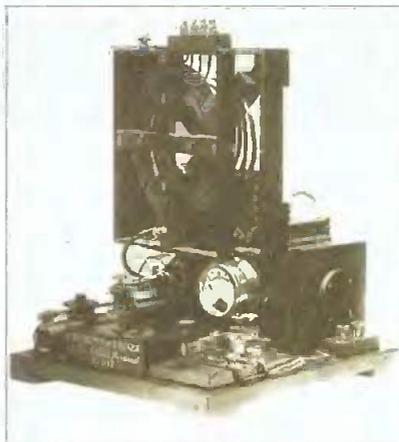
capital de 100.000 Livres sterling, dont 75.000 reviendront à Marconi pour l'achat de ses brevets présents et à venir.

Durant toute cette année 1896, **Eugène Ducretet** est trop chargé par les appareils de rayons X et il manque de temps pour expérimenter sur la télégraphie sans fil. Il connaît les essais de Marconi.

L'atelier **Ducretet** fonctionne en autofinancement, il est le premier en France à construire les appareils de rayons X ; les essais coûtent cher et le patron ne peut pas courir plusieurs lièvres en même temps. Mais il va vite se rattraper en 1897 et il présente ses appareils au Président Félix Faure, (lequel ne lui sera pas d'un grand appui pour cause de décès prématuré !). La liaison par télégraphie sans fil entre l'atelier de la rue Claude Bernard et le Panthéon est chose acquise. La performance est remarquable pour 1897 car on demande aux ondes engendrées par une grosse étincelle de traverser les immeubles, les toits recouverts de zinc et toutes sortes d'obstacles pour aboutir à la détection par un simple tube contenant un peu de limaille de fer : le radioconducteur de Branly. **Ducretet** consacre une bonne part de son temps et de ses bénéfices d'entreprise pour financer sa T.S.F. tandis que **Marconi** consacre son temps exclusivement aux recherches et peut rémunérer du personnel et des ingénieurs et des savants pour faire progresser ses idées.

Ayant eu connaissance des travaux de Popoff, **Ducretet** lui a écrit et Popoff lui a aimablement répondu en Français, en détaillant ses diverses expériences. A partir de ce moment, ils resteront en correspondance, profitant de leurs travaux réciproques. **Ducretet** met en pratique les expériences de Tesla et de Lodge en mettant en accord les postes émetteur et récepteur. C'est la syntonisation qui lui permet de bonnes transmissions. Ainsi, il est le premier à avoir mis en œuvre le procédé par lequel nous sélectionnons la radio que nous voulons entendre, sans subir la cacophonie de tous les émetteurs reçus en même temps. Il expérimente entre divers lieux, par exemple entre le Sacré-Cœur de Montmartre et l'église de la rue de Tolbiac, avec l'accord du Clergé. Et ce

sera enfin cette expérience du 5 novembre 1898 devant le professeur Mascart, de l'Académie des Sciences de Paris au cours de laquelle **Ducretet** démontre qu'il construit des appareils capables de communiquer par dessus les toits de la Ville, à l'aide de courants hertziens, entre la Tour-Eiffel et le Panthéon. Il ne faut cependant pas masquer les difficultés de l'expérience. Par exemple, cela ne fonctionnait pas en sens inverse à cause de la grande masse métallique de la Tour-Eiffel qui faisait tort à la petite antenne du récepteur. C'est malheureusement cette situation que représente la photographie bien connue que l'on trouve dans les livres et aussi sur les panneaux explicatifs de la Tour Eiffel. La photo représente un récepteur en place de l'émetteur.



Émetteur Ducretet de 1910 pour télégraphie

Je vais éclairer mon propos en décrivant la machinerie de l'expérience.

A la troisième plate-forme de la Tour-Eiffel on a disposé un accumulateur électrique, une bobine de Ruhmkorff, des boules de métal entre lesquelles éclatera une étincelle et deux fils conducteurs : l'un des fils est relié au métal de la Tour-Eiffel, c'est la prise de terre. L'autre est projeté à l'extérieur à l'aide d'un long morceau de bois et il pend jusqu'à la plate-forme intermédiaire, soit environ 130 mètres.

Je viens de décrire l'émetteur ou transmetteur !

Au Panthéon, le récepteur est disposé de telle manière que son antenne, un fil conducteur de 44 mètres pend sur une longueur de 32 mètres à l'extérieur du monument. L'antenne est réunie à un cohéreur à limaille et une prise de terre

complète le dispositif. Un relais électromagnétique sensible mesure les réactions du cohéreur et en permet l'inscription en signaux Morse sur un ruban de papier.

Si, pour nous, la réussite de l'exploit est stupéfiante en raison du matériel que je viens de décrire, imaginons ce que cela fut pour le public en 1898.

En mars 1899, **Marconi** envoie des signaux hertziens à travers la Manche, à partir de Wimereux près de Boulogne sur Mer. Tout le monde s'intéresse à ses expériences, même le ministre de la guerre français qui dépêche le capitaine **Ferrié**, officier spécialiste du télégraphe de l'Armée du Génie, comme observateur. **Ducretet** parvient cependant à rattraper **Marconi** lorsqu'il fournit des postes transmetteurs et des postes récepteurs au Lt de Vaisseau Camille Tissot, officier instructeur de la Marine à Brest. Ce dernier est un scientifique et, par ses critiques objectives et ses analyses des résultats d'expériences, il provoque de réels progrès dans les fabrications de **Ducretet**. Il y aura pourtant des nuages dans leurs relations, probablement dus à des susceptibilités de **Ducretet** dont Tissot s'étonne. Ajoutons que Blondel (polytechnicien) s'emploiera à chercher de mauvaises raisons à **Ducretet** et sera, au contraire, plein d'affection et de compliments pour **Marconi**. Cela peut aigrir le caractère de **Ducretet** qui ne mérite sûrement pas cette ségrégation.

La course aux distances franchies sur mer par la T.S.F. va s'engager entre la Compagnie de Marconi et les établissements **Ducretet**. A tour de rôle, chacun va prendre la tête. Nous avons peine à concevoir aujourd'hui que la transmission à cent kilomètres d'une dépêche télégraphique pouvait soulever l'enthousiasme. Après Camille Tissot, **Ducretet** fournira l'escadre de la Méditerranée où commande l'amiral Arago. Là aussi, des essais remarquables seront effectués avec succès. Mais la technique est toujours tributaire des budgets et la Marine n'échappe pas à cette triste vérité. Faute d'argent, peu d'appareils de T.S.F. sont commandés à **Ducretet**. Par chance, les relations avec Popoff sont entretenues et la Marine Russe sera un excellent client. D'autres pays étrangers aussi.

Mais, au fait, que connaissait-on alors en cette matière radioélectrique ? La réponse est lapidaire, c'est : rien !

On connaît la télégraphie par des fils tendus sur des poteaux dans les campagnes ; on commence à avoir une idée sur le comportement des câbles sous-marins de télégraphie, comportement parfois déconcertant. Pour ce qui se transmet sans le concours des fils, on ne fait que constater.

Pour être très clair, disons que les plus savants, et qui le sont vraiment, les Poincaré, Ferrié, Blondel, Tissot et d'autres, n'ont aucune idée sur la technologie de ce nouveau phénomène. Ils constatent ce qu'ont pu matérialiser les savants expérimentateurs comme Branly, Lodge, Tesla, Elihu Thomson, Popoff, ainsi que des ingénieurs et constructeurs comme **Marconi** et **Ducretet**, bientôt suivis par Slaby en Allemagne. Pour tenter de déterminer des lois physiques accessibles par le calcul, les savants précités ne pourront que se référer à des résultats expérimentaux obtenus grâce au matériel fabriqué, de manière empirique au début, par les constructeurs. Les uns s'appuyant sur les autres, les progrès seront obtenus.

Les uns et les autres ne manqueront d'ailleurs pas d'ériger en lois des idées fausses qui dureront quelque temps.

On a compris que les problèmes budgétaires affectaient moins **Marconi** que **Ducretet** ; **Ducretet** sera confronté en outre à une autre difficulté. Par destination, cette T.S.F. ne peut concerner à cette époque en France que de grands corps de l'État : l'Armée, la Marine et les PTT qui détiennent le monopole des communications privées par une aberration injustifiable. Et ces grands corps de l'État sont aux mains des gens instruits et méritants que sont les polytechniciens. Que venait faire ce **Ducretet**, cet autodidacte, dans leur pré carré ? La nature humaine déborde alors la raison et la simple justice. C'est, hélas, dans la tradition française. **Ducretet** sera écarté des marchés de la T.S.F. malgré les perfectionnements qu'il a apportés aux appareils, malgré la réputation acquise par la qualité de ses fabrications.

De plus, il a fourni des appareils, (étudiés avec le concours de Popoff), à la Russie avec laquelle la France file appa-

remment le parfait amour. Tissot lui signale que c'est mal vu en haut lieu. Où est le mal ? Il est vrai que les affaires d'État nous sont étrangères. Dans le même temps la France allait vers une Entente dite Cordiale avec l'Angleterre. Et, en Angleterre, accessoirement, exerçait la puissante société de **Marconi**.

Le ministre de la guerre, de Freyssinet, (polytechnicien) qui s'intéressa aux expériences de **Marconi**, émit une réserve. Le capitaine Ferrié (polytechnicien) était l'observateur averti des essais trans-Manche de **Marconi**. Il lui fut recommandé de réaliser des appareils de T.S.F. en utilisant aussi peu que possible les ateliers privés.

Ducretet, alors seul constructeur pouvant fournir les postes transmetteurs et les postes récepteurs, était manifestement la victime de cette exigence. Ceci ajouté au maigre budget ne facilita pas la tâche de Ferrié qui fut bien obligé d'enfreindre la consigne de temps en temps, mais pas forcément au profit de **Ducretet**. Et lorsque **Ferrié** provoqua la constitution d'une grande société de fabrication de T.S.F. en 1908 : la Compagnie Générale Radioélectrique (C.G.R.), il avait enfin réalisé que sans l'industrie privée rien n'avancerait. Bien sûr, les fondateurs de la compagnie : Carpentier, Gaiffe et Rochefort, sont polytechniciens. Alors, on se pose la question : est-ce la raison pour laquelle **Ducretet** n'est pas dans cette équipe ? Cela peut être une raison mais pas la seule raison car il apparaît par les correspondances que **Ducretet** avait sans doute un caractère assez abrupt et très indépendant. Pouvait-on lui en tenir rigueur ? Ce qu'il créait l'était par lui et à ses frais.

Ses réalisations prouvent une immense capacité de travail et surtout d'assimilation. Il se plie avec talent aux nouvelles sciences et n'a pour argument commercial que la qualité éprouvée de ses appareils. Cela ne remplace pas le sens du commerce qui semble lui avoir été étranger. On en est convaincu par une correspondance qu'il eut avec Gustave Péreire, banquier et président de la Cie Gle Transatlantique, en 1901. Péreire aurait préféré équiper ses navires avec la T.S.F. française de **Ducretet** plutôt qu'avec la T.S.F. anglaise de **Marconi**. Mais il demandait que le fournisseur ins-

tallât les appareils à bord des paquebots. La réponse de **Ducretet** fut moins que commerciale et je la résume : « Mes appareils sont performants, je n'ai pas de personnel pour les installer, mais cela est facile avec le guide pratique ».

Ce fut **Marconi** qui emporta la commande ! Certes, il avait l'argent mais il avait aussi le sens du commerce.

Marconi fut en procès contre tout le monde. Il attaquait les compagnies à plaisir. Un procès en contrefaçon contre la C.G.R. et la S.F.R., autre compagnie française, dura de 1902 jusqu'à 1914.

Marconi fut enfin débouté grâce aux documents d'antériorité produits par **Eugène Ducretet**. Celui-ci était alors le seul « expert » qui n'avait pas d'intérêts liés aux parties en présence.

Maître Millerand plaida pour les Français. Il avait été informé au préalable par **Ducretet** qui lui avait fourni les arguments décisifs. Une courte reconnaissance des vainqueurs s'en suivit par des courriers, mais **Ducretet** était déjà miné par un mal incurable. Après tous les services qu'il avait rendus à la France, à ses propres dépens, **Eugène Ducretet** ne supporta pas d'être écarté de cette science, qu'il avait aimée et servie passionnément, au profit de ceux qui avaient bénéficié de ses travaux. Il s'éteignit en 1915 après avoir eu la douleur de perdre son fils aîné Pierre, officier mort au Champ d'Honneur.

De son vivant, les courriers de ses fils et à son décès les lettres de condoléances de gens simples qui furent à son service et de notables qui furent ses amis nous montrent un homme droit et estimé.

Combien il est préjudiciable pour la France que des coteries de gens estimables et instruits, aient le pouvoir d'écarter sans merci, et sans risque, des gens de valeur qui ne sont pas des leurs. Je me souviens pourtant que le 4 août 1789, l'Assemblée Constituante décidait de l'abolition des privilèges... c'est si loin !

Il fallut qu'en 1931, une compagnie multinationale portant déjà les noms prestigieux de Thomson et de Houston s'adjoignit le nom de **Ducretet** pour ses fabrications de postes de radio, pour que ce nom fut connu de tous.

C'était enfin la reconnaissance publique de sa valeur.

J.-C.B. MONTAGNÉ

Un CD de test audio



Si le premier graveur de CD venu est capable de copier des disques audio dans d'excellentes conditions, il peut aussi (et surtout !) servir à en créer de toutes pièces.

Au-delà de l'enregistrement de véritables sons, la synthèse numérique ouvre des horizons quasiment illimités.

Nous allons découvrir avec quelle facilité il est possible de réaliser un disque de signaux de test audio, véritable instrument de précision qui, il n'y a pas si longtemps, se vendait encore fort cher...

De l'équation au disque

On sait que toute forme d'onde pas trop complexe peut facilement être modélisée par une équation mathématique qui en décrit très exactement les caractéristiques. C'est élémentaire pour les ondes sinusoïdales pures, un peu plus délicat pour les balayages de fréquence, et à peine davantage pour les bruits "blanc" et "rose". Il existe de nombreux logiciels permettant de faire fonctionner la carte son d'un PC en générateur de fonctions paramétrable à l'infini, mais il est également possible de créer, par des moyens similaires, de simples fichiers "Wave". A condition d'opérer en mode "16 bits", on accède, entièrement par calcul, à une précision qui dépasse les exigences des mesures audio les plus fines et à un rapport signal/bruit de l'ordre de 96 dB.

Tout bon logiciel de gravure étant capable de créer un CD audio à partir d'une collection de fichiers .WAV (un par piste), aussi bien en

mono qu'en stéréo, il n'en faut pas davantage pour produire des disques de test irréprochables.

Une « boîte à outils » de base

On trouve sur Internet des images de disques de test audio convenant aux usages les plus pointus, mais leur téléchargement peut s'avérer redoutablement long, tandis qu'on n'a pas forcément l'usage de toutes leurs possibilités. Nous avons donc conçu, à l'intention de nos lecteurs, un disque de 68 plages couvrant les besoins courants, ce qui représente tout de même 73 Mo de fichiers Wave, ou 13 Mo après compression dans un fichier ZIP. L'essentiel est une collection de tonalités, d'une durée de dix secondes chacune, avec trois variantes de niveau pour chaque fréquence : 0 dB, -20 dB et -40 dB.

Rappelons, à toutes fins utiles, qu'un affaiblissement de 20 dB correspond très exactement à une

réduction d'amplitude de dix fois. Il importe de préciser qu'il faut, ici, entendre par "0 dB" le niveau maximum pouvant être codé numériquement sur le disque, autrement dit l'amplitude d'un signal sinusoïdal dont la valeur de crête correspond à tous les bits à 1 dans le code PCM.

Le niveau analogique mesuré en sortie d'un lecteur de CD lisant le disque (ou d'une carte son reproduisant le fichier Wave) dépend évidemment du gain de ses circuits d'amplification et ne saurait être considéré comme une référence absolue. Cela n'a d'ailleurs aucune importance puisque la plupart des mesures audio sont de nature relative (affaiblissement à une fréquence donnée par rapport à 1 kHz, par exemple). Vingt fréquences ont donc été synthétisées, entre 20 Hz et 20 kHz, avec un effort tout particulier aux deux extrémités du spectre, là où il s'agit de dépister le plus finement possible les faiblesses de courbe de réponse : 20, 30, 40, 50, 60, 100, 200, 300, 500 Hz, puis 1, 2,

3, 5, 8, 10, 13, 15, 18, 19, et 20 kHz. Nous aurions éventuellement pu aller plus bas dans le grave (on sait bien qu'un enregistrement numérique pourrait parfaitement "passer le continu"...), mais monter au-delà de 20 kHz n'aurait guère eu de sens (du moins à la fréquence d'échantillonnage usuelle de 44,1 kHz).

Relever des courbes de réponse

Là se situe l'application principale de ce jeu de fréquences : relever (ou tout au moins contrôler) des bandes passantes. A moins de disposer d'un bon millivoltmètre audio (réel ou "virtuel"), on opérera généralement à l'oscilloscope sur des valeurs "crête" ou "crête à crête". Cela permet, au passage, de garder un œil sur la forme d'onde, toute saturation étant de nature à fausser grossièrement les mesures.

La plupart du temps, on prendra un point de repère à 1000 Hz, puis on mesurera l'atténuation, par rapport à cette référence, que subit chaque fréquence de test. Supposons ainsi que l'on ait lu 70mV à 1000 Hz et que l'on ne trouve plus que 50mV à 18 kHz : le rapport d'amplitude est de 1,4, le logarithme décimal de celui-ci 0,146 et l'atténuation en décibels vingt fois plus (2,9 dB). Cela pourrait permettre de remarquer, par exemple, que telle carte "son" de PC "mange" 3 ou 4 dB à 20 Hz et/ou à 20 kHz (ce qui n'aurait d'ailleurs rien de catastrophique !), tandis qu'un bon lecteur de CD fait couramment mieux que 0,5 dB à ces mêmes points. Dans le cas particulier des magnétophones analogiques, il faut savoir (et on a tendance à l'oublier...) qu'un relevé de courbe de réponse se fait au niveau d'enregistrement de -20 dB. En pratique, on commencera par enregistrer la plage 1 kHz / 0 dB en réglant le modulo mètre très exactement sur 0 dB. Ensuite, on enregistrera le reste du disque sans retoucher ce réglage, même si les indications du vumètre fluctuent (ce qui traduit tout simplement le bon fonctionnement des corrections d'enregistrement). A la relecture, on prendra pour référence le niveau de la plage 1 kHz / -20 dB, et on mesurera

l'affaiblissement, par rapport à cette valeur, que subit la plage à -20 dB de chaque fréquence test.

Opérer à 0 dB conduirait à des résultats nettement pessimistes, phénomène qui ne touche absolument pas les enregistreurs numériques (Minidisque, DAT, etc.) Une preuve de plus, s'il en était besoin, de la flagrante supériorité de ce mode d'enregistrement parfois injustement décrié.

Pour aller plus vite

A raison de vingt tonalités de dix secondes chacune, le relevé même approximatif d'une courbe de réponse n'est tout de même pas très rapide. Pour dégrossir un réglage (pré-magnétisation d'un magnétophone analogique, correction de tonalité, acoustique d'un local, etc.), on gagnera beaucoup de temps en utilisant (éventuellement en lecture à répétition) un balayage de fréquence.

Nous avons fabriqué trois "sweeps" (mono, droite, gauche) de 20 Hz à 20 kHz, d'une durée d'un peu plus de 7 secondes chacun. Cette vitesse permet un examen confortable de l'enveloppe de l'amplitude sur un simple oscilloscope balayant lentement.

ATTENTION ! Calibrés à 0 dB (niveau maximum du CD), ces signaux sont aussi redoutables pour les oreilles que pour les enceintes. Il faut absolument s'assurer, avant leur reproduction, que le niveau d'écoute n'est pas réglé trop fort !

Des signaux de test stéréo

Rigoureusement symétriques entre gauche et droite, les balayages de fréquence que nous venons d'évoquer peuvent déjà servir à un certain nombre d'investigations stéréophoniques.

Dans des locaux de dimensions modestes et ne bénéficiant d'aucun traitement acoustique particulier, on sera facilement étonné de l'ampleur des différences de comportement des deux voies. Selon la position de l'auditeur (ou du micro de mesure) par rapport aux enceintes, des phénomènes d'ondes stationnaires dus aux réflexions sur les parois peuvent bouleverser profondément la restitution de certaines fréquences. Remarquons d'ailleurs tout simplement que la longueur d'onde d'une tonalité donnée se détermine en divisant sa vitesse de propagation (300 m/s) par sa fréquence. A 100 Hz, par exemple, la longueur d'onde est de trois mètres, ce qui fait inévitablement apparaître des "noeuds" et des "ventres" d'amplitude, parfois très marqués, dans une pièce de taille moyenne (diagonale proche de 6m pour des dimensions de 4 x 5m). Pour des mesures plus rigoureuses (diaphonie entre canaux, par exemple), on se servira plus volontiers des pistes sur lesquelles un signal 1 kHz 0 dB est enregistré sur la seule voie droite ou gauche. Deux pistes de bruit, d'une durée de 45 secondes chacune, permettent d'affiner encore les observations.



Nous avons reconstitué un bruit "blanc" purement monophonique (contenu des deux voies rigoureusement identique) et un bruit "rose" authentiquement stéréophonique (aucune corrélation entre les deux canaux). Il est intéressant d'écouter la différence de positionnement spatial du son qui sépare ces deux enregistrements, quitte à dépister à cette occasion une mauvaise mise en phase des haut-parleurs (c'est plus fréquent qu'on pourrait le penser...) Il n'est peut-être pas inutile de rappeler en quoi ces deux "couleurs" de bruit diffèrent l'une de l'autre. Le bruit "blanc" contient, en proportions égales, toutes les fréquences incluses dans sa bande passante. Pour le synthétiser par calcul, on fait tout simplement appel à un générateur de nombres aléatoires.

Dans un bruit "rose", l'amplitude des fréquences qu'il contient diminue de 3 dB par octave, ce qui veut dire que la composante à 20 kHz, par exemple, est atténuée de 3 dB par rapport à celle à 10 kHz ou de 6 dB (amplitude moitié moindre) par rapport à celle à 5 kHz. On considère généralement que le contenu

spectral du bruit rose est assez représentatif de celui de la musique, ce qui est utile pour évaluer la "coloration" qu'introduisent, par exemple, des enceintes acoustiques ou un local d'écoute. Beaucoup plus "froid" à cause de sa plus grande proportion d'aiguës, le bruit blanc sert plutôt à détecter, à l'oreille, toutes sortes d'anomalies affectant la réponse aux fréquences élevées, comme l'azimutage imparfait d'une tête de lecture de magnétophone analogique.

La gravure

Mis à part les quelques enregistrements fondamentalement stéréophoniques que nous venons d'évoquer, les fichiers .WAV correspondant aux différentes plages du disque sont monophoniques (échantillonnage 16 bits à 44,1 kHz). Cela ne pose aucun problème à un logiciel de gravure récent tel que Nero Burning Rom qui opère automatiquement la conversion en stéréo.

Nous avons toutefois rencontré de rares outils de gravure n'acceptant pas les fichiers mono (Prassi PrimoCD Plus, par

exemple). En pareil cas, il suffit de procéder à une conversion préalable avec n'importe quel bon utilitaire de manipulation de fichiers audio. Nos lecteurs restent bien sûr parfaitement libres de l'ordre dans lequel ils graveront tout ou partie des pistes offertes sur leur CD personnel ! Il est d'ailleurs possible de répéter certaines pistes à des endroits différents, dans des ordres variés, pour faciliter au maximum les types de mesures auxquelles on envisage de procéder. Tous les goûts étant dans la nature, on pourra aussi bien regrouper les plages par fréquence que par amplitude, quitte à intercaler de temps à autre une référence 1 kHz 0 dB à titre de "Juge de paix". Dans sa version de base, le disque contiendra un peu plus de douze minutes de son et pourra donc, si on le souhaite, être réalisé sur un CD au format "mini". Il serait également possible d'en faire tenir un sous-ensemble, personnalisé pour telle ou telle application, sur un CD au format "carte de crédit", produit original désormais disponible en version enregistrable.

P. GUELLE

CARTE D'ACQUISITION SUR BUS PCI et PORT USB

- De 8 à 64 voies d'Entrée Analogique 14-Bits
- Jusqu'à 4 voies de Sortie Digitale 14-Bits
- De 24 à 32 voies d'Entrée/Sortie Digitale avec compteur/timer
- De 16 à 32 voies d'Entrée/Sortie Relais
- 16 voies d'Entrée RTD/Thermocouple



IDENTIFICATION SANS CONTACT PAR TRANSPONDEUR

Application : Contrôle d'accès, identification des personnes, des animaux et des objets.
Les transpondeurs sont avec (ou sans) mémoire et sont disponibles sous forme de badge, porte-clés, jeton, tag...



PROGRAMMATEUR ET MULTICOPIEUR UNIVERSEL, AUTONOME, PORTABLE



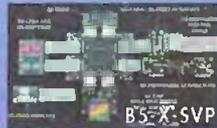
LECTEUR/ENCODEUR DE CARTE MAGNÉTIQUE



EMULATEUR D'EPROM ET DE MICROCONTROLEUR



SYSTEME DE DÉVELOPPEMENT VHDL



LECTEUR BIOMÉTRIQUE

Le lecteur Biométrique Précise 100 A est l'un des plus petits lecteurs à empreinte digitale au monde.
Les informations acquises par l'empreinte digitale de votre doigt vont être enregistrées sur votre serveur ou votre PC.
Sa facilité d'utilisation et son faible coût fait de cet appareil un outil sûr pour la sécurisation de votre PC. D'autres références existent. NC.



LECTEUR/ENCODEUR DE CARTE A PUCE

Le système de développement BasicCard PRO2 comprend :
1 Lecteur/Encodeur CyBermouse (Série ou USB)
1 BasicCard 2 Ko EEprom
2 BasicCard 8 Ko EEprom
1 BasicCard 16 Ko EEprom (ZC 5.4)
1 Lecteur avec afficheur LCD (Balance Reader)
1 CD avec logiciel de développement
1 Manuel



CARTES D'ÉVALUATION AVEC CPUJ



68HC 11/12/16
68 332
80C 552
80C 31/51
80C 535

COMPILATEUR C & ASSEMBLEUR



68HC 11/12/16
68/332
80C 31/51/552
MICROCHIP PIC

TMS DSP



27, rue Voltaire
72000 LE MANS

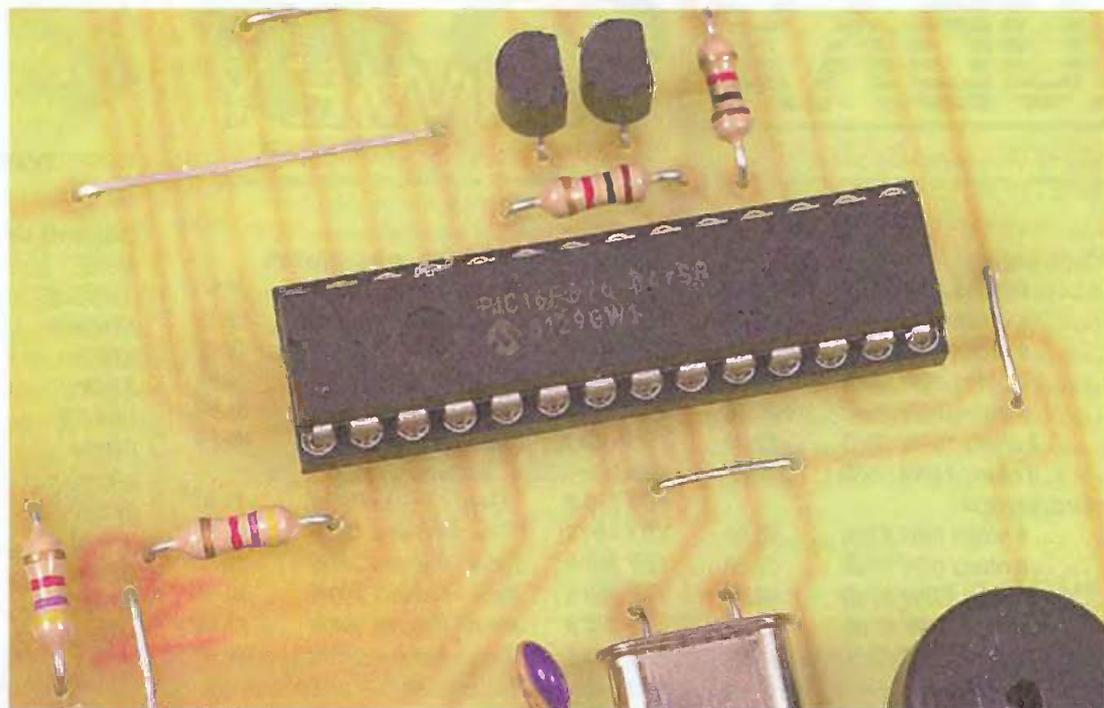
Tél : 02 43 28 15 04
Fax : 02 43 28 59 61

<http://www.hitechtools.com>
E-mail : info@hitechtools.com

HI TECH TOOLS (H.T.T.)

A la découverte des microcontrôleurs PIC

(Première partie)



Cette série d'articles que nous vous proposons sur *Electronique Pratique* concerne les microcontrôleurs PIC et, plus particulièrement, la famille 16F84. Vous apprendrez tout au long de ces cours à programmer et à utiliser ce composant très performant.

Du microprocesseur au microcontrôleur

La découverte du microprocesseur date de près de trente ans. En effet, la fabrication du premier circuit remonte à 1970, année où la société Intel met au point le premier microprocesseur : le 4004. On n'imagine pas, à l'époque, que cette révolution industrielle donnera naissance à l'ordinateur individuel.

Depuis, leur puissance de calcul et l'intégration des transistors les constituant n'ont cessé d'évoluer. On retrouve désormais les microprocesseurs dans la plupart des applications, que ce soit pour piloter une centrale à l'intérieur d'un ordinateur ou remplacer le pro-

grammateur d'une machine à laver.

Les microprocesseurs ne sont jamais employés seuls, des circuits périphériques leur sont toujours associés pour pouvoir être intégrés au sein d'une application (**figure 1**).

L'un des avantages d'un montage à base de microprocesseur, par rapport à un montage en logique câblée, réside dans sa souplesse d'emploi.

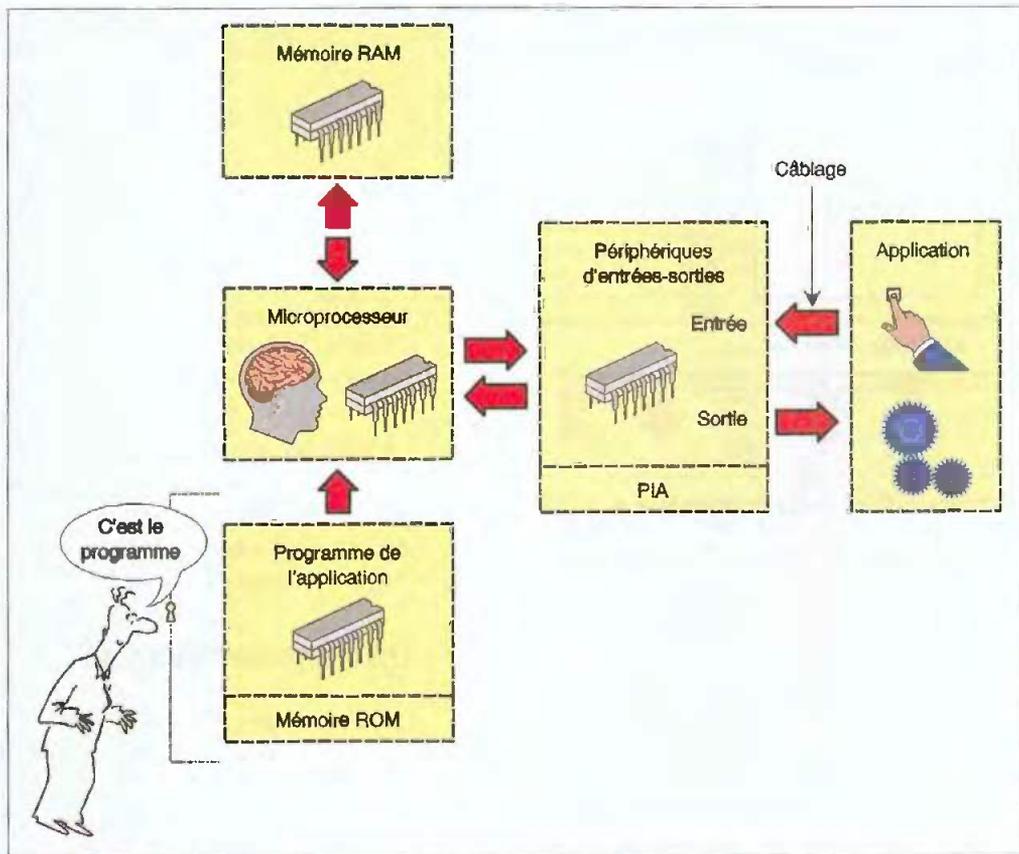
En effet, nous entrons dans le domaine de la logique programmable où le fonctionnement du montage dépend d'un programme logé dans une mémoire. Celui-ci peut être modifié pour changer les équations régissant l'application, sans toutefois entraî-

ner de changement au niveau du câblage des entrées-sorties.

Les microcontrôleurs

Les microprocesseurs, nous venons de le voir, possèdent un indéniable avantage sur la logique câblée. En effet, pour modifier le fonctionnement d'une application, il suffit de changer le programme sans refaire de câblage.

Les microcontrôleurs possèdent, quant à eux, la puissance d'un microprocesseur, mais présentent un atout supplémentaire : ils possèdent, dans le même boîtier, les périphériques intégrés (**figure 2**). Autrement dit, le programme de l'application est en interne et non plus dans un circuit mémoire



- Une unité centrale, cœur du système, également appelée CPU (Central Processing Unit). Dans cette unité centrale, nous retrouverons plusieurs éléments comme l'unité arithmétique et logique (UAL) que nous détaillerons dans un prochain numéro.

- Une mémoire contenant le programme à exécuter par le microcontrôleur, généralement appelée "mémoire morte" ou ROM (Read Only Memory), "mémoire à lecture seule". Cette mémoire a la particularité de sauvegarder en permanence les informations qu'elle contient, même en absence de tension (ce qui est primordial,

sinon il faudrait reprogrammer le microcontrôleur à chaque remise sous tension !).

- Une mémoire vive également appelée RAM (Random Access Memory). Cette mémoire permet de sauvegarder temporairement des informations. Il est à

1 Les microprocesseurs ne sont jamais employés seuls

externe et les périphériques d'entrées-sorties sont également intégrés, d'où l'économie de nombreux circuits périphériques.

Cette caractéristique explique que les montages deviennent encore plus simples et la programmation plus aisée. Un système à base de microprocesseur oblige le concepteur à réaliser un décodage d'adresse pour permettre au microprocesseur de ne dialoguer qu'avec un seul périphérique à la fois.

Un microcontrôleur seul peut donc gérer une application, sans faire forcément appel à d'autres circuits associés.

Sur la **figure 2**, le microcontrôleur possède en interne la mémoire programme contenant le programme de l'application, ainsi que le port d'entrées-sorties qui va permettre au microcontrôleur de s'interfacer avec l'application.

On le voit ici, par rapport au schéma à base de microprocesseur présenté **figure 1**, nous avons encore franchi un degré d'intégration en rassemblant tous les circuits nécessaires au fonctionne-

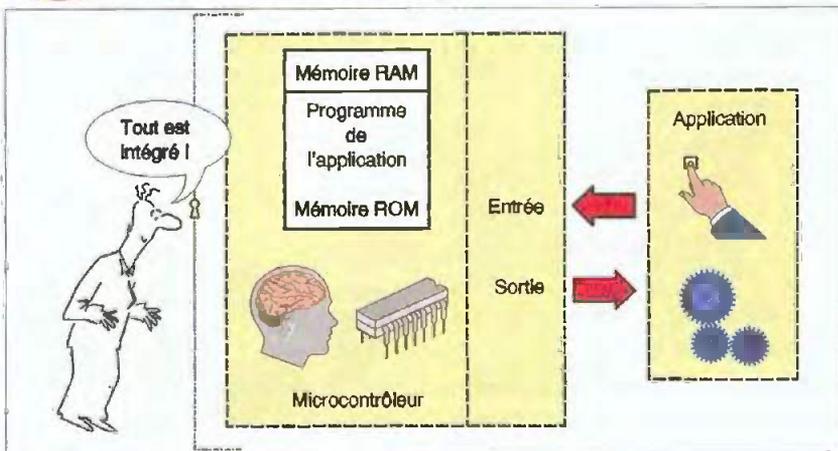
ment d'une application dans le même boîtier.

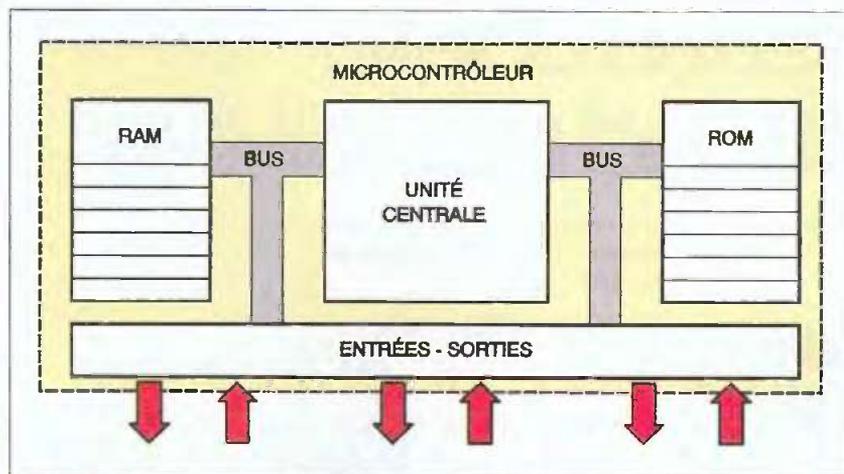
Structure interne d'un microcontrôleur (figure 3)

Un microcontrôleur, le plus simple qu'il soit, possède au minimum les éléments suivants :



2 Périphériques intégrés





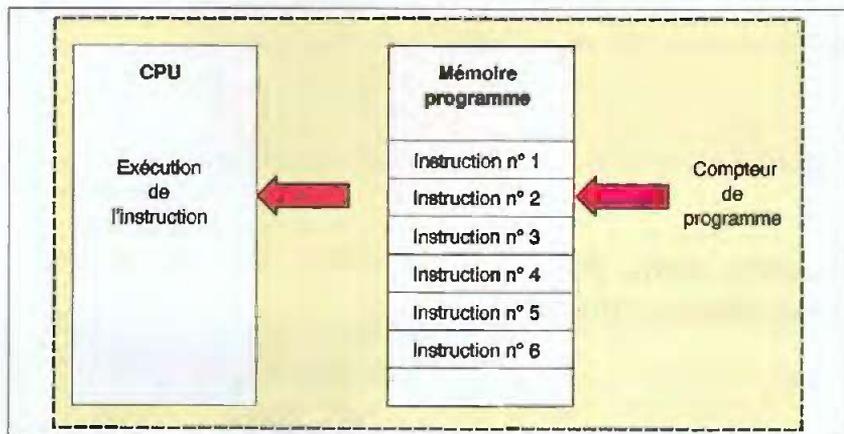
3 Structure interne d'un microcontrôleur

noter que le contenu d'une RAM n'est sauvegardé que pendant la phase d'alimentation du circuit. Le microcontrôleur pourra utiliser cette mémoire pour stocker des variables temporaires ou faire des calculs intermédiaires.

- Un port d'entrées-sorties permettant au microcontrôleur de dialoguer avec

En réalité, le microcontrôleur exécutera les instructions que vous avez transférées dans sa mémoire programme.

Sans encore entrer trop dans les détails, sachez qu'un registre spécifique du microcontrôleur (le CP ou "Compteur de programme") est chargé de pointer l'instruction stockée en ROM (c'est votre



4 Le microcontrôleur exécutera, une à une les instructions codées

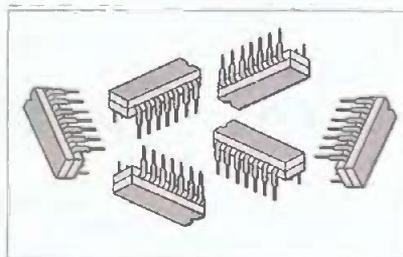
l'extérieur pour, par exemple, prendre l'état d'un capteur, d'un interrupteur, allumer une led ou encore piloter un relais (via un transistor, bien sûr).

Des bus internes permettent la communication entre les différents éléments intégrés au microcontrôleur. Il existe trois sortes de bus que l'on détaillera dans un prochain cours.

Cette architecture simplifiée vous est présentée **figure 3**.

Le microcontrôleur exécutera, une à une, les instructions codées sous forme binaire dans la mémoire programme (**figure 4**).

programme...) que devra exécuter la CPU du microcontrôleur. En fait, le contenu du registre compteur de programme va s'incrémenter au fur et à mesure pour "sélectionner" la case



mémoire suivante. Ainsi, la CPU du microcontrôleur exécutera toutes les instructions que vous avez transférées dans la mémoire du microcontrôleur.

Avant d'en venir au microcontrôleur PIC, on peut dire, en simplifiant, qu'un microcontrôleur est un microprocesseur auquel on a intégré divers périphériques, en particulier la mémoire contenant le programme à exécuter et un circuit spécialisé qui permet au microcontrôleur de "dialoguer" avec l'extérieur, que se soit pour "mesurer" ou "actionner"...

Il existe de nombreux types de microcontrôleurs, qu'ils soient spécifiques pour une fonction donnée ou bien banalisés et configurables pour de nombreuses applications. Quelle famille...

Les microcontrôleurs PIC

De nombreux fabricants se sont implantés sur le marché des microcontrôleurs. La société américaine Microchip Technologies a mis au point un microcontrôleur CMOS (Complementary Metal Oxide Semi-conducteur) : **Le PIC**. Ce microcontrôleur, encore très utilisé à l'heure actuelle, constitue un compromis entre simplicité d'emploi et prix de revient. Il fait partie de la famille des circuits RISC (Reduced Instruction Set Computer), caractérisée par leur vitesse d'exécution et leur jeu d'instruction réduit (le PIC 16F84 possède seulement trente-cinq instructions de base).

Il existe de nombreuses versions de PIC possédant chacune des caractéristiques différentes. Des tableaux comparatifs permettent de choisir le PIC le plus adéquat par rapport à l'application envisagée. Un comparatif vous est proposé sur le **tableau 1**. Nous reviendrons ultérieurement sur les caractéristiques des PIC présentés.

Un minimum de matériel

Ce premier article vous a plu, vous avez décidé de réaliser une application à base de PIC, que vous faut-il pour commencer ?

Dans un premier temps, une fois votre projet établi (nous y reviendrons ultérieurement avec une application concrète), il va falloir écrire un programme en

| PIC | Mémoire programme | RAM | Commentaires | |
|------------------------------------|-------------------|--------------|--|-------------------------------|
| Quelques PIC de la série 12 | | | | |
| PIC 12C508 | 512 x 12 | 25 x 8 | | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C509 | 1024 x 12 | 41 x 8 | | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C510 | 512 x 12 | 25 x 8 | E2PROM : 16 x 8 | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C519 | 1024 x 12 | 41 x 8 | E2PROM : 16 x 8 | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C671 | 1024 x 14 | 128 x 8 | 4 ADC 8 bits | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C672 | 2048 x 14 | 128 x 8 | 4 ADC 8 bits | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C673 | 1024 x 14 | 128 x 8 | E2PROM : 16 x 8 - 4 ADC 8 bits | 1 x 8bits 6 |
| PIC 12C674 | 2048 x 14 | 128 x 8 | E2PROM : 16 x 8 - 4 ADC 8 bits | 1 x 8bits 6 |
| Quelques PIC de la série 16 | | | | |
| PIC 16C52 | 384 x 12 | 25 x 8 | | 1 x 8bits 12 |
| PIC 16C54 | 512 x 12 | 25 x 8 | | 1 x 8bits 12 |
| PIC 16C55 | 512 x 12 | 24 x 8 | | 1 x 8bits 21 |
| PIC 16C56 | 1k x 12 | 32 x 8 | | 1 x 8bits 13 |
| PIC 16C57 | 2k x 12 | 80 x 8 | | 1 x 8bits 21 |
| PIC 16C58 | 2k x 12 | 80 x 8 | | 1 x 8bits 21 |
| PIC 16C62A | 2048 x 14 (flash) | 128 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 22 |
| PIC 16C63 | 4096 x 14 (flash) | 192 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 22 |
| PIC 16C64 | 2048 x 14 | 128 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 33 |
| PIC 16C65A | 4096 x 14 (flash) | 192 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 33 |
| PIC 16C66 | 8192 x 14 | 128 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 22 |
| PIC 16C67 | 8192 x 14 | 128 x 8 | | 1 x 16bits 2 x 8bits 33 |
| PIC 16C71 | 1024 x 14 | 4 canaux ADC | | 1 x 8 bits 13 |
| PIC 16C72 | 2048 x 14 | 8 canaux ADC | | 1 x 16 bits 2 x 8 bits 22 |
| PIC 16C73A | 4096 x 14 | 5 canaux ADC | | 1 x 16 bits 2 x 8 bits 22 |
| PIC 16C74A | 4096 x 14 | 8 canaux ADC | | 1 x 16 bits 2 x 8 bits 33 |
| PIC 16C76 | 8192 x 14 (flash) | 5 canaux ADC | | 1 x 16 bits 2 x 8 bits 22 |
| PIC 16C77 | 8192 x 14 | 8 canaux ADC | | 1 x 16 bits 2 x 8 bits 33 |
| PIC 16F83 | 512 x 14 (flash) | 36 x 8 | E2PROM : 64 x 8 | 1 x 8bits 13 |
| PIC 16C84 | 1024 x 14 | 68 x 8 | E2PROM : 64 x 8 | 1 x 8bits 13 |
| PIC 16F84 | 1024 x 14 (flash) | 68 x 8 | E2PROM : 64 x 8 | 1 x 8bits 13 |
| PIC 16F627 | 1024 x 14 (flash) | 224 x 8 | E_PROM : 128 x 8 1UART 2 comparateurs analogiques | 3184 bits 3 8/16 bits 16 |
| PIC 16F628 | 2048 x 14 (flash) | 224 x 8 | E_PROM : 128 x 8 1 UART 2 comparateurs analogiques | 3 8/16 bits 3 8/16 bits 16 |
| PIC 16F873 | 4k x 14 (flash) | 192 x 8 | E_PROM : 128 x 8 5 ADC 10 bits - 2 PWM | 3 8/16 bits 3 8/16 bits 20 |
| PIC 16F874 | 4k x 14 (flash) | 192 x 8 | E_PROM : 128 x 8 8 ADC 10 bits - 2 PWM | 3 8/16 bits 3 8/16 bits 33 |
| PIC 16F876 | 8k x 14 (flash) | 368 x 8 | E_PROM : 256 x 8 5 ADC 10 bits - 2 PWM | 3 8/16 bits 3 8/16 bits 20 |
| PIC 16F877 | 8k x 14 (flash) | 368 x 8 | E_PROM : 256 x 8 8 ADC 10 bits - 2 PWM | 3 8/16 bits 3 8/16 bits 33 |
| Quelques PIC de la série 17 | | | | |
| PIC 17C42 | 2k (Eprom) | 232 x 8 | Freq:25MHz - 2 PWM 1 USART - 11 sources IT | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |
| PIC 17C42A | 2k (Eprom) | 232 x 8 | Freq:33MHz - 2 PWM 1 USART - 11 sources IT | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |
| PIC 17C44 | 8k (Eprom) | 454 x 8 | Freq:33MHz - 2 PWM 1 USART - 11 sources IT | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |
| Quelques PIC de la série 18 | | | | |
| PIC 18F242 | 16k (flash) + 8k | 768 x 8 | Freq:40MHz - 2 PWM 1 USART - 8 ADC 10 bits 75 instructions - 17 sources IT E_prom 256 x 8 | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |
| PIC 18F442 | 16k (flash) + 8k | 768 x 8 | Freq:40MHz - 2 PWM 1 USART - 8 ADC 10 bits 75 instructions - 18 sources IT E_prom 256 x 8 | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |
| PIC 18F462 | 32k (flash) + 16k | 1536 x 8 | Freq:40MHz - 2 PWM 1 USART - 8 ADC 10 bits 75 instructions - 18 sources IT E_prom 256 x 8 | 4 8/16 bits 4 8/16 bits 33 |

Tableau 1

assembleur (pour débiter). Un programme en assembleur est constitué par une suite d'ordres (mnémoniques) que devra exécuter le microcontrôleur. Cela sup-

pose, bien sûr, que le programmeur (c'est-à-dire vous !) connaisse les instructions disponibles pour le PIC choisi et également la façon d'utiliser ces ins-

tructions (pas d'affleurement, nous verrons toutes les instructions du 16F84).

Pour écrire notre programme en assembleur, nous pouvons utiliser n'importe quel éditeur de texte, par exemple notepad.exe, logiciel fourni avec Windows. Une autre possibilité, plus conviviale, consistera à utiliser l'éditeur fourni dans l'outil de développement MPLAB disponible gratuitement sur le site internet de Microchip (www.microship.com). Un article sera ultérieurement consacré à cet outil très performant.

Nous venons d'écrire notre programme en assembleur (également appelé "code source"), il faut maintenant compiler ce fichier. La compilation consiste à remplacer les ordres mnémoniques du fichier assembleur par des codes binaires compréhensibles par le microcontrôleur. En effet, les microprocesseurs, tout comme les microcontrôleurs, ne comprennent que les "0" et les "1". Pour effectuer cette compilation, il faut disposer d'un compilateur. L'intégré MPLAB cité plus haut permet la compilation.

Dernière étape, la compilation a réussi (ouf, il n'y a pas d'erreur de syntaxe dans le code source), un fichier binaire comportant l'extension .hex (en général) vient d'être créé par le compilateur. Il reste à transférer ce fichier présent sur le disque dur de votre ordinateur vers la mémoire programme de votre microcontrôleur PIC. De nombreux kits de programmeurs de PIC proposés par les annonceurs d'*Electronique Pratique* (pour 45 euros environ) permettent de transférer le fichier binaire vers la mémoire du PIC. Un mini programmeur est proposé dans cette même revue. Si toutefois vous possédez le programmeur proposé par Microchip, le logiciel MPLAB vous permettra de réaliser le transfert.

Une fois le programme en assembleur réalisé (c'est finalement le plus compliqué), vous pourrez, avec MPLAB, concevoir une simulation (si vous le souhaitez). Si cette simulation correspond au fonctionnement désiré, vous pourrez alors compiler le programme source, puis le transférer vers la mémoire du microcontrôleur. Ces quelques étapes devront être exécutées à chaque nouveau programme.

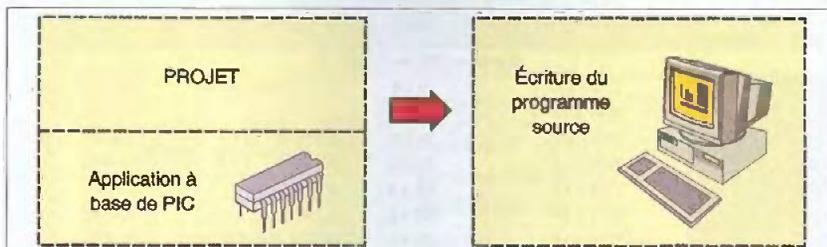
Pour conclure

Pour terminer cette première approche autour d'un microcontrôleur PIC, on peut déjà écrire qu'avec un minimum de moyens (un programmeur de PIC), on pourra réaliser une application simple et peu coûteuse ne comportant que très peu de composants. Il faudra, bien évidemment, se familiariser (petit à petit !) avec le langage assembleur qui paraît, au premier abord, assez compliqué et surtout avec les instructions (il n'y en a que 35!), ainsi qu'à la façon de les utiliser.

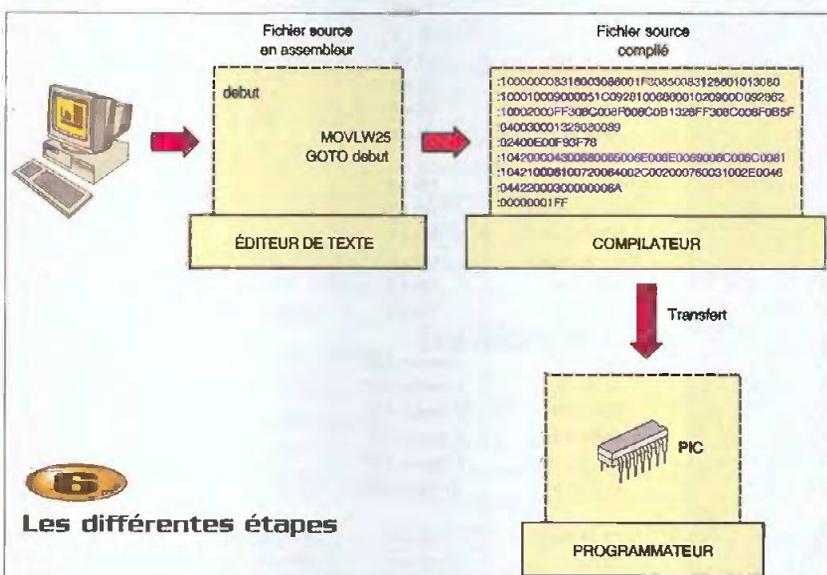
Dans notre prochain cours, nous "voyagerons" au cœur d'un PIC en détaillant les différents blocs qui constituent son architecture interne.



P. MAYEUX



5 Le transfert



Les différentes étapes

816 pages, tout en couleurs

NOUVEAU

Selectronic
L'UNIVERS ÉLECTRONIQUE

Valeur 5,00€

Catalogue Général 2004



www.selectronic.fr
0 328 550 328

B.P. 513 - 59 022 LILLE CEDEX - Fax : 0 328 550 329
Paris : 11 place de la Nation 75011 - 0 155 254 800

Envoi contre 5,00€ (10 timbres-poste à 0,50€ ou chèque)

Catalogue Général

Selectronic

L'UNIVERS ÉLECTRONIQUE

Connectique, Electricité.
Outillage, Librairie technique.
Appareils de mesure.
Robotique. Etc.

Plus de 15.000 références

Coupon à retourner à : **Selectronic B.P 513 59022 LILLE Cedex**

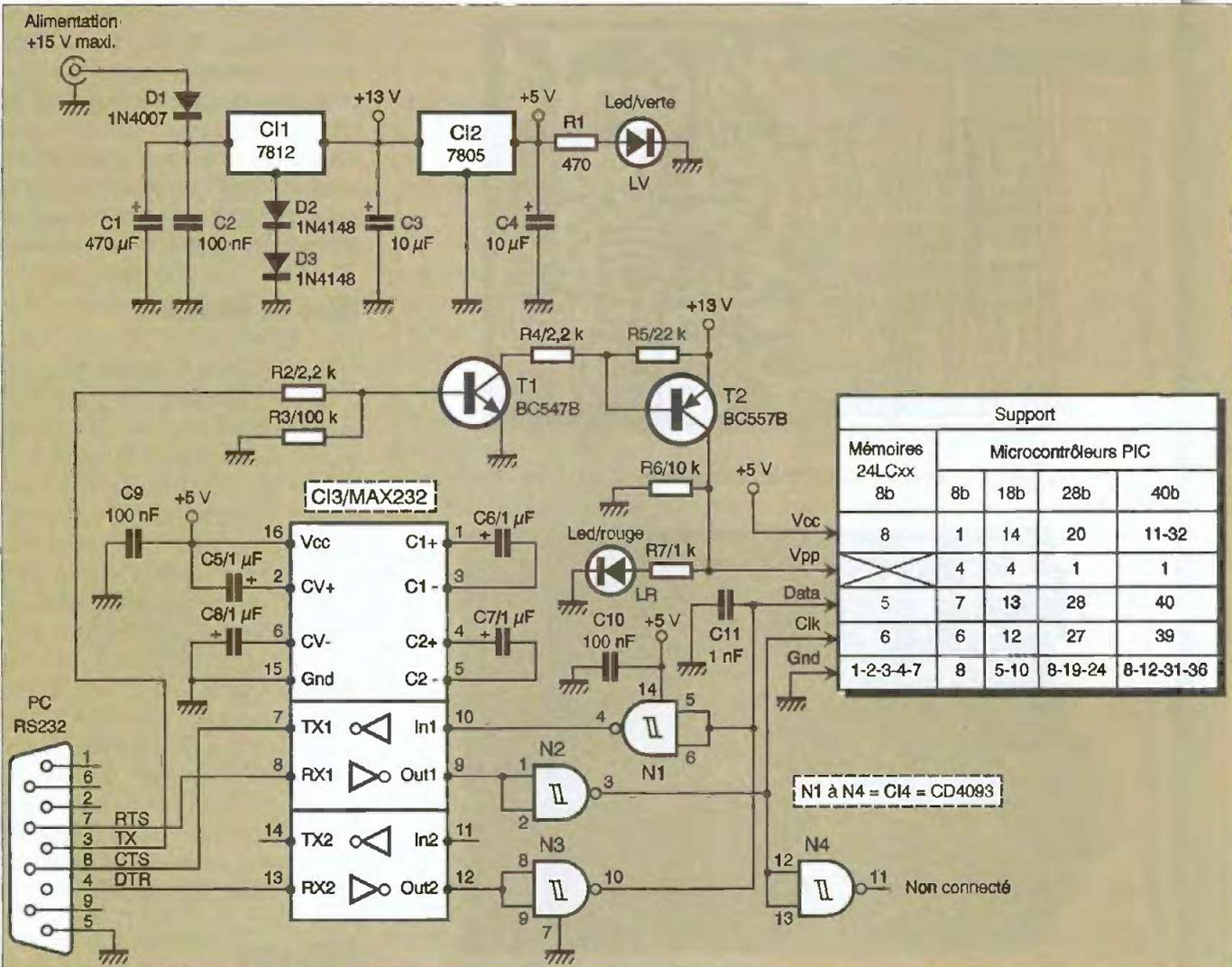
OUI, je désire recevoir le **Catalogue Général 2004 Selectronic**
à l'adresse suivante (ci-joint 5,00€ en timbres-poste (10 timbres de 0,50€) ou chèque) :

EP

Mr. / Mme : Tél :

N° : Rue :

Ville : Code postal :



1 Schéma de principe

positif C1 l'abaisse à sa tension nominale (12 volts), additionnée de la tension inverse des diodes D2 et D3 (2 x 0,65 volt), afin d'obtenir la tension de programmation légèrement supérieure à 13 volts. Le condensateur C3 la filtre, et le second régulateur C2 fournit la tension de 5 volts nécessaire au PIC. Le condensateur C4 effectue un dernier filtrage. La Led verte LV, accompagnée de sa résistance de limitation R1, visualise la présence et le bon fonctionnement de la partie alimentation. Il faut toujours couper l'alimentation avant d'ôter un microcontrôleur de son support. La Led LV prévient de l'activité du programmeur durant laquelle toute intervention manuelle sur le microcontrôleur PIC est à proscrire !

Parmi les signaux offerts sur le port sériel d'un PC, nous en utilisons quatre et la

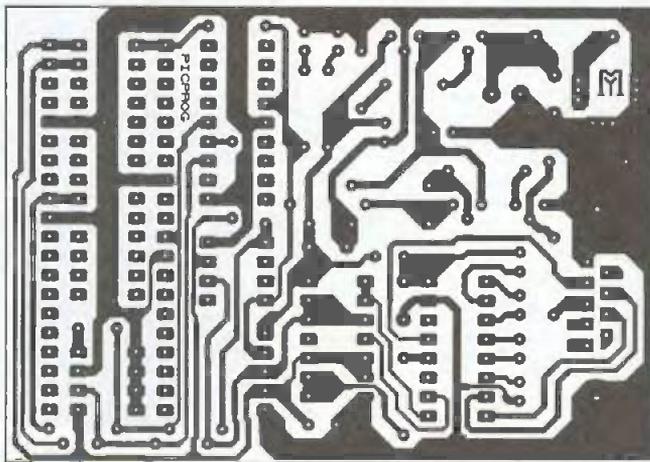
masse. La ligne « RTS » génère les tops d'horloge, « DTR » envoie les données vers le PIC, alors que « CTS » les reçoit. Enfin, « TX » se charge de commuter la tension de programmation de 13,3 volts.

Les signaux fournis par le port sériel d'un PC, incompatibles avec la programmation des microcontrôleurs PIC, doivent être adaptés au standard TTL/CMOS. Cette tâche se voit confiée au circuit spécialisé C3 très employé dans nos pages, le MAX232. Celui-ci utilise le principe de la pompe de charge afin d'obtenir des signaux irréprochables des deux côtés. Les quatre condensateurs C5 à C8 réalisent ce travail. L'orientation de C5 et de C8 est normale, contrairement aux apparences.

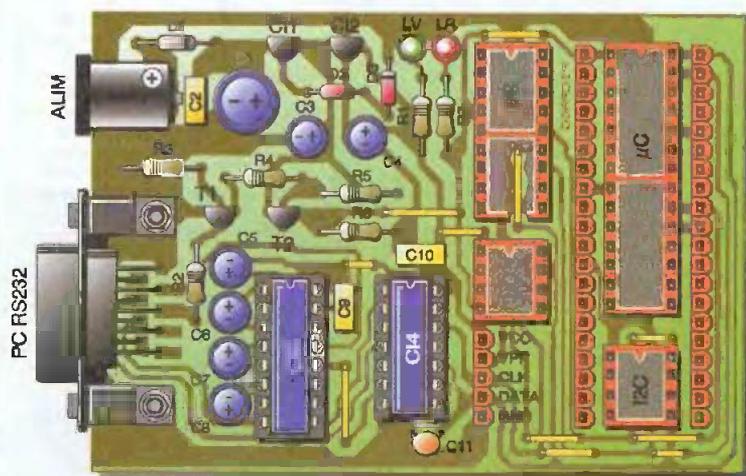
La programmation d'un PIC requiert deux signaux logiques. L'un pour les

données, nommé « Data », c'est lui qui véhicule les données vers le circuit à programmer ou les reçoit dans le cas de la lecture de la mémoire interne. L'autre, appelé « CLK », cadence le flux des données. Les portes logiques N1 à N3 tamponnent et inversent ces signaux avant de les présenter aux supports de circuits à programmer. La porte N4 ne sert à rien, ses entrées ne doivent néanmoins pas rester déconnectées.

Comme nous l'avons dit précédemment, le passage d'un PIC en mode programmation s'effectue par une élévation de la tension sur la broche MCLR/ à + 13,3 volts. Cette commutation est effectuée par une suite de deux transistors T1 et T2. Lorsque T2 devient passant, il transmet la tension de 13,3 volts à la broche « VPP » des supports de programmation, initialement maintenue



2 Tracé du circuit Imprimé



3 Implantation des éléments

au niveau bas par la résistance R6. La Led LR, limitée en courant par la résistance R7, signale le passage en mode programmation.

La réalisation

La **figure 2** fournit le dessin du circuit imprimé simple face assez dense. La méthode photographique est la seule appropriée pour transférer le typon sur la plaque cuivrée présensibilisée, compte tenu du faible espacement entre les pistes. Les autres méthodes donnent fatalement un résultat hasardeux après un travail fastidieux, surtout lors du passage d'une piste entre les broches d'un circuit intégré. La plaque est gravée dans un bain de perchlore de fer, puis abondamment rincée. Les pastilles sont

percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre. Les trous de la diode D1 et des prises DB9, tout comme de l'alimentation, doivent être alésés à des diamètres supérieurs.

La **figure 3** donne le plan d'implantation. La première opération consiste à souder les onze ponts de câblage. Le travail se poursuit dans un ordre bien précis en tenant compte de la taille et de la fragilité des pièces. Soudez en premier lieu les résistances, puis les diodes, les supports de circuits intégrés, les condensateurs céramique et au mylar, le connecteur de programmation constitué de cinq broches de barrette sécable, la prise coudée DB9, les transistors, les Led, la prise d'alimentation, et enfin, les condensateurs chimiques. Notez la manière de confectionner le support de CI à quarante broches à l'ai-

de de deux rangées de barrettes type tulipe de vingt broches chacune. Cette solution permet d'imbriquer les supports, donc de réduire la taille du circuit imprimé tout entier !

Veillez à ne pas inverser les composants polarisés (circuit intégré, diodes, transistors, Led, condensateurs chimiques...), ils risquent de passer de vie à trépas !

Mise en service

Votre montage est destiné à être raccordé au port sériel de votre PC, alors malgré votre impatience, ne négligez pas les vérifications d'usage. Procédez à un contrôle strict des pistes du circuit imprimé et des soudures afin de traquer une coupure ou un court-circuit accidentel. Vérifiez aussi la valeur et le sens d'implantation des composants. Sans raccorder le montage à l'ordinateur et sans implanter les circuits intégrés C13 et C14, alimentez-le sous 16 à 22 volts à l'aide d'un bloc secteur de votre choix. La Led verte LV doit s'allumer. Contrôlez la présence de la tension VPP en sortie du régulateur C11 (environ + 13,3 V) et VCC = + 5 V sur la sortie de C12. Hors tension, embrochez les circuits C13 et C14 dans leurs supports respectifs.

Utilisation

Les trois prototypes de ce programmeur, réalisés par l'auteur, fonctionnent sans l'ombre d'un problème. Gardez toutefois à l'esprit que l'utilisation d'un programmeur de composants relié à un ordinateur n'est pas d'un emploi évident. Vous devez maîtriser certaines bases : en premier lieu, une connaissance des μC PIC afin de sélectionner les options de programmation correctes ; ensuite, le système d'exploitation de votre PC (Windows 9x, XP...), et enfin, le logiciel de programmation ICPROG (dans notre cas). Après la validation des tests de bon fonctionnement que nous décrivons ci-dessous, vous aurez l'assurance que votre montage ne comporte aucune erreur. Seule la configuration d'ICPROG sur votre ordinateur peut provoquer des défauts de programmation des PIC, à condition de travailler avec un μC en bon état !

Nous avons beaucoup parlé de l'indis-

pensable logiciel « ICPROG ». L'auteur vous fournit et utilise la version 1.04C. Comme nous l'avons précisé au début de cette étude, ce programme est totalement libre de droits. Vous pouvez l'utiliser gratuitement, et même le diffuser. Il ne doit pas être modifié, tous ses fichiers doivent être distribués ensemble, et il ne doit servir qu'à des fins légales, telles sont les conditions de l'auteur. Voici l'adresse de son site Internet : <http://www.ic-prog.com/>. Une visite s'impose, vous y trouverez une mine de renseignements, surtout en cas de difficulté de configuration, et des liens très utiles ! Notre propre site Internet (<http://www.electroniquepratique.com/>) vous offre également la possibilité de télécharger le logiciel « ICPROG ». Les lecteurs n'ayant pas l'opportunité de se connecter à Internet peuvent néanmoins l'obtenir en envoyant à la rédaction un CD-Rom enregistrable vierge sous enveloppe auto-adressée et suffisamment affranchie.

À la première utilisation, le programme doit être configuré, commencez par demander la langue française dans le sous-menu « Options » du menu « Configuration ».

Si vous travaillez avec Windows 9x, appuyez sur la touche F3 ou ouvrez le sous-menu « Hardware » du menu « Configuration », et suivez les options de la **figure 4**.

L'utilisation de Windows XP demande un peu plus de manipulations. Le fichier icprog.sys doit se trouver dans le répertoire d'icprog. Créez un raccourci pour ICPROG dans le bureau et faites un clic dessus pour ouvrir une fenêtre d'options. Dans le sous-menu compatibilité du menu propriétés, cochez la case

« Exécuter ce programme en mode de compatibilité pour : », puis choisissez « Windows 95 ». Lancez Icprog, puis appuyez sur la touche F3 ou ouvrez le sous-menu « Hardware » du menu « Configuration », et suivez les options de la **figure 5**.

Avec Windows NT, le fichier icprog.sys doit se trouver dans le répertoire d'icprog, et avoir été déclaré en cochant la case « active driver NT/2000 » de l'onglet « misc » du sous-menu « options » du menu « configuration ». Dans le sous-menu « Hardware » du menu « Configuration », conformez-vous ensuite aux options de la figure 5.

Exécutez les tests préconisés dans le sous-menu « Hardware Test » du menu « Configuration »; vous serez ainsi certain du bon fonctionnement statique de votre programmeur (le test « active VCC » ne sert pas ici). La programmation des composants dépend alors essentiellement du réglage de la valeur de l'option « délais I/O ». Plus le PC est rapide, plus « délais I/O » doit l'être aussi (4 est suffisant pour un PIII 650, d'après l'auteur du logiciel !)

Ce programmeur donne entière satisfaction sur Windows 9x, XP, mais n'a pas été testé sur NT. Comme promis, ce programmeur reconnaît un grand nombre de PIC et autres mémoires; consultez la liste au bout de la barre d'icônes.

Ne jamais insérer un composant à programmer sans mettre le programmeur hors tension. Le connecteur à 5 broches sert à programmer des composants au boîtier différent et à tester les signaux.

Y MERGY

Nomenclature

Résistances 5 % :

- R1 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R2 ; R4 : 2,2 kΩ (rouge, rouge, rouge)
- R3 : 100 kΩ (marron, noir, jaune)
- R5 : 22 kΩ (rouge, rouge, orange)
- R6 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R7 : 1 kΩ (marron, noir, rouge)

Condensateurs :

- C1 : 470 µF 25 volts
(électrochimique à sorties radiales)
- C2; C9; C10 : 100 nF (mylar)
- C3 ; C4 : 10 µF 25 volts
(électrochimique à sorties radiales)
- C5 à C8 : 1 µF 25 volts
(électrochimique à sorties radiales)
- C11 : 1 nF (céramique)

Semi-conducteurs :

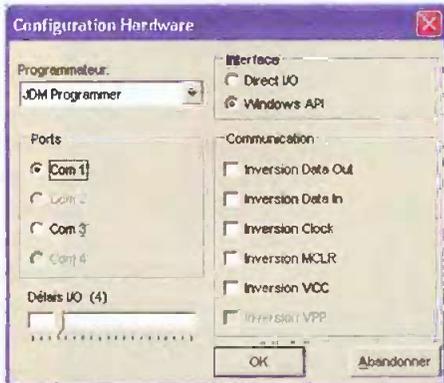
- D1 : 1N4007
- D2 ; D3 : 1N4148
- LV : Led 3 mm verte
- LR : Led 3 mm rouge
- T1 : BC547 B ou C
- T2 : BC557 B ou C
- C11 : 78L12
- C12 : 78L05
- C13 : MAX 232
- C14 : CD 4093

Divers :

- 1 Prise DB9 femelle soudée pour circuit imprimé
- 1 Prise d'alimentation de 2,1 mm
- 2 x 20 broches de barrette sécable femelle type tulipe
- (remplace le support à 40 broches)
- 2 Supports de circuits intégrés à 8 broches
- 1 Support de circuit intégré à 18 broches
- 1 Support de circuit intégré à 28 broches étroit
- 5 broches de barrette femelle
- Fil fin rigide (ponts de câblage)
- Soudure
- Circuit Imprimé
- simple face 60 x 85 mm

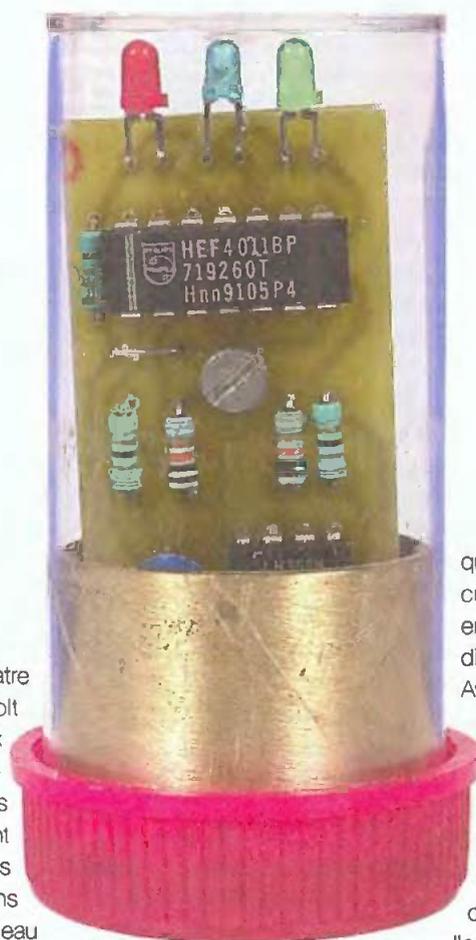


4 Sous-menu



5 Options

Un bain à la bonne température



FONCTIONNEMENT (figure 1)

L'énergie est fournie par quatre piles au lithium de 1,5 volt montées en série dans deux coupleurs (deux piles par coupleur). Deux plots métalliques sont au contact de l'eau dont on contrôle la température dès que le boîtier étanche flotte dans le liquide. Etant donné que l'eau de distribution est loin d'être exempte de sels minéraux, on relève une résistance ohmique de quelques dizaines de $k\Omega$ entre les plots. Il en résulte la conduction du transistor NPN T1 dont le collecteur présente un potentiel nul. Le transistor PNP T2 sature à son tour et délivre sur son collecteur un potentiel de l'ordre de 6 volts. La capacité C découple cette alimentation du montage proprement dit.

Lorsque l'on retire le boîtier de l'eau, l'alimentation cesse très rapidement, dès que l'humidité entourant les plots disparaît. Il est possible d'accélérer cette coupu-

re de l'alimentation en essuyant la zone des plots avec une serviette.

Chaîne de mesure

Les ampli-op I et II de IC1, qui est un circuit LM 358, constituent les éléments essentiels de cette chaîne de mesure. On distingue, par ailleurs, deux branches formées par R5, R7, l'ajustable A, d'une part, et R6, R8, la CTN (plongée dans l'eau), d'autre part. Les liaisons avec les entrées directes et inverseuses des deux ampli-op sont établies entre les points de sortie des deux branches évo-

quées ci-dessus, mais de façon croisée pour ce qui est des entrées directes, comme l'indique la **figure 1**.

Avant de passer aux explications relatives au fonctionnement de cette chaîne de mesure, il n'est peut-être pas inutile de rappeler très brièvement le fonctionnement d'un ampli-op monté en comparateur. Lorsque le potentiel présenté sur l'entrée directe d'un ampli-op est supérieur à celui auquel est soumise l'entrée inverseuse, la sortie présente un potentiel voisin du potentiel positif d'alimentation. Inversement, si le potentiel de l'entrée directe est inférieur à celui de l'entrée inverseuse, la sortie passe à un potentiel proche de 0 volt.

Situation d'équilibre

Ce cas correspond à une température jugée correcte. Les résistances ohmiques de la CTN (résistance à Coefficient de Température Négatif) et de l'ajustable sont égales. A titre

A l'heure du bain, ce montage vous apportera un élément supplémentaire de confort. Il vous suffira de le jeter dans l'eau pour avoir aussitôt une idée très précise de la température du bain qui vous attend en observant l'allumage des Led.

Le verdict sera alors immédiat : trop froid si la Led bleue s'allume, trop chaud s'il s'agit de la rouge, température correcte pour la Led verte.

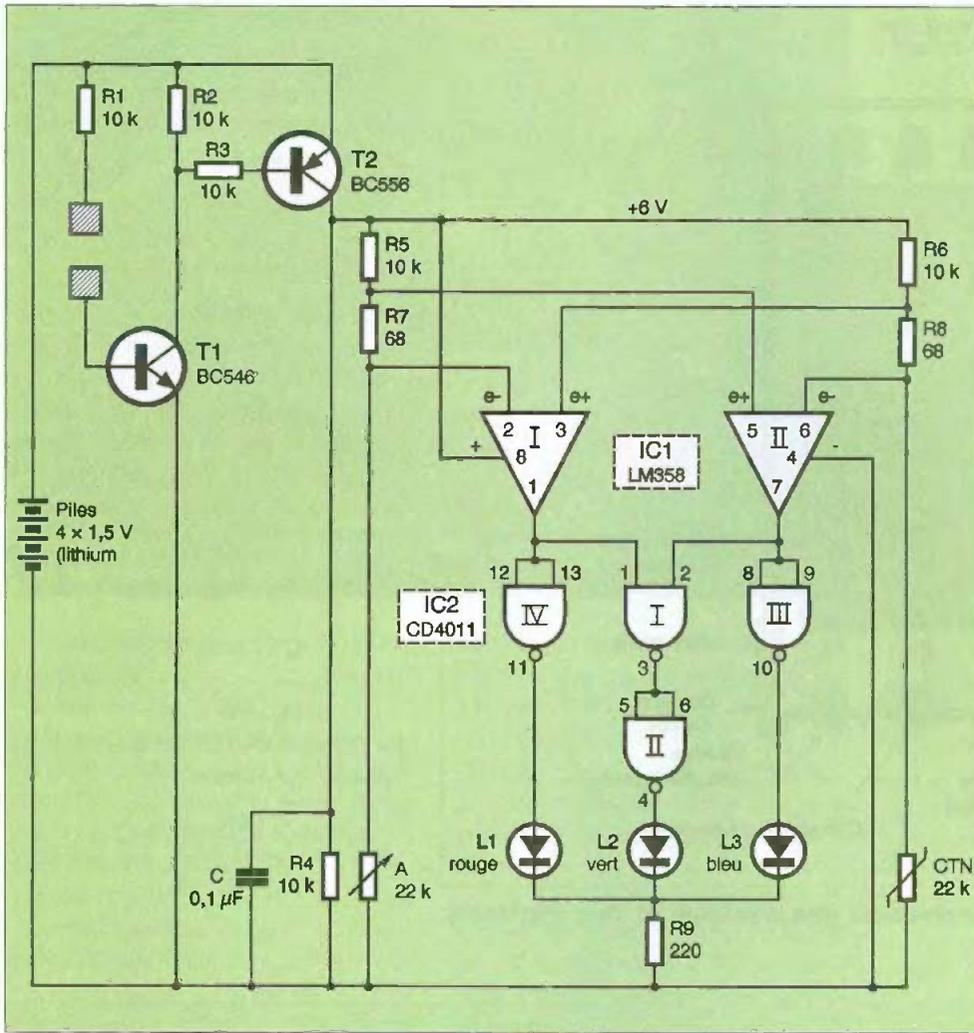


Schéma de principe

d'exemple, nous effectuerons les calculs numériques des différents potentiels sachant que pour une température de l'ordre de 40° Celsius, la résistance ohmique de la CTN utilisée est de 9800 Ω. Les entrées directes des deux comparateurs sont alors soumises à un potentiel de :

$$U_1 = \frac{CTN + R_8}{CTN + R_8 + R_6} \times 6 = 2,98 \text{ V}$$

Concernant les entrées inverseuses, le potentiel est de :

$$U_2 = \frac{CTN}{CTN + R_8 + R_6} \times 6 = 2,96 \text{ V}$$

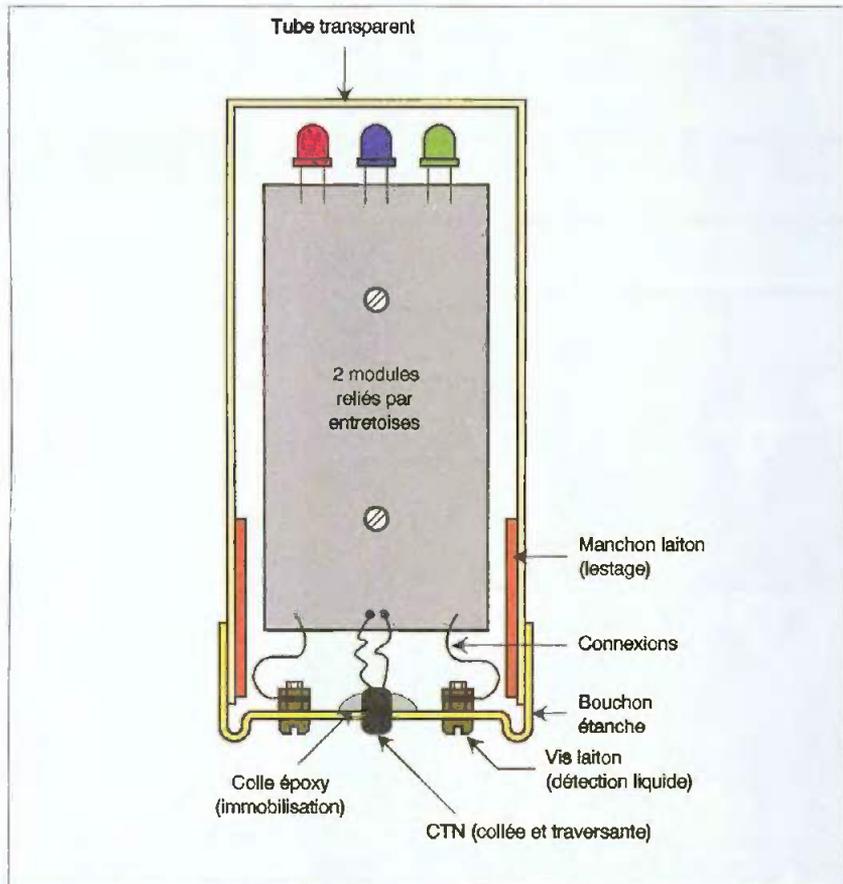
Etant donné que $U_1 > U_2$, les deux comparateurs présentent sur leurs sorties un **état haut**. Les portes NAND III et IV de IC2, dont les entrées réunies sont respectivement reliées aux sorties des comparateurs I et II, présentent

donc sur leurs sorties des états bas. Les Led L1 (rouge) et L3 (bleue) sont par conséquent éteintes. La sortie de la porte NAND I est à l'état bas et celle de la porte NAND II est le

siège d'un état haut. Il en résulte l'allumage de la Led L2 de couleur verte, qui signale une température correcte du bain. La résistance R9 limite le courant des Led.



Aspect du réceptacle de fortune



4 Exemple de disposition des modules et des capteurs

Le bain est trop chaud

Rappelons qu'une augmentation de la température environnante d'une CTN se traduit par une diminution de la résistance ohmique de la CTN.

Dans le présent exemple, pour une température de 42° Celsius, la résistance de la CTN passe à 9 600 Ω.

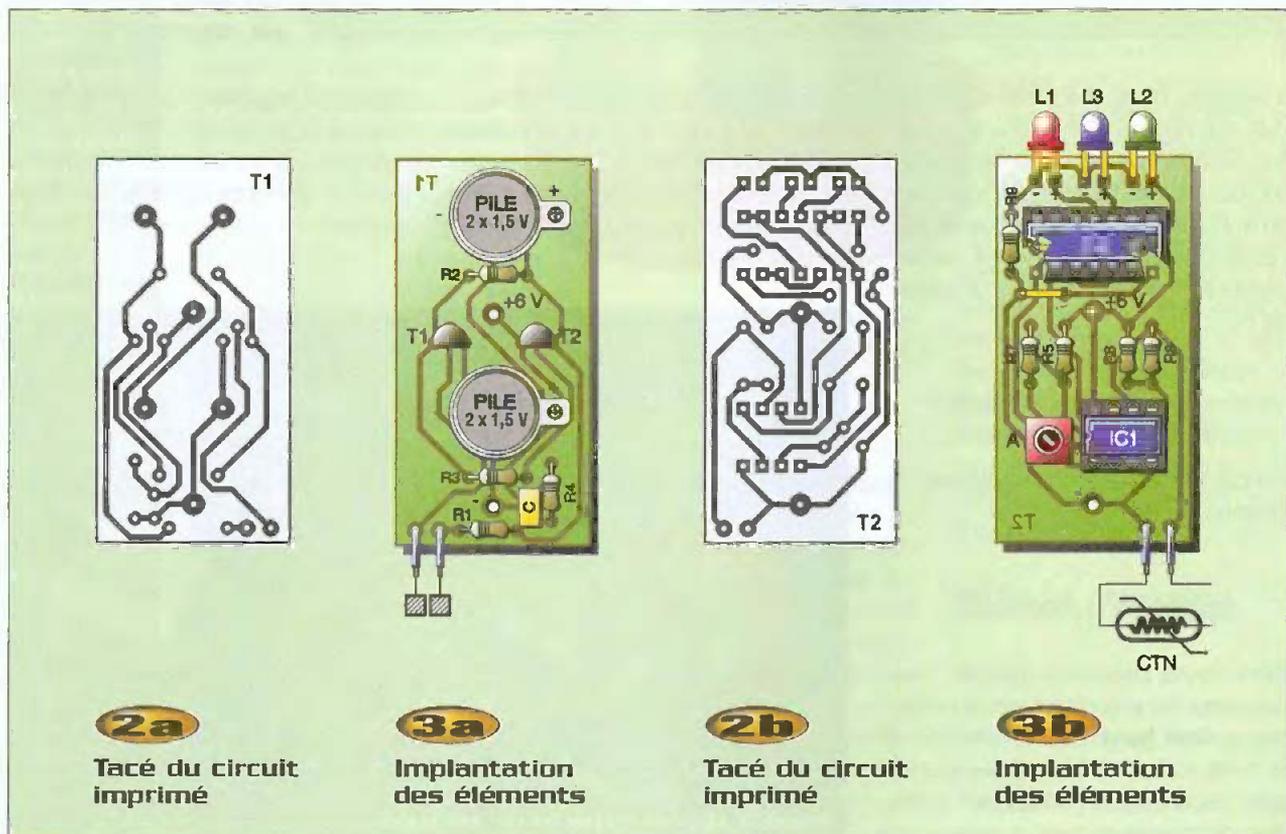
Notons que le potentiel de l'entrée inverseuse du comparateur I et le potentiel de l'entrée directe du comparateur II ne varient aucunement par rapport à la situation précédente, étant donné que la branche R5/R7/A n'est pas affectée par la variation de la résistance de la CTN.

En revanche, le nouveau potentiel de l'entrée directe du comparateur I est de :

$$U1 = \frac{CTN + R8}{CTN + R8 + R6} \times 6 = 2,95 \text{ V}$$

Le potentiel de l'entrée inverseuse du comparateur II passe à :

$$U2 = \frac{CTN}{CTN + R8 + R6} \times 6 = 2,93 \text{ V}$$



2a
Tacé du circuit imprimé

3a
Implantation des éléments

2b
Tacé du circuit imprimé

3b
Implantation des éléments



Exemple de réalisation des capteurs de contact et de température

Avec ces données, on constate pour le comparateur I :

- entrée directe : 2,95 V
- entrée inverseuse : 2,96 V

La sortie passe à l'état bas. Celle de la porte NAND IV présente alors un état haut et la **Led L1 rouge s'allume**.

Concernant le comparateur II :

- entrée directe : 2,98 V
- entrée inverseuse : 2,93 V

La sortie reste à l'état haut. La Led bleue L3 reste éteinte. La sortie de la porte NAND I passe à l'état haut, celle de la porte II à l'état bas, d'où l'extinction de la Led verte L2.

Le bain est trop froid

Sachant que pour une température de 38° Celsius, la résistance de la CTN augmente et passe à environ 10000 Ω,

le lecteur pourra effectuer les mêmes calculs que précédemment pour constater que dans ce cas de figure :

- la Led bleue L3 s'allume
- les Led rouges et vertes sont éteintes.

La valeur relativement faible des résistances R7/ R8 par rapport aux autres valeurs (R5 / R6 / CTN et A) a pour effet de fixer à une tolérance donnée l'écart entre la température détectée et celle qui est considérée comme correcte. Dans le présent exemple, cette tolérance est de l'ordre de deux degrés. Elle augmente si on accroît la valeur de R7/R8 et inversement.

RÉALISATION

La **figure 2** reprend les deux modules de circuits imprimés. Peu de commen-

taires sont à faire à ce sujet. Quant à la **figure 3**, elle fait montre de l'implantation des composants. Attention surtout à l'orientation des composants polarisés. Les deux modules sont à relier mécaniquement et électriquement par deux entretoises formées par des vis et écrous de 2 mm de diamètre (voire 2.5 mm maximum), les pistes cuivrées se faisant face.

La **figure 4** montre un exemple de réalisation possible. Le boîtier utilisé est un flacon transparent destiné aux analyses d'urines. Il est nécessaire de lester le fond du tube afin d'obtenir une position verticale de flottaison. La CTN, mais pas ses connexions, doit impérativement toucher l'eau. Un passage par le couvercle du tube est donc à prévoir. Le tout est à étancher à l'aide de colle Epoxy.

Le réglage est très simple. Il suffira de plonger le couvercle du tube dans de l'eau à la température de réglage désirée et tourner le curseur de l'ajustable dans un sens ou dans l'autre pour obtenir l'allumage de la Led bleue.

R. KNOERR

Nomenclature

Module " alimentation "

- R1 à R4 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- C : 0,1 μF – Céramique multicouches
- T1 : Transistor NPN BC 546
- T2 : Transistor PNP BC 556
- 2 piles au Lithium de 1,5 volt
- 2 coupleurs de piles

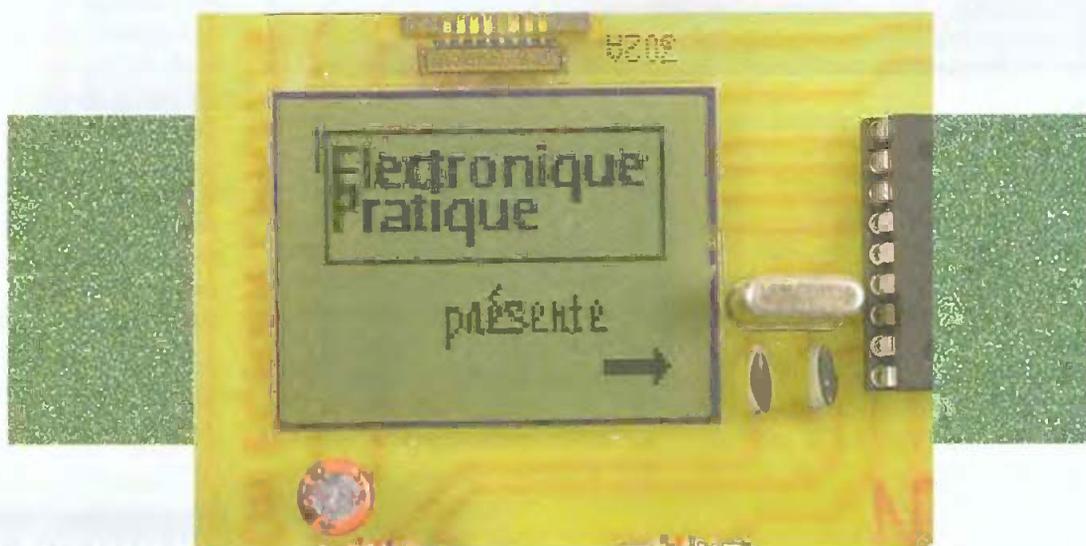
Module " comparateur "

- 2 straps
- R5 et R6 : 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R7 et R8 : 68 Ω (bleu, gris, noir)
- R9 : 220 Ω à 560 Ω (rouge, rouge, marron) (vert, bleu, marron)
- A : Ajustable de 22 k Ω
- CTN : 22 k Ω
- L1 : Led rouge diamètre 3 mm
- L2 : Led verte diamètre 3 mm
- L3 : Led bleue diamètre 3 mm
- IC1 : LM 358 (double ampli-op)
- IC2 : CD 4011 (4 portes NAND)



Chaque coupleur comporte deux piles de 1,5 V

Platine d'expérimentation pour mini écran graphique programmée en Basic



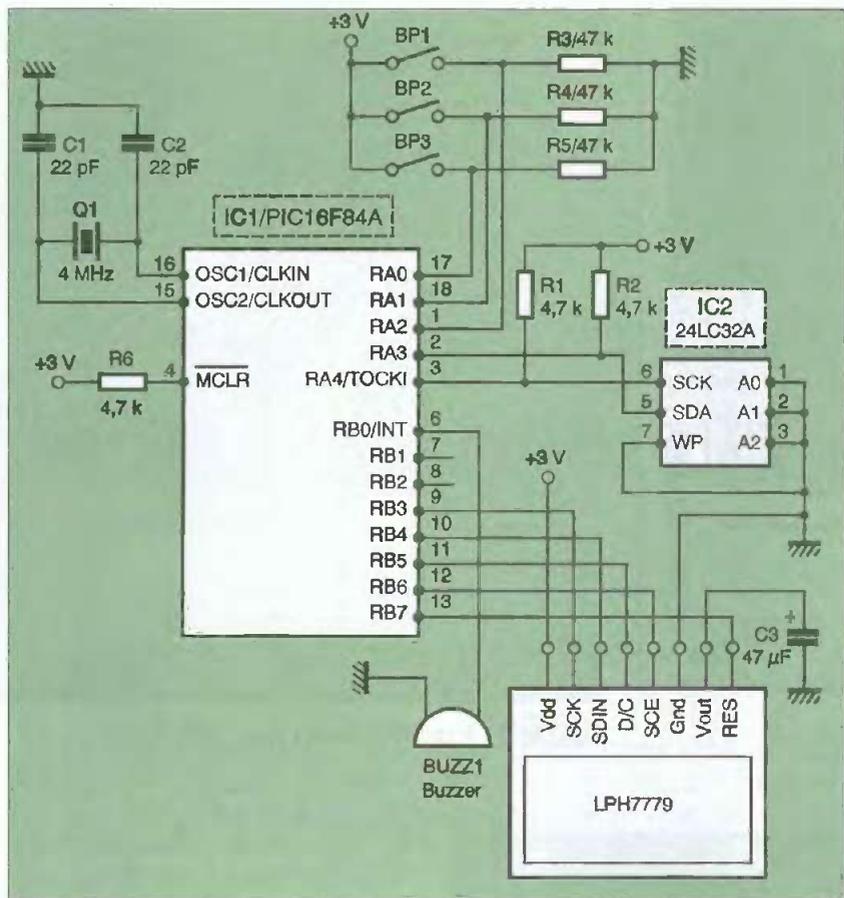
Afin de vous familiariser avec l'usage des minis écrans graphiques, nous vous proposons de réaliser une platine destinée à vous faciliter l'expérimentation de cet écran. Elle est accompagnée d'un programme écrit en basic. Cela permettra, quel que soit votre niveau, de le traduire facilement dans d'autres langages de programmation et de mieux comprendre comment dialoguer avec l'écran.

Présentation et fonctionnement

Notre mini écran graphique équipe certains téléphones portables dont le plus connu est le Nokia 3310. Sa résolution est de 84 pixels par 48 et il ne dépasse pas les quatre centimètres en hauteur comme en largeur. Avec cette résolution et cet encombrement, nul doute que beaucoup d'entre nos lecteurs seront tentés de l'exploiter dans leurs projets ! Cerise sur le gâteau : notre écran est de plus très peu onéreux puisqu'il ne dépasse pas, en version simple, une dizaine d'euros. On entend par version simple la version de l'écran dépouillé de son clavier à membrane et de la coque en plastique qui maintient l'ensemble et

que l'on trouve chez les revendeurs de pièces détachées pour cellulaires à une trentaine d'euros. Bien que cette version à démonter convienne parfaitement à notre montage, il sera plus pratique de se le procurer sur Internet aux adresses signalées en fin d'article. Connu sous la dénomination "d'écran LCD pour Nokia 3310", notre mini écran graphique porte en fait la référence LPH7779. Cet écran intègre un contrôleur Philips PCD8544 dont la puce en silicium est directement collée sur l'une des plaques en verre formant l'écran. Notre modèle est équipé de huit broches par lesquelles transitent l'alimentation, les commandes destinées à contrôler le fonctionnement de l'écran et les données à afficher.

L'écran est facilement interfaçable avec un microcontrôleur et ne nécessite que cinq broches disponibles sur ce dernier. Pour notre platine, nous avons choisi le bon vieux 16F84 très connu et parfaitement documenté et cadencé ici à 4 MHz. Celui-ci est associé à une mémoire au standard I2C de 4ko dans laquelle nous allons pouvoir stocker des images. En effet, le LPH7779 fait parti des afficheurs dits "non intelligents" qui n'intègrent ni police ni graphique en ROM interne. Il est donc nécessaire d'adresser chaque pixel que l'on désire voir s'activer ou, plus exactement, chaque octet comme nous le verrons par la suite. Pour finir la description du montage signalons que trois boutons poussoirs sont connectés à



1 Schéma de principe

trois broches du port A du Pic afin de permettre le déclenchement d'événements extérieurs dans le programme en générant un état haut. On pourra ainsi expérimenter des touches de navigation dans différents écrans. Un buzzer est connecté à la broche 0 du port B, il vous permettra de signaler plus aisément à quel niveau de déroulement en est le programme et de faciliter ainsi la mise au point de vos projets. Cinq broches du port B sont dédiées à l'afficheur et le tout est directement alimenté par deux piles de 1,5 volt dont les variations de charge sont très largement tolérées par le pic, la mémoire 24LC32 et l'écran. Vous remarquerez, pour finir, les quelques résistances et condensateurs nécessaires pour le bon fonctionnement des circuits intégrés (figure 1).

La réalisation

Celle-ci n'appelle aucune remarque exceptée pour le montage de l'écran que nous avons prévu un peu exotique ! Rappelons que tous les composants

sont disponibles chez le distributeur Électronique Diffusion et que l'écran peut être, entre autre, trouvé sur Internet. Un soin tout particulier doit être porté à la réalisation de la platine (figure 2) en raison des pistes très rapprochées destinées à recevoir l'écran. Vérifiez bien qu'aucun court-circuit n'existe entre les pistes puis forez les trous avec une mèche de 0,8 mm y compris ceux prévus pour l'écran. Installez les résistances et l'écran. Pour ce dernier nous allons utiliser les pattes du connecteur de l'écran (figure 4) dont il faut extraire délicatement l'extrémité en T. Une fois cette opération réalisée, on va courber chacune des pattes de façon à ce qu'elles soient verticales par rapport au connecteur.

A ce moment, on peut délicatement introduire toutes les pattes dans les trous percés sur le circuit imprimé coté époxy et les souder. Ici encore un soin particulier devra être porté aux soudures afin d'éviter tout court-circuit, si cela vous arrivait, utilisez de la tresse à des-

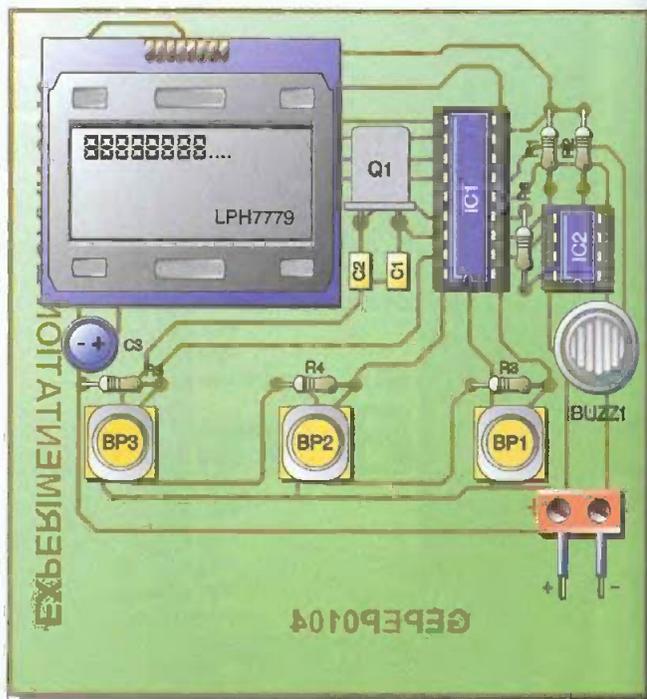
souder pour nettoyer le trop plein d'étain. Pour assurer la stabilité de l'écran sur la platine, il est intéressant de placer de l'adhésif double face épais entre l'écran et votre circuit imprimé. Nous rappelons ici que cet écran est un composant fragile dont le connecteur n'est pas conçu pour l'opération de torsion que nous lui faisons subir même si cela fonctionne parfaitement. Nous vous recommandons une extrême délicatesse dans toutes les opérations le concernant. Si vous préférez ne pas toucher au connecteur de la façon dont nous le proposons, vous pouvez toujours souder des queues de résistances que vous repliez contre le circuit imprimé côté composants. Il vous suffira de poser le connecteur sur ces pattes pour que la connexion se fasse. Finissez le montage en installant les supports de circuits Intégrés, le quartz, les boutons poussoirs ainsi que tous les composants restants tel qu'indiqué sur la figure 3. Une fois votre montage terminé, vous devrez programmer le Pic 16F84 avec le fichier EXNOK.hex et la mémoire I2c avec le fichier GRAPH.hex. Vous trouverez ces deux fichiers sur notre site à l'adresse www.electronique-pratique.com. Avant d'installer les circuits programmés, mettez le montage sous tension avec deux piles de 1,5 volt et vérifiez que vous disposez bien de la bonne polarité au niveau des pattes du Pic et de la mémoire. Installez les circuits et mettez sous tension, votre montage doit fonctionner immédiatement. Nous vous laissons le plaisir de découvrir la suite des écrans : pour les faire défiler, appuyez simplement sur le bouton placé juste au dessous de la flèche.

La programmation

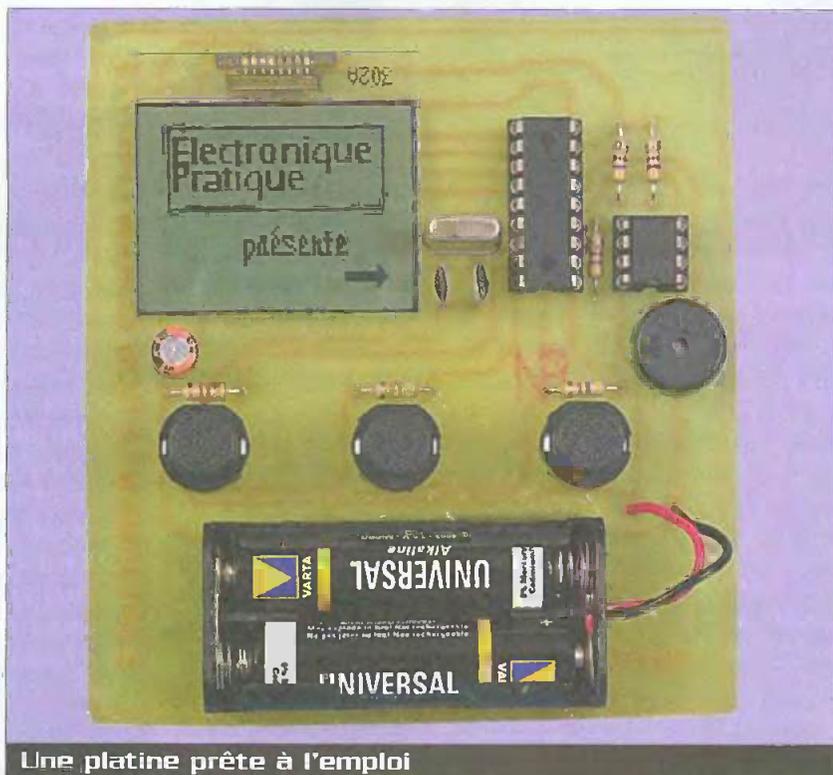
En préambule à cette partie concernant la programmation, nous vous proposons de vous procurer le datasheet du contrôleur Philips PCD8544 en vous connectant sur le site du constructeur du même nom. Vous y trouverez l'ensemble des instructions qui autorisent le contrôle complet de l'afficheur et que nous ne pouvons détailler dans le cadre de cet article. En revanche, nous allons voir pas à pas la manière dont vous



2 Tracé du circuit imprimé



3 Implantation des éléments



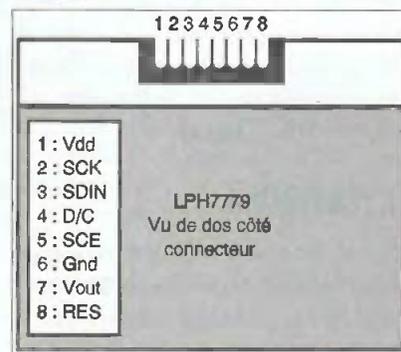
pouvez allumer ou éteindre un pixel sur notre écran.

Le LPH7779 propose donc huit broches dont cinq sont dédiées à la communication avec, dans notre cas, le microcontrôleur. La **figure 4** rappelle le nom de

chaque broche. Les données que l'on désire transférer à l'écran sont envoyées en série sur la broche SDIN (Serial Data In) de l'écran. On effectue des transferts octet par octet avec le bit de poids fort en premier. L'envoi se fait à une cadence

ce créée par le microcontrôleur. Ce signal d'horloge est directement appliqué à la broche SCK (Serial Clock) de l'écran. Au même moment il faut signaler à l'écran si l'octet que l'on transfère est une commande qui s'adresse au contrôleur ou bien un octet que l'on désire afficher. C'est la broche D/C (data/command) que l'on fait passer à l'état haut lorsqu'il s'agit d'une commande, à l'état bas lorsqu'il s'agit d'une donnée que l'on fait varier. Il est également nécessaire de signaler à l'écran que le flux d'octets lui est adressé, c'est la broche SCE (Serial Chip Enable) que l'on place à l'état bas (0 logique) qui s'en charge. Enfin, une broche RES pour Reset permet d'initialiser le contrôleur

4 L'écran vu de dos





Exemple d'affichage



Autre exemple

Philips PCD8544.

L'écran est organisé en six lignes d'un octet par 84 pixels ce qui fait bien $6 \times 8 \times 84 = 4032$ pixels. Notre écran incrémente automatiquement la position à laquelle il affiche l'octet reçu. Il "écrit" de gauche à droite et du haut vers le bas. Lorsque aucune information de position ne lui est communiquée, il commence l'écriture sur le premier octet de la première ligne à la coordonnée $X=0$ et $Y=0$. En effet, la numérotation des lignes commence par 0 comme celle des colonnes. Lorsque l'incrémement automatique arrive à la ligne cinq et à la colonne 83 il retourne automatiquement à la position de départ et ainsi de suite.

Écrire un octet étape par étape

Dès la mise sous tension de l'écran il est nécessaire d'appliquer un signal de remise à zéro répondant à un timing précis que vous pouvez suivre sur le programme en basic (sur notre site Internet) :

- on place la broche RESET à l'état bas
- on sélectionne l'écran en plaçant la broche SCE à l'état haut
- on place la broche D/C à l'état haut
- on attend 250 millisecondes
- puis on replace la broche RESET à l'état haut

Puisqu'il nous faudra écrire de façon sérielle des commandes ou des données, nous allons créer des routines que l'on appellera dès que le besoin s'en fera sentir. Ainsi `nokiacommand` et `nokiadata` placent les broches SCE, D/C dans les états correspondants. La routine `nokiawrite` est appelée par chacune des routines précédentes et se charge de générer le signal d'horloge et d'envoyer l'octet de façon synchrone : on utilise ici l'instruction "shout" commune à beaucoup de compilateurs Basic.

Notre écran est désormais prêt à recevoir des informations. Nous passons maintenant à la deuxième phase du démarrage de l'écran : celle qui consis-

te à préciser à l'écran comment nous désirons qu'il fonctionne. Pour ce faire une série d'octets sont envoyés à tour de rôle avec lesquels, et dans l'ordre, nous allons préciser le mode de fonctionnement étendu (\$21), ajuster le contraste (\$BE), ajuster le bias (\$13), régler le type d'incrémement (\$20), et enfin régler les modes d'affichages (\$09, \$08, \$0C).

Dès lors nous pouvons envoyer un octet en mode "data" pour que celui-ci apparaisse à l'écran. La suite du programme proposé va lire le contenu de la mémoire I2C pour venir l'afficher à l'écran. Les boutons sont ici utilisés pour passer d'un écran à l'autre manuellement. Enfin, précisons que nous avons utilisé le compilateur Proton+ pour générer un fichier Hex

G. Ehretsmann



Gros plan sur le Pic 16F84A et l'éeprom 24LC32

Nomenclature

IC1 : Pic 16F84A 4 MHz + support
18 broches tulipes

IC2 : Eeprom I2C 24LC32 + support
8 broches tulipe

C1, C2 : 22 pF céramique

C3 : 47 µF 16 V vertical

R1, R2, R6 : 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)

R4, R5, R3 : 47 kΩ (jaune, violet, orange)

Buzz1 : transducteur piezo miniature
pour CI

Q1 : quartz 4 MHz

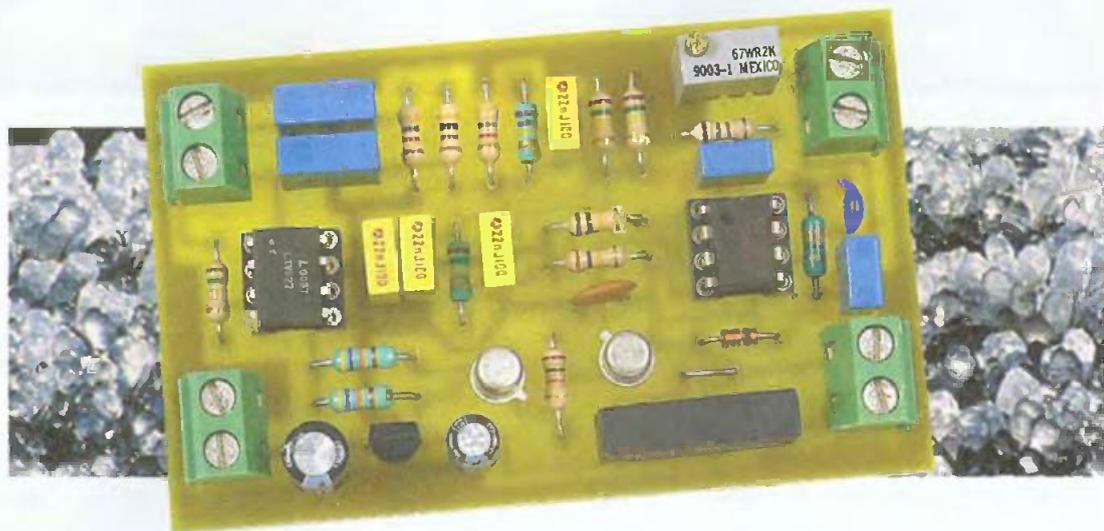
Support pour pile LR3

Écran graphique : LPH7779 à 8 broches.

(<http://www.jelu.se/shop.php> ou faire
une recherche en tapant nokia 3310 LCD
dans votre moteur de recherche)

3 boutons poussoirs

Interface d'enregistrement téléphonique



Ce petit montage se branche directement sur la ligne téléphonique, et, connecté sur un magnétophone à cassettes, permet d'enregistrer la conversation en cours. Le magnétophone, en position d'enregistrement, se déclenche dès que le combiné est décroché. L'enregistrement cesse dès que le téléphone est raccroché.

Oublier une information obtenue lors d'une conversation par téléphone n'est pas exceptionnel, même juste après avoir raccroché, pour peu que cette conversation ait duré un certain temps. On aimerait dans ce cas pouvoir faire répéter le correspondant, et ceci devient possible si l'on a pris la précaution d'enregistrer la communication. Le montage décrit dans cet article réalise l'interface entre la ligne téléphonique et le magnétophone. Celui-ci peut être un modèle économique, dédié à cette fonction. En effet, même les modèles de bas de gamme possèdent généralement une entrée de télécommande, qui prend souvent la forme d'une prise Jack de 2,5 millimètres de diamètre. Quant aux performances audio, elles peuvent être très moyennes, puisque la bande transmise est limitée à celle de la voix, classiquement définie entre 300 et 3000 Hz à -3 dB.

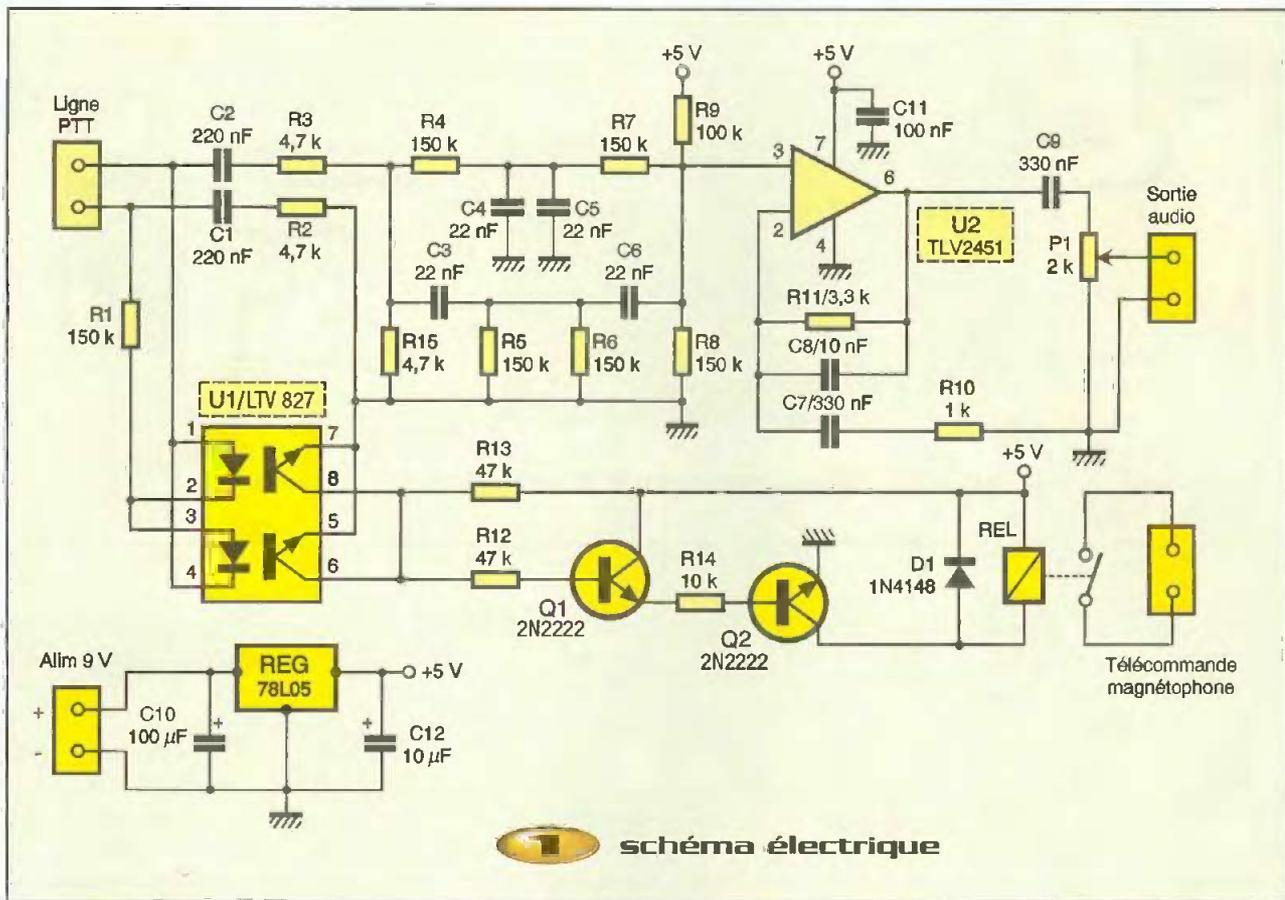
Schéma électrique

Comme on peut le voir sur la **figure 1**, le signal audio en provenance de la ligne téléphonique est transmis au montage au travers des condensateurs C_1 et C_2 , via les résistances R_2 et R_3 . Les résistances R_4 à R_7 , d'une part, et les condensateurs C_3 à C_6 , d'autre part, constituent un filtre réjecteur en double T ponté, à la fréquence de 50 Hz, qui permet de débarrasser toute "ronflette" du signal audio utile. Par ailleurs, ce filtre provoque une atténuation draconienne de la centaine de volts qui survient à l'entrée du montage lors des signaux de sonnerie, et qui, sans cette précaution, pourrait être préjudiciable à l'étage amplificateur qui fait suite.

Le signal audio, en sortie du filtre, voit sa valeur moyenne fixée à la demi-tension d'alimentation par le pont diviseur formé, en particulier,

par R_8 et R_9 , et parvient sur l'entrée non inverseuse de l'ampli opérationnel noté U_2 . Le composant choisi est un TLV2451 (du fabricant Texas Instruments), qui réunit les avantages d'une faible consommation, d'un fonctionnement optimisé en mono-tension, et, accessoirement, d'exploiter la presque totalité de la tension d'alimentation ("rail to rail"). Puisque la bande passante utile est limitée au spectre vocal, notre étage amplificateur a tout à envier aux amplificateurs à haute fidélité : le gain de l'étage seul (hors réjecteur 50 Hz), tend vers l'unité aux fréquences basses, par la présence du condensateur C_7 , tandis que C_8 atténue le haut du spectre. Le gain en tension de l'étage est fixe, mais le niveau de sortie peut être ajusté grâce au potentiomètre P_1 , permettant ainsi de s'adapter à tout type d'appareil enregistreur.

Lorsque la ligne téléphonique est

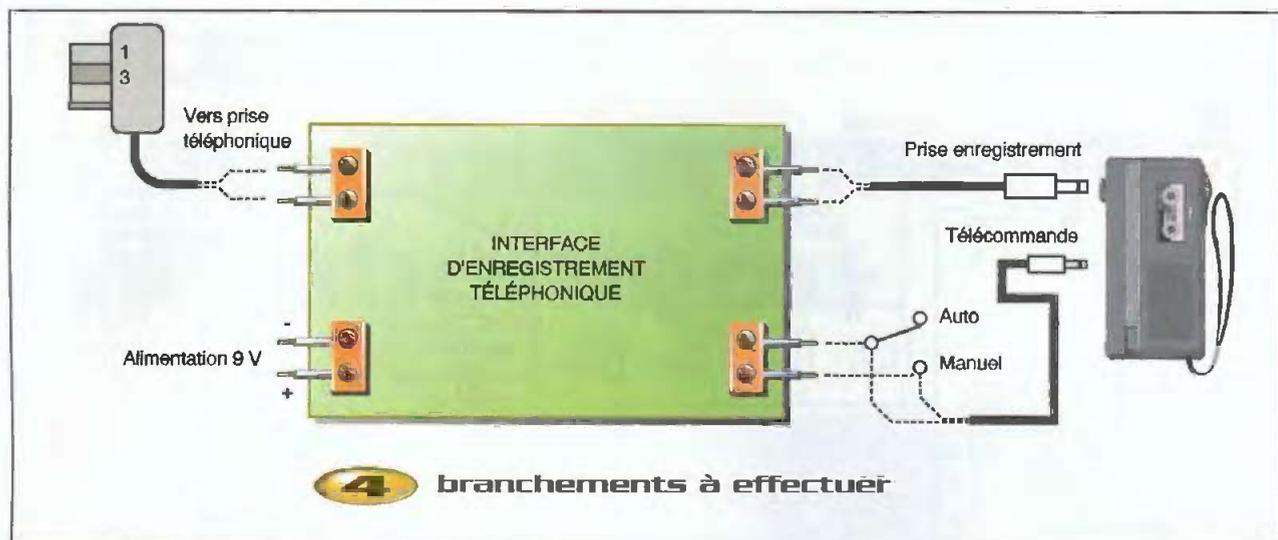


libre (combiné non décroché), il existe à ses bornes une tension continue d'environ 50 V. Il en résulte qu'un courant s'établit, au travers de R_1 , dans l'une ou l'autre diode de l'optocoupleur double, noté U_1 sur le schéma, selon la polarité de la ligne. L'optocoupleur est alors conducteur, ce qui a pour conséquence le blocage des transistors Q_1 et Q_2 , et que, par suite, le relais de commande du magnétophone n'est pas excité. Lorsque le téléphone est décroché, la tension continue aux bornes de la ligne téléphonique chute sensiblement, le courant traversant la diode de l'optocoupleur n'est plus suffisant pour assurer le blocage des transistors, et le relais de commande est excité, ce qui déclenche l'enregistrement de la communication.

Par souci d'encombrement, on notera l'utilisation d'un relais Reed, dont la résistance de bobine est de 500 ohms. Ce choix permet, de plus, une consommation inférieure à une quinzaine de milliampères lorsque la carte est active. En revanche, le courant maximum supporté par le contact de ce type de relais ne

2 tracé du circuit imprimé

3 implantation des composants



doit pas excéder 500 mA, valeur bien suffisante pour la commande des petits magnétophones portables à cassettes. Le transistor Q_2 pourrait, bien sûr, fournir un courant plus conséquent en cas d'utilisation d'un relais d'un autre type. La consommation du montage en veille, quant à elle, reste inférieure à 3 mA pour une tension de source de 9 V, et peut s'accommoder d'une alimentation par deux piles plates de 4,5 V couplées, tout en lui conférant une autonomie confortable.

Réalisation et mise en service

Le circuit imprimé sera réalisé conformément au dessin de la **figure 2**, et les composants seront montés, pour plus de facilité, par ordre croissant de taille (en commençant par le strap), en suivant le plan d'implantation présenté en **figure 3**. L'efficacité du réjecteur à 50 Hz étant étroitement liée à la précision des valeurs de R_4 à R_7 , et de C_3 à C_6 , il sera bon, dans la mesure du possible, de trier ces valeurs à l'ohmmètre/capacimètre dans un lot de composants.

La carte pourra être installée dans un boîtier en plastique sur lequel il conviendra de fixer un interrupteur branché en parallèle sur le bornier de sortie du relais. Cet interrupteur sera utile lorsqu'il sera nécessaire de réécouter une communication, ou de rembobiner complètement la cassette, sans être obligé de décro-

cher le téléphone, ou de déconnecter la prise Jack de télécommande.

L'illustration de la **figure 4** montre les branchements à effectuer. Le câble bifilaire de liaison à la ligne sera branché sur les bornes 1 et 3 du connecteur téléphonique, qu'on pourra choisir éventuellement de type "gigogne".

Le potentiomètre P_1 permet de régler le niveau de sortie de l'étage, et sera, dans un premier temps, ajusté à sa valeur minimum (si le sens de montage du potentiomètre a été respecté, le minimum est obtenu dans le sens contraire des aiguilles d'une montre). Le bon réglage sera obtenu par des essais successifs, en augmentant progressivement le niveau de sortie par action sur le potentiomètre. Ce réglage ne devrait d'ailleurs pas être très critique, car la majorité des magnétophones à cassettes possèdent une entrée audio à commande automatique de gain. Il peut toutefois être sensiblement différent selon que l'entrée utilisée est dite "microphone" ou "auxiliaire", la première se contentant généralement d'un niveau une dizaine de fois plus faible que la seconde.

Dernière recommandation : si vous êtes l'heureux bénéficiaire d'une ligne à haut débit, il ne faudra pas oublier de connecter ce montage au travers du traditionnel filtre passe-bas (fourni par votre prestataire ADSL), faute de quoi les enregistrements seront couverts d'un

puissant souffle rendant presque inaudible la conversation enregistrée (expérience vécue par l'auteur !)

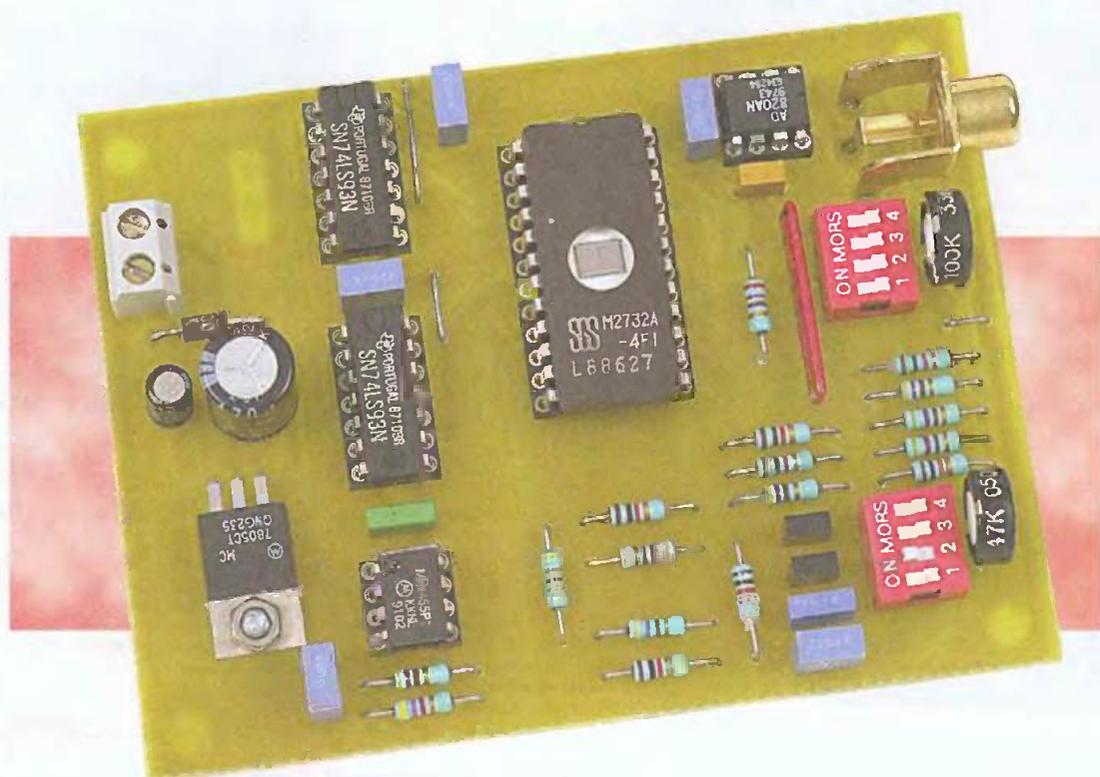
A l'heure du "tout numérique", voici donc une occasion de ressortir du placard le bon vieux magnétophone à cassettes...

B. LEBRUN

Nomenclature

- R1, R4 à R8 : 150 k Ω**
- R2, R3, R15 : 4,7 k Ω**
- R9 : 100 k Ω**
- R10 : 1 k Ω**
- R11 : 3,3 k Ω**
- R12, R13 : 47 k Ω**
- R14 : 10 k Ω**
- P1 : 1k Ω multitours (vertical)**
- C1, C2 : 220 nF/100 V**
- C3 à C6 : 22 nF**
- C7, C9 : 330 nF**
- C8 : 10 nF céramique**
- C10 : 100 pF**
- C11 : 100 nF céramique**
- C12 : 10 pF**
- D1 : 1N4148**
- Q1, Q2 : 2N2222A**
- U1 : LTV 827 Conrad réf : 187003-33**
- U2 : TLV 2451 Radiospares réf : 3568155**
- REG : 78 L05**
- REL : Relais Reed SIL 5 V Conrad réf : 504599-33**
- 4 borniers à 2 plots, pas 5 mm**

Mini-Générateur de Signaux Synthétisés



Schéma

Le schéma de notre générateur est reproduit en **figure 1**. Afin de simplifier le montage au maximum, nous avons eu recours à une simple Eprom 2732 pour enregistrer les échantillons numériques du signal à restituer. Vous pourrez ainsi vous constituer une « banque de données » sur Eproms et reproduire facilement les signaux caractéristiques fournis par de nombreux capteurs.

Pour vous aider à saisir les données qui définissent les signaux à synthétiser, ce montage est

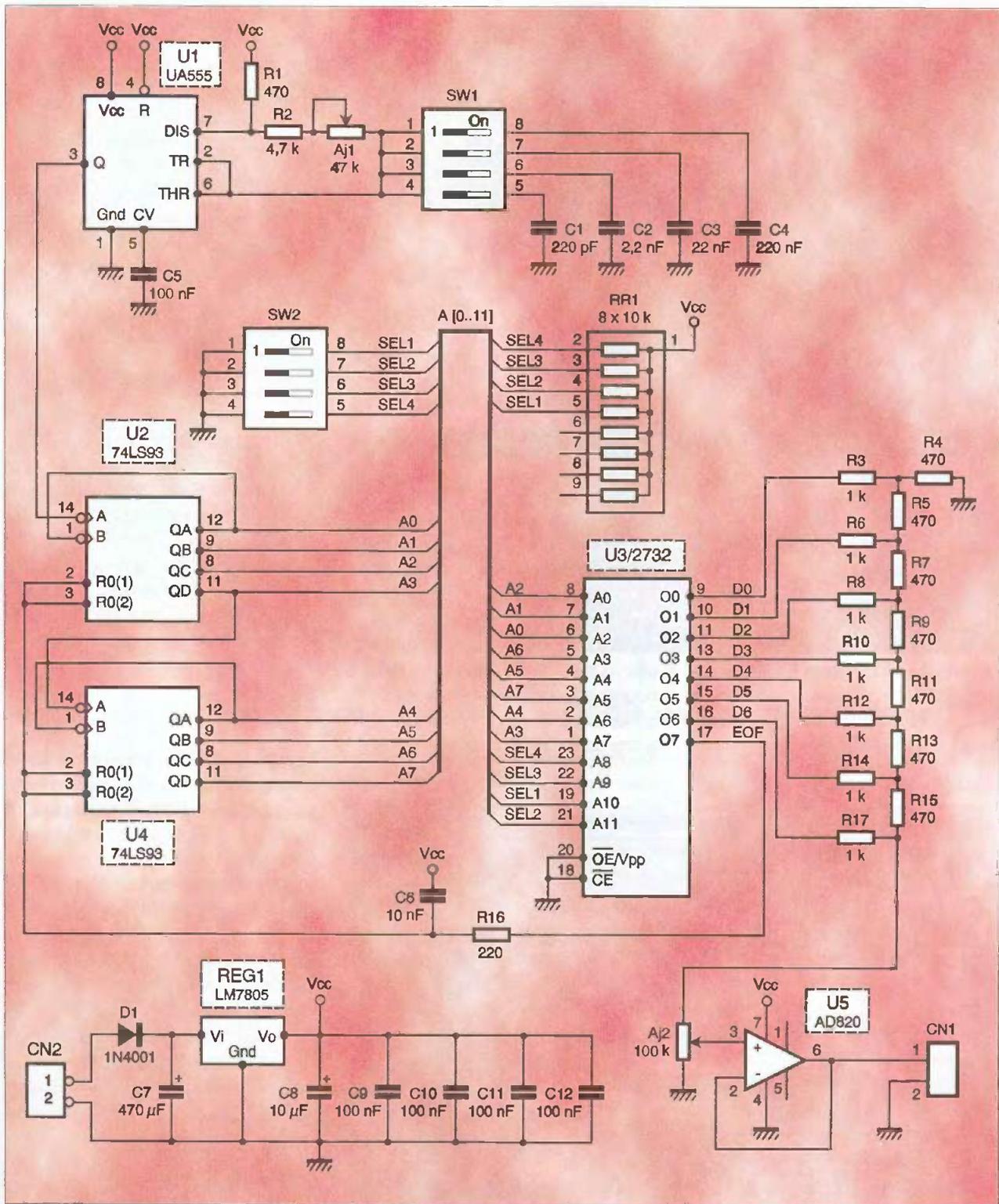
accompagné d'un petit programme permettant de transformer des fichiers produits à l'aide d'un tableur (tel que Excel), moyennant une exportation dans le format texte et le respect de quelques règles de mise en forme. Nous y reviendrons un peu plus loin.

Le fonctionnement du montage est relativement simple. Le circuit U1 est monté en multivibrateur astable. Sa période est définie par l'ajustable Aj1, les résistances R1 et R2 et le condensateur sélectionné par SW1. La base de temps ainsi constituée autorise un fonctionnement sur une plage de

fréquences assez étendue. La sortie du circuit U1 pilote le compteur binaire 8 bits constitué de deux circuits 74LS93 montés en cascade (U2 et U4). Les 8 bits en question forment le poids faible du bus d'adresse qui pilote l'Eprom U3, tandis que les 4 bits de poids forts sont fournis par un bloc de quatre mini interrupteurs (SW2). Ceci permet de décomposer la mémoire en seize parties égales pour produire des signaux différents.

Vous noterez avec intérêt que l'ordre de connexion des lignes d'adresses de l'eprom U3 se fait

Les générateurs de signaux synthétisés permettent de reproduire des signaux complexes de toute nature. Ce type d'appareil est très utile pour mettre au point des systèmes asservis car il peut fournir un signal équivalent à celui que fournirait un capteur. Le petit montage que nous vous proposons de réaliser ici permet de synthétiser seize signaux différents comportant de 2 à 256 échantillons codés sur sept bits.

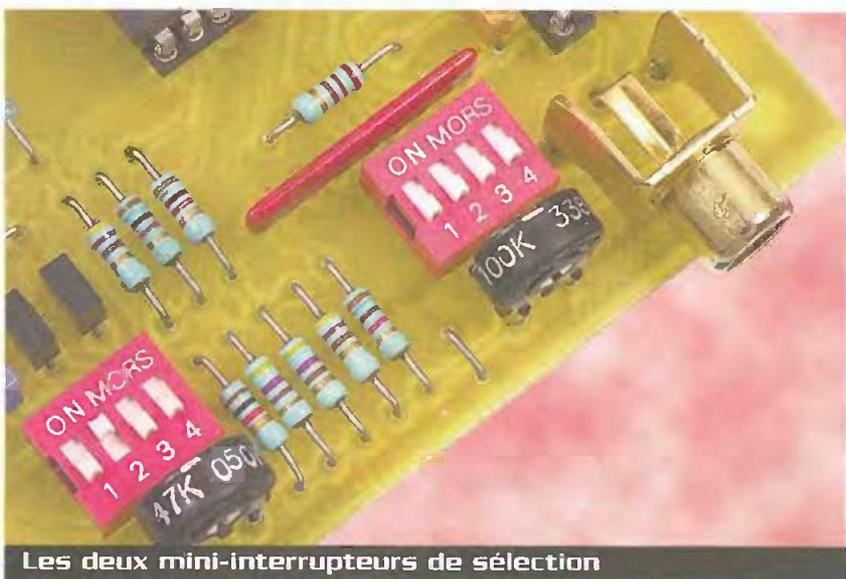


1 Schéma de principe

dans le plus grand désordre apparent. Cette subtilité permet de faciliter le dessin du circuit imprimé qui doit rester en simple face. En contre-partie, l'Eprom doit être programmée avec un contenu calculé pour remettre virtuellement les

données en ordre. Le programme qui accompagne ce montage (GeneSynthe.exe) se chargera de tout, ne vous inquiétez pas ! Les sorties de la mémoire U3 pilotent directement un réseau R/2R (constitué

de R3 à R17) dans le dessein de constituer un convertisseur numérique/analogique à moindres frais. Les compteurs U2 et U4 ayant un fonctionnement asynchrone et les bits de la mémoire n'ayant pas toujours des



Les deux mini-interrupteurs de sélection

temps d'accès rigoureusement identiques, la structure de ce montage engendre l'apparition de glitches lors des changements d'état du bus d'adresse. Pour se prémunir de ce phénomène, il aurait fallu ajouter un latch en sortie de l'Eprom. Toutefois, pour ne pas compliquer le schéma, nous avons décidé de nous contenter de la structure actuelle. Selon la vitesse de la mémoire eeprom

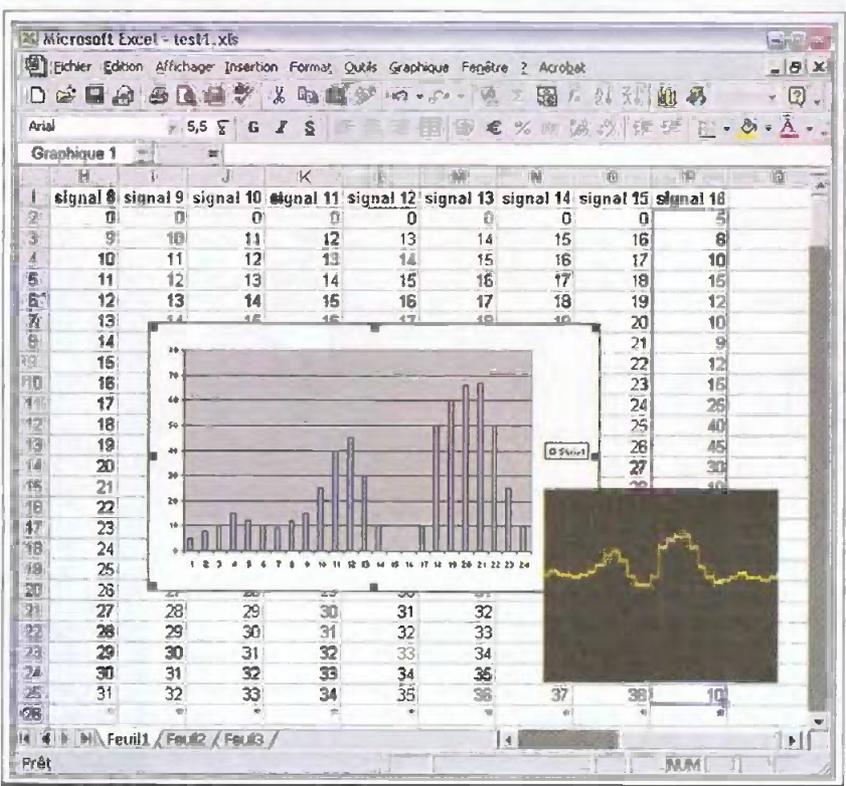
choisie, les perturbations engendrées par notre montage peuvent rester acceptables (voir le relevé effectué à l'aide d'un oscilloscope numérique, superposé sur la vue d'écran). Si ce phénomène vous semble gênant pour l'usage que vous envisagez à ce montage, vous pourrez ajouter un filtre sur la sortie, ce qui est de toute façon nécessaire dans le cas de l'étude d'un asservissement.

La sortie Q7 de la mémoire U3 est utilisée ici pour remettre à zéro les compteurs U2 et U4. Cela vous permettra de programmer des signaux qui comportent un nombre quelconque d'échantillons (nombre compris entre 2 et 256). L'amplificateur opérationnel U5 se charge d'adapter le signal fourni par le réseau R/2R au travers de Aj2 qui permet de contrôler l'amplitude du signal de sortie. L'amplificateur opérationnel étant alimenté uniquement par une tension positive, il faudra faire appel à un modèle « rail to rail ».

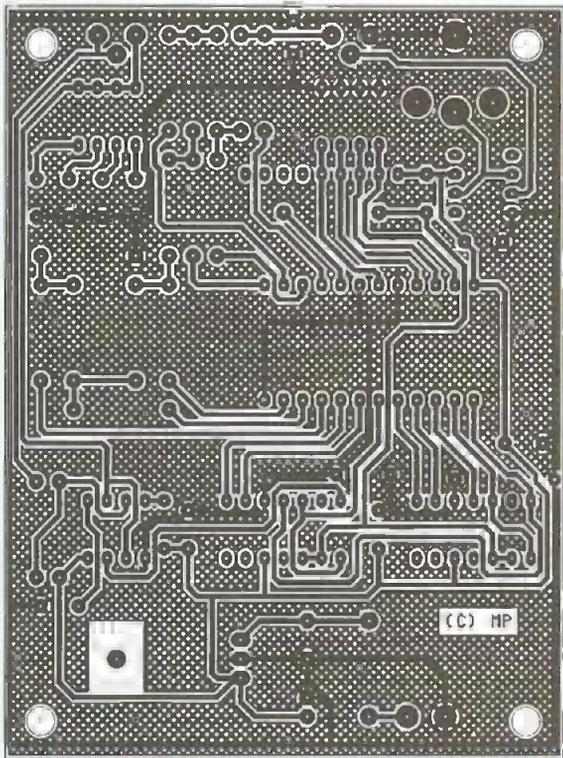
Le montage sera alimenté par une tension continue comprise entre 9 VDC et 12 VDC. Laquelle n'a pas besoin d'être stabilisée, mais devra néanmoins être correctement filtrée. N'importe quel petit bloc d'alimentation capable de fournir 100 mA sous 12 VDC fera l'affaire. La diode D1 permet de protéger le montage en cas d'inversion du connecteur d'alimentation.

Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est visible en **figure 2**. La vue d'implantation associée est reproduite en **figure 3**. Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre pour la plupart. En ce qui concerne CN2, D1 et REG1, il faudra percer les pastilles avec un foret de 1 mm de diamètre. Pour CN1, AJ1 et AJ2, il conviendra de percer les pastilles avec un foret de 1,3 mm de diamètre. Avant de réaliser le circuit imprimé, il est préférable de vous procurer les composants pour vous assurer qu'ils s'implanteront correctement. Cette remarque concerne particulièrement le connecteur CN1. Pour le reste de l'implantation, il n'y a pas de difficulté particulière. Soyez tout de même attentifs au sens des condensateurs et des circuits intégrés. Vous noterez la présence de trois straps qu'il est préférable d'implanter en premier sur le circuit imprimé pour des raisons de commodité. Le régulateur REG1 pourra être monté sur un dissipateur thermique, mais ce n'est pas une nécessité puisque la consommation de ce montage reste modeste.



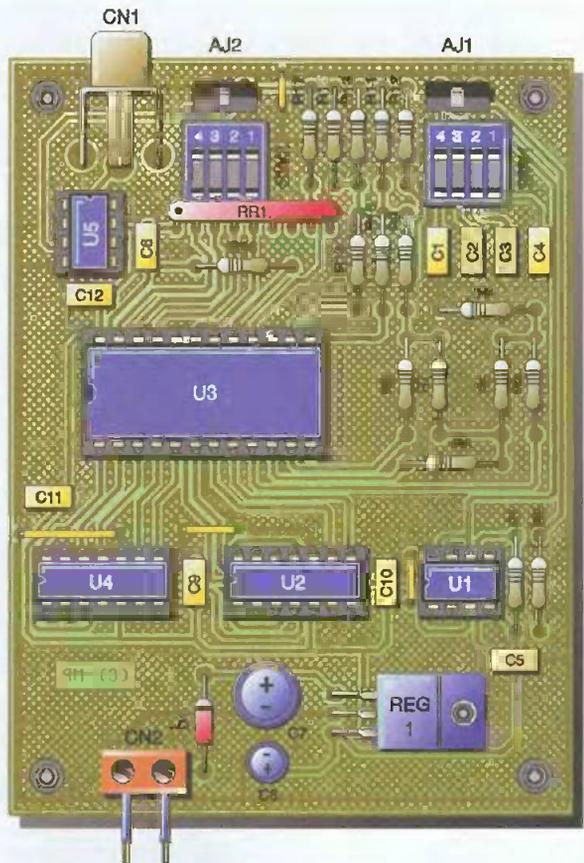
Vue d'écran (voir texte)



2 Tracé du circuit Imprimé

L'Eprom U3 sera programmée avec le contenu d'un fichier binaire que vous générerez vous-même à partir d'un tableau Excel exporté dans un fichier texte (voir la vue d'écran). Le caractère TAB sera utilisé comme séparateur dans le fichier texte. Bien entendu, si vous ne

disposez pas d'un tableur, vous pouvez parfaitement éditer le fichier texte avec les applications standard de Windows, telles que Notepad ou Wordpad. Le tableau contiendra seize colonnes dont le contenu définit les échantillons des seize signaux qu'il est possible de géné-



3 Implantation des éléments

rer avec ce montage (voir la vue d'écran). La première ligne du tableau sera ignorée par notre programme de transformation qui la considère comme une ligne de commentaire. Cependant, la ligne doit exister (sinon la première ligne de données sera transformée automatiquement en commentaire). Ensuite, chaque nouvelle ligne définit le contenu des échantillons codés sur 7 bits (0 à 127).

La donnée de la première colonne correspond au signal n° 1, la donnée de la deuxième colonne au signal n° 2, et ainsi de suite. Les données de chaque colonne doivent être séparées par un caractère de tabulation (ce qu'Excel fait automatiquement lorsque le contenu du fichier est exporté dans un format texte). Pour indiquer la fin du signal, il faut ajouter le caractère « * » sur la ligne suivante et dans la colonne correspondante. Si vous utilisez les 256 échantillons possibles pour définir un signal, il n'est pas nécessaire d'indiquer la fin du cycle car cela sera fait automatiquement (les compteurs U2 et U4 retourneront seuls à zéro).



L'Eprom 2732A en situation

Une fois la saisie terminée, et après avoir exporté les données dans un fichier au format texte, il ne vous restera plus qu'à lancer le programme « GeneSynthe.exe » pour transformer le fichier texte en un

fichier binaire. Le fichier binaire produit par notre application utilisera le même nom que le fichier source mais avec l'extension « BIN ». Le fichier sera enregistré dans le même répertoire que le fichier

source. Le fichier binaire ainsi obtenu est le reflet exact des données qu'il faudra programmer dans l'Eprom U3 à l'aide du programmeur de votre choix.

P. MORIN

Nomenclature

Aj1 : Ajustable 47 k Ω

(position verticale)

Aj2 : Ajustable 100 k Ω

(position verticale)

CN1 : Embase RCA à monter sur circuit imprimé

CN2 : Bornier de connexion à vis, 2 plots, au pas de 5,08 mm, à souder sur circuit imprimé, profil bas

C1 : 220 pF

C2 : 2,2 nF

C3 : 22 nF

C4 : 220 nF

C5,C9,C10,C11,C12 : 100 nF

C6 : 10 nF

C7 : 470 pF / 25 V, sorties radiales

C8 : 10 pF / 25 V, sorties radiales

D1 : 1N4001 (diode de redressement 1 A/100 V)

REG1 : Régulateur LM7805 (5 V) en boîtier TO220

RR1 : Réseau résistif 8 x 10 k Ω en boîtier SIL

R1, R4, R5, R7, R9, R11, R13, R15 : 470 Ω 1/4 W 5 % (jaune, violet, marron)

R2 : 4,7 k Ω 1/4 W 5 %

(jaune, violet, rouge)

R3, R6, R8, R10, R12, R14, R17 :

1 k Ω 1/4 W 5 % (marron, noir, rouge)

R16 : 220 Ω 1/4 W 5 %

(rouge, rouge, marron)

SW2, SW1 : Bloc de 4 mini Interrupteurs

U1 : NE555

U2, U4 : 74LS93 ou 74HCT93

U3 : Eprom 2732A (temps d'accès assez court de préférence : voir le texte).

U5 : AD820 (ampli op "rail to rail")



SONY

Cartec-Inno

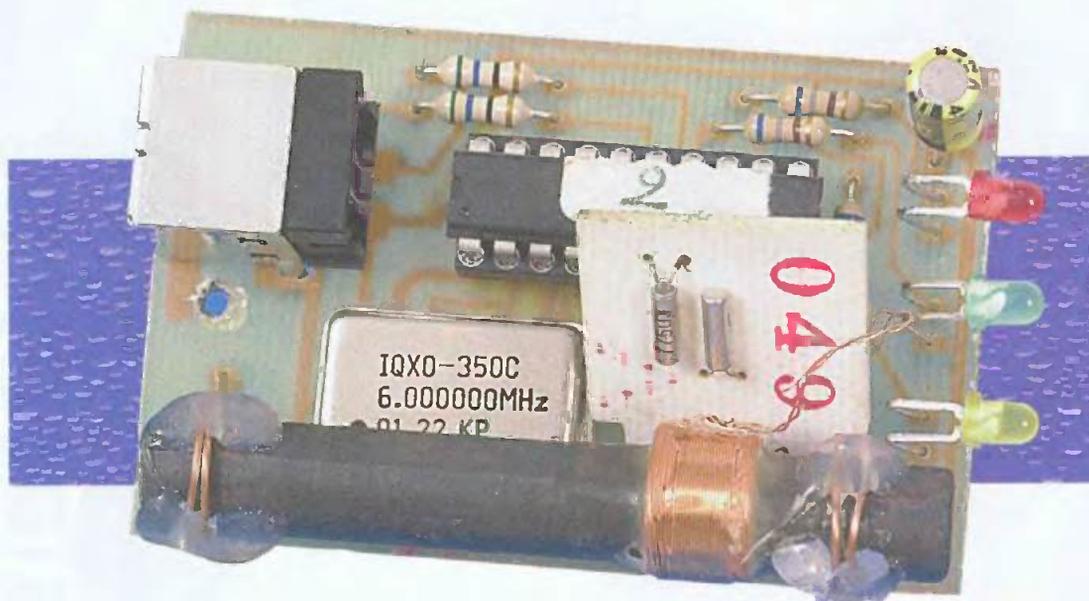
FESTIVAL ROBOTIQUE

Du 3 au 5 juin 2004 - Vierzon

www.cartec-inno.com



Horloge DCF sur port USB



De nombreux schémas publiés autorisent la réception des signaux DCF dont le décodage permet de connaître l'heure avec la précision d'une horloge atomique. L'originalité du présent montage réside dans sa possibilité à synchroniser un PC sur cette horloge de grande précision par l'intermédiaire du bus USB.

Description du montage

Le cœur de notre montage repose sur un micro-processeur Motorola de type 68HC08. La version 68HC08 JB8 a, bien évidemment, été retenue parce qu'elle dispose en standard d'une interface USB. Ce composant, qui se présente en boîtier DIL de 20 broches, est disponible chez Farnell. L'autre élément important est constitué par le module qui permet la réception des signaux DCF. Il comporte, à cet effet, une petite antenne ferrite et un circuit électronique dont la sortie est directement interfaçable avec le micro-processeur. Le module du catalogue Selectronic comporte au total quatre connexions (figure 1). L'entrée 3 est mise à la masse. Elle permet à l'état haut de mettre

le module DCF en veille pour réaliser des économies d'énergie. Cette possibilité n'est pas utilisée dans le montage pour lequel la consommation électrique n'est pas vraiment un problème puisqu'il est directement alimenté par le bus USB.

Le module est alimenté en + 5 V et la sortie digitale (0 ou + 5 V) est raccordée à la pin 1 du port E du microprocesseur qui est configuré en entrée lors de l'initialisation.

Le codage des signaux arrivant sur la pin PE1 du processeur est expliqué en détail ci-après.

Les autres éléments de ce schéma sont l'oscillateur qui permet de générer la fréquence d'horloge du processeur, laquelle est obligatoirement de 6 MHz pour la gestion du bus USB.

La prise USB fournit l'alimentation

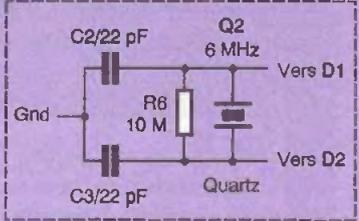
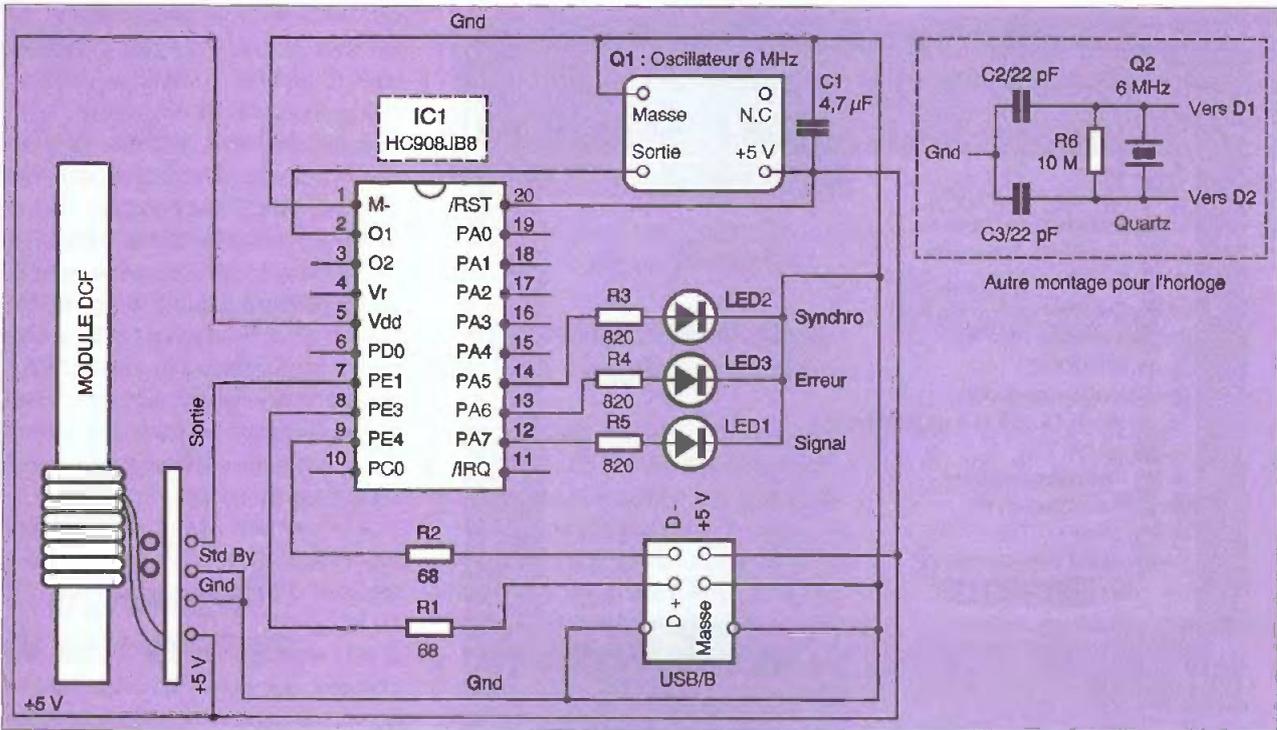
du montage. Les entrées D+ et D- sont raccordées respectivement aux pins PE3 et PE4 du 68HC08 JB8 par l'intermédiaire de résistances de 68 ohms.

Les pins PA5 à PA7 sont configurées en sortie et gèrent trois leds de signalisation.

Fonctionnement du montage et du logiciel

Toute la complexité du montage repose sur le logiciel qui pilote le processeur. Lorsque la réception est correcte, le module DCF émet une impulsion à chaque début de seconde. Le processeur réplique cette impulsion sur la sortie PA7, ce qui permet d'allumer la led correspondante et de visualiser la réception des impulsions.

C'est la durée des impulsions qui



Autre montage pour l'horloge

1 Schéma de principe

permet de transmettre les informations de date et heure. La durée de ces impulsions avoisine 100 millisecondes lorsqu'il s'agit d'un état bas et 180 ms pour un état haut.

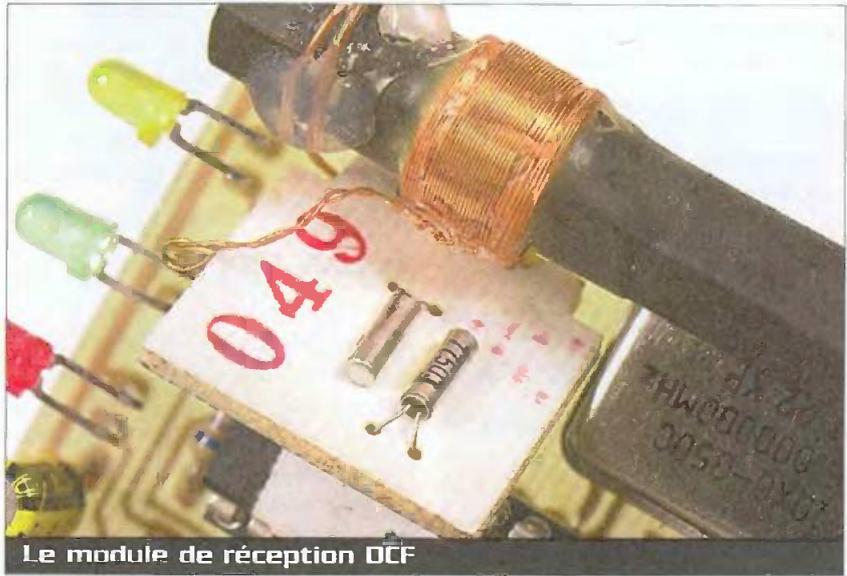
Le Timer intégré dans le processeur est mis à contribution pour mesurer très précisément la durée de l'état haut de la sortie du module DCF (PE1). Si ces impulsions sont inférieures à 140 ms, le logiciel considère qu'il s'agit d'un état bas, et d'un état haut dans le cas contraire. Quelque 60 bits sont ainsi transmis avec chacun une signification particulière. La durée d'un message (ou trame) est donc de 60 secondes. Pour pouvoir décoder ce message, il est indispensable de pouvoir reconnaître le début d'un nouveau message. Le codage DCF prévoit que, durant la première seconde du message, il n'y a pas d'impulsion. Il suffit au logiciel d'attendre que la durée d'un état bas soit supérieure à une seconde (1,5 seconde pour notre logiciel) pour considérer qu'il s'agit du début d'un nouveau message. La première impulsion qui suit correspond au bit N01. L'interprétation du message ainsi codé permet de connaître la date, l'heure, ainsi que d'autres renseignements.

La réception des ondes longues du module DCF peut être perturbée par de nombreux phénomènes. Il faut également correctement orienter l'antenne ferite. La led connectée sur le port PA6 est très utile pour visualiser une bonne réception. Les impulsions délivrées par le module DCF sont, en effet, proches de leur valeur nominale dans de bonnes conditions de réception. Elles s'éloignent de ces valeurs en cas de réception difficile. Le logiciel compare les

durées d'impulsions avec des valeurs limites. Si celles-ci ne sont pas respectées, il allume la led sur le port PA6. Ce dispositif permet d'avoir une appréciation à chaque seconde de la plus ou moins bonne qualité de réception.

Un allumage de la led signale une réception douteuse.

Les valeurs limites retenues sont de 90 à 110 ms pour un état bas correct et de 160 à 200 ms pour un état haut.



Le module de réception DCF



Répertoire du PC

La synchronisation de l'horloge

La trame de 60 bits comporte un certain nombre de bits de contrôle de parité qui permet d'avoir une certaine présomption de validité des informations transmises. Néanmoins il peut se faire que tous les contrôles soient bons, mais que le message lui-même soit erroné (il suffit d'avoir un nombre pair d'erreurs pour invalider un contrôle de parité).

C'est pourquoi le logiciel considère qu'une trame n'est valide que si elle a été précédée d'une trame sans erreur, laquelle diffère de la précédente d'une minute exactement. Autrement dit, il faut

que deux trames successives soient sans erreur et cohérentes sur l'heure transmise. Celle-ci doit donc différer d'une minute.

Comme toutes les trames ne sont pas systématiquement valides et que l'on souhaite pouvoir synchroniser le PC à tout instant, le logiciel maintient une horloge interne qui est synchronisée chaque fois qu'une trame valide est reçue. Dès que la première synchronisation a eu lieu, la led connectée sur le port PA5 est allumée. Si l'horloge interne maintenue par le logiciel du 68HC908 JB8 n'est pas synchronisée par une trame radio valide au moins une fois toutes les dix heures, cette led sera de nouveau éteinte.

La réalisation

Le circuit imprimé de petite taille (38 x 61 mm) reçoit l'ensemble des composants, y compris le module DCF ainsi que les leds. L'horloge du micro-processeur est pilotée par un oscillateur à quartz de 6 MHz, mais le circuit imprimé est prévu pour utiliser sans modification un montage plus classique avec un quartz, une

résistance et deux condensateurs. Le montage à oscillateur est cependant préférable puisqu'il affiche, en principe, une plus grande stabilité.

Une fois le circuit imprimé réalisé, il convient de procéder à la soudure des composants en commençant par les plus petits (résistances, par exemple) et en terminant par le module DCF. L'antenne ferrite est maintenue au-dessus de l'oscillateur à quartz grâce à deux collers en fils de cuivre soudés sur le circuit imprimé. Un point de colle immobilisera le bâton de ferrite sur chaque coller. Le micro-processeur sera enfilé sur un support adapté.

Une fois le montage terminé, procéder à des vérifications minutieuses car celui-ci est destiné à être raccordé au bus USB du PC.

C'est ensuite l'aspect logiciel qu'il convient de traiter en trois étapes, conformément aux indications détaillées ci-dessous.

La première étape consistera à installer le logiciel côté PC.

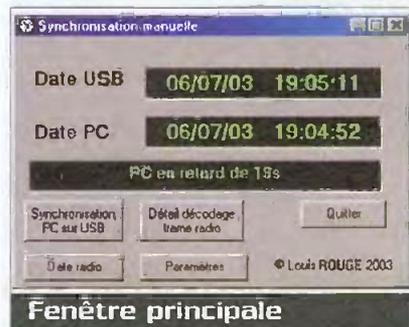
Dans un deuxième temps il faudra programmer le 68HC908 avec le fichier DCF.s19 qui sera copié sur le PC au moment de l'installation à la première étape.

Enfin, il conviendra lors du premier raccordement du montage au PC de fournir les éléments nécessaires à l'installation du driver sur le PC.

Installation du logiciel côté PC

Avant de raccorder le montage à un câble USB, il convient d'installer le logiciel d'exploitation côté PC. Celui-ci a été réalisé et testé avec Windows 98 se. La compatibilité avec les autres versions de Windows n'a pas été vérifiée, mais ne devrait, a priori, pas poser de problème.

Le logiciel côté PC se présente sous la forme d'un fichier compressé auto-décompressible nommé HorlogeUSB.EXE. Il convient, tout d'abord, en double-cliquant sur ce fichier, de provoquer le décompaction. La fenêtre qui s'ouvre alors permet de préciser le répertoire dans lequel les fichiers seront décompactionnés (le répertoire par défaut proposé



Fenêtre principale

est : C:\HorlogeUSB). Appuyer sur le bouton " Décompresser ". Trois fichiers apparaissent dans le répertoire indiqué. Avec l'explorateur de fichiers, il convient de sélectionner le répertoire précédent (C:\HorlogeUSB, par défaut) et de double-cliquer sur le fichier Setup.exe qui lancera l'installation proprement dite. Suivez les indications données qui sont très simples. Ne vous inquiétez pas si, en cours d'installation, le logiciel vous envoie le message " Impossible d'inscrire MFC42D.DLL ". Appuyez simplement sur le bouton marqué " Ignorer ". Par défaut, le logiciel est installé dans le répertoire : C:\Program Files\HorlogeUSB.

La programmation du micro-processeur

Le 68HC908 JB8 dispose d'un mode moniteur permettant une programmation série. Une interface est cependant nécessaire. On pourra se référer à *Electronique Pratique* n° 267 qui décrit la réalisation d'une telle interface et donne les indications nécessaires pour récupérer et utiliser le logiciel de programmation de la société PEMicro. Un montage, permettant à la fois la programmation et le test d'un 68HC908, sera prochainement présenté dans ces colonnes. Le fichier DCF.S19, qui se trouve dans le répertoire où vous avez installé le programme côté PC (par défaut



C:\Program Files\HorlogeUSB), est à utiliser pour programmer le 68HC908.

Le raccordement du montage au PC et l'installation du driver

Une fois cette installation réalisée, vous pouvez raccorder votre montage au bus USB. Si tout se passe bien, le montage est reconnu par Windows qui va vous demander de procéder à l'installation du driver USB nécessaire. Pour ce montage, c'est le driver de la société Thesycon en version d'évaluation (version *light*) qui est utilisé. Cette version libre de droit est limitée, mais suffisante pour l'horloge USB.

La version disponible à l'adresse de la société est actuellement la 2.0 qui n'est pas compatible avec notre montage. Ce dernier a été développé avec une version antérieure. La version 1.51 peut être téléchargée à l'adresse indiquée en fin d'article.

Pour plus de facilité, les deux fichiers nécessaires de ce driver `usbio_el.inf` et `usbio_el.sys` ont été copiés à l'installation dans le répertoire du PC.

Lorsque Windows affiche la fenêtre permettant d'indiquer le répertoire du driver,

sélectionner " Emplacement spécifique ". En utilisant le bouton " Parcourir ", désignez le répertoire d'installation du logiciel (par défaut : C:\Program Files\HorlogeUSB). Lorsque l'horloge est connectée, le périphérique USB apparaît dans la fenêtre Windows des propriétés système.

Utilisation du logiciel côté PC

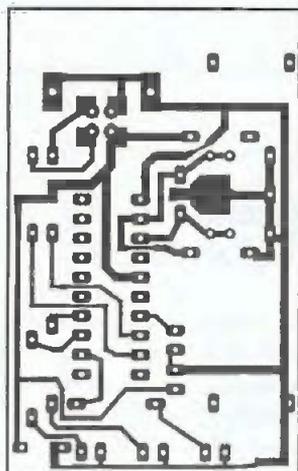
Après le temps nécessaire de synchronisation de l'horloge DCF (au minimum deux minutes), la fenêtre principale du logiciel affiche, d'une part, l'heure du PC et, d'autre part, l'heure de l'horloge DCF USB. L'écart est également indiqué.

Le bouton " Détail décodage trame radio " affiche une fenêtre dans laquelle apparaît la réception des données et leur décodage (voir vue d'écran).

Le rectangle vert entouré d'une ligne rouge repère le bit en cours de réception et de décodage. Les feux tricolores indiquent, au fur et à mesure, la validité des contrôles de parité.

Le bouton " Date radio " de la fenêtre principale signale à quelles date et heure la dernière synchronisation de l'horloge USB a pu être faite par radio. Entre deux synchronisations radio, l'heure est maintenue par le 68HC908 grâce à son timer interne et son horloge à quartz ou à un oscillateur de la carte.

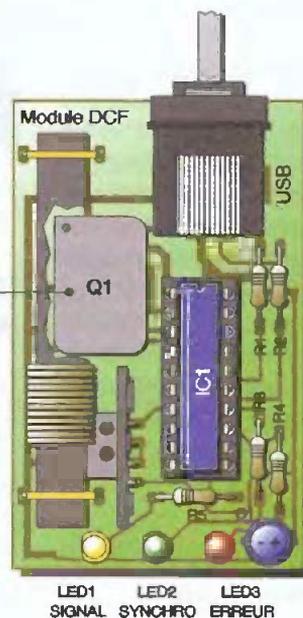
Le bouton " Synchronisation PC sur USB " met le PC à l'heure en utilisant celle fournie par l'horloge USB - DCF. Après cette mise à l'heure, les deux dates doivent être identiques et l'écart nul. Le logiciel permet de réaliser une synchronisation périodique du PC sur



2 Tracé du circuit imprimé



3 Implantation des éléments



LED1 SIGNAL LED2 SYNCHRO LED3 ERREUR

l'horloge USB – DCF. C'est le bouton " Paramètres " qui permet d'ouvrir la fenêtre de réglage correspondante. Outre la synchronisation, cette fenêtre permet d'indiquer les codes vendeur (VendorID) et produit (ProductID), lequel permet la communication du 68HC08 sur le bus USB. Ces valeurs ne sont, en principe, pas à modifier. La case à cocher en bas de la fenêtre " Paramètres " permet d'éviter une mise à jour et des communications inutiles sur le bus USB.

Conseils d'utilisation

Pour permettre la synchronisation de l'horloge, il convient que le signal radio soit reçu dans de bonnes conditions. La présence d'un ordinateur dans les parages de l'horloge DCF est évidemment indispensable pour notre montage, mais malheureusement elle peut perturber la réception. Un câble USB normal doit permettre toutefois d'éloigner suffisamment le montage pour obtenir une réception correcte. Il ne faut pas espérer une synchronisation en posant le montage sur le moniteur, par exemple. Outre une distance suffisante entre le PC et le montage, il faut également régler l'orientation de celui-ci de façon à

obtenir une bonne réception. Pour ces réglages, les leds sont utiles. On peut, en effet, rapidement déterminer si la réception est bonne en observant l'allumage de la led jaune qui doit être régulier (une fois par seconde) et l'absence d'allumage de la led rouge qui indique une durée des bits hors tolérance. Toutefois, il est des cas où il convient d'être patient. En effet, la facilité de réception des signaux DCF varie d'une région à l'autre, voire d'un bâtiment à l'autre. Au cours de la journée, on constate également des différences très importantes. La synchronisation peut être obtenue à chaque trame à certains moments. Parfois, et suivant les lieux, il faut savoir attendre une heure ou deux.

L. ROUGE

Adresses utiles

Site de téléchargement de la version 1.51 du driver de la société Thesycon http://hc08web.de/usb08/files/usbio_el_v151.zip/USB08_HC908JB8_USB_Reference_Design.htm (cliquer sur le lien usbio_el_v151) Société Thesycon <http://www.thesycon.de/eng/index.ht>

Nomenclature

Résistances 1/4 W 5 % :

- R1 : 68 Ω
- R2 : 68 Ω
- R3 : 820 Ω
- R4 : 820 Ω
- R5 : 820 Ω

Condensateur électrolytique :

- C1 : 4,7 μF 10 V

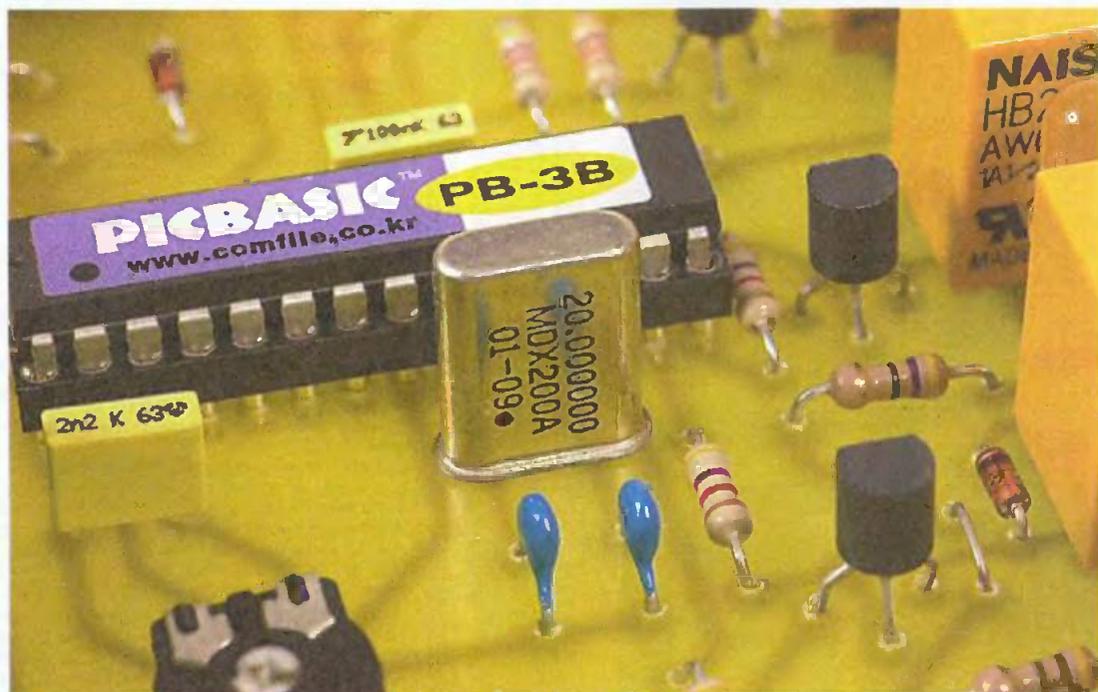
Composants actifs :

- IC1 : Micro-contrôleur MC68HC908 JB8 (référence 3480252 Farnell)
- 1 module de réception DCF (référence 411143 Sélectronic)
- Q1 : oscillateur 6 MHz (référence 121277 farnell)
- Nota : l'oscillateur peut être remplacé par Q2 (quartz 6 MHz), C2 et C3 (deux condensateurs céramiques de 22 pF) et R6 (une résistance de 10 MΩ) (voir texte et schémas)

Divers :

- 3 leds 3 mm (rouge, jaune, verte)
- 1 Embase USB type B
- 1 support CI 20 broches

Un séquenceur universel à Pic-Basic



A l'approche des fêtes de fin d'année, nous voyons souvent ressurgir les inévitables animations lumineuses en travers des rues, dans les magasins, jusqu'aux fenêtres et jardins des particuliers. Il n'est certes guère difficile de faire clignoter une guirlande électrique quelconque ou d'animer un chenillard constitué de nombreuses lucioles multicolores. Pour animer un motif particulier comme une enseigne par exemple ou une vitrine, on peut avoir besoin de personnaliser les divers allumages, de les solliciter dans un ordre précis ou dans l'ordre inverse, et parfois même de modifier les temporisations entre séquences successives, d'une manière manuelle ou automatique.

Nous vous proposons une application simple à base d'un microcontrôleur, qui vous permettra à volonté de créer un motif quelconque, d'une manière logicielle particulièrement astucieuse, grâce aux possibilités de programmation du célèbre circuit Pic-Basic PB-3B, maintes fois utilisé dans cette revue.

Principe du montage

Nous partons du principe qu'il s'agit simplement d'alimenter sur

le secteur, divers circuits de lampes, constituant un motif décoratif, et de le faire d'une manière totalement logicielle, en pilotant par l'intermédiaire d'un microcontrôleur, les diverses sorties utilisées. Nous avons déjà pu trouver des montages exploitant une mémoire EPROM ou plus simplement des circuits de type 4017 associés à des matrices à diodes de codage. Le microcontrôleur simplifié à l'extrême ces tâches et pour peu que certaines instructions soient disponibles dans le langage de programma-

tion utilisé, il sera vraiment enfantin de créer un motif original, fiable et surtout modifiable à tout moment par quelques clics de souris sur un écran de PC.

Le langage BASIC proposé par les circuits Pic-Basic de COMFILE, et notamment par le PB-3B cholsi ici, dispose d'une instruction particulièrement judicieuse, à savoir BYTEOUT. Cette instruction permet tout simplement de générer l'équivalent binaire, sur 8 bits, d'un nombre donné sous la forme décimale (ou hexadécimale), et d'affecter ces 8 valeurs à 8 sorties

Tableau 1

| | MSB | | Bloc 1 du PB-3B | | | LSB | | |
|---------|--------------------------------------|--------|-----------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| sorties | I/O 15 | I/O 14 | I/O 13 | I/O 12 | I/O 11 | I/O 10 | I/O 9 | I/O 8 |
| valeur | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |
| | sorties utilisées dans l'application | | | | | | | |

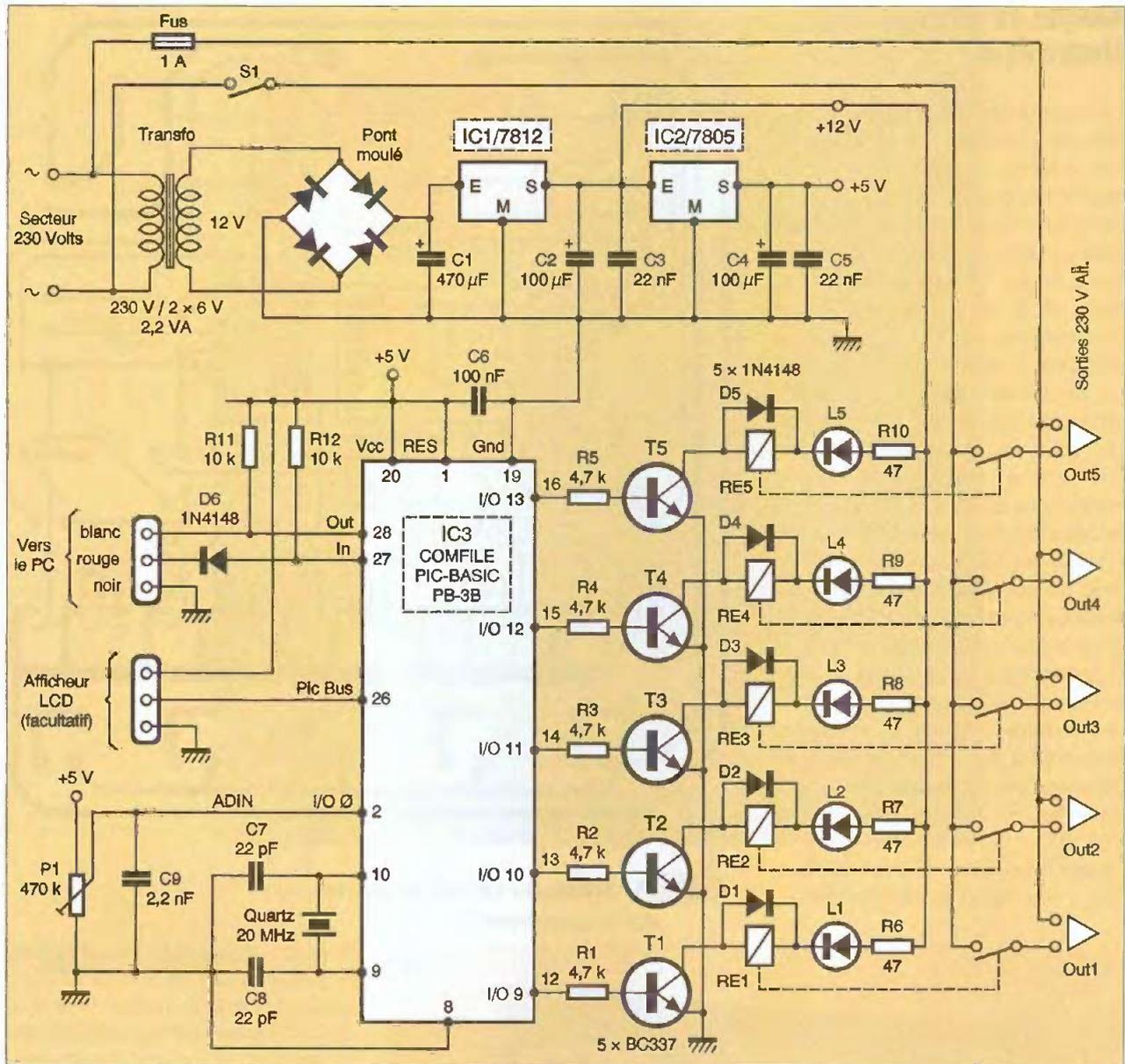


Schéma de principe

I/O distinctes, qui constituent un bloc (noté 1 dans notre application). Il ne sera donc pas utile de commander séparément chaque sortie, puisqu'il sera possible d'en commander 8 à la fois. On notera que seules 5 sorties sur 8 sont utilisées dans notre maquette, selon les précisions du **tableau 1**. Pour mettre au niveau haut une sortie, donc commander le relais correspon-

dant, il suffit d'attribuer la valeur binaire 1 à la sortie correspondante. Pour ce faire, nous imposons une valeur décimale que le microcontrôleur convertit en un octet, avec 8 valeurs binaires.

Voici un exemple :

Pour commander les sorties I/O 9 et 13 simultanément, il suffit d'écrire les valeurs binaires suivantes (zones grisées du **tableau 2**) :

la valeur décimale correspondante vaudra donc $32 + 2 = 34$.

On comprendra aisément que les divers allumages sont en fait simplement obtenus en alignant une série de nombres décimaux, que le microcontrôleur n'a plus qu'à lire dans l'ordre prévu, puis à convertir en un mot binaire, dont les états 1 seuls s'en iront valider les sorties utiles, donc les lampes.

Tableau 2

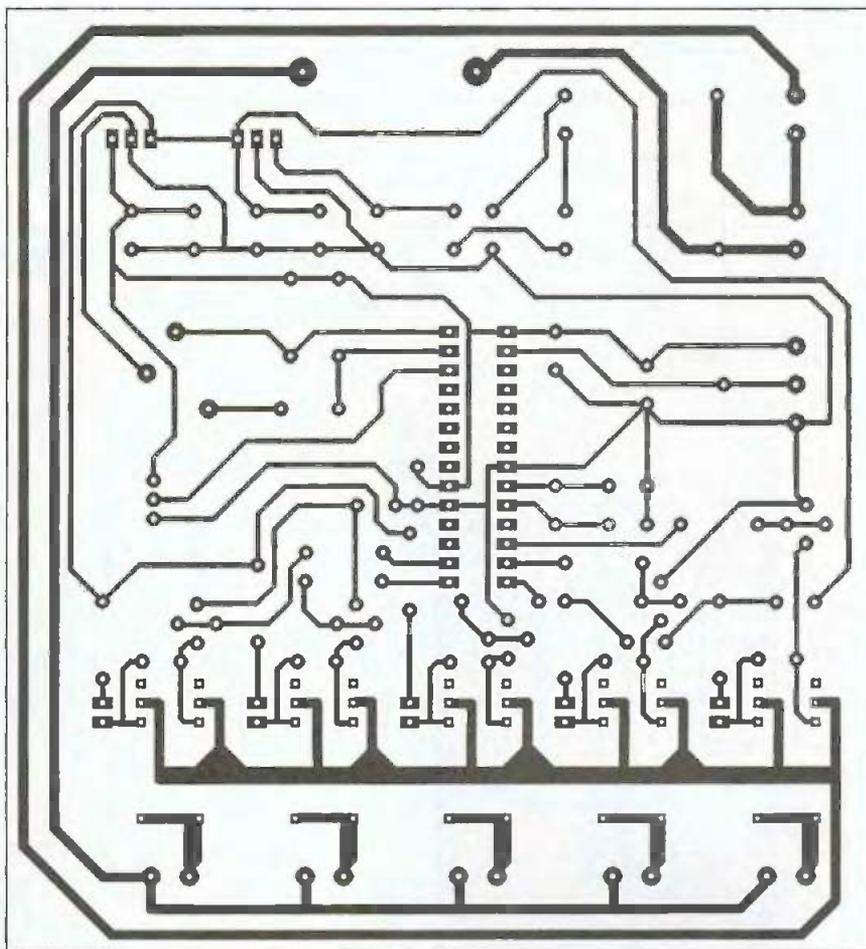
| I/O | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 |
|---------|-----|----|----|----|----|----|---|---|
| binaire | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| valeur | 128 | 64 | 32 | 16 | 8 | 4 | 2 | 1 |

Analyse du schéma électronique

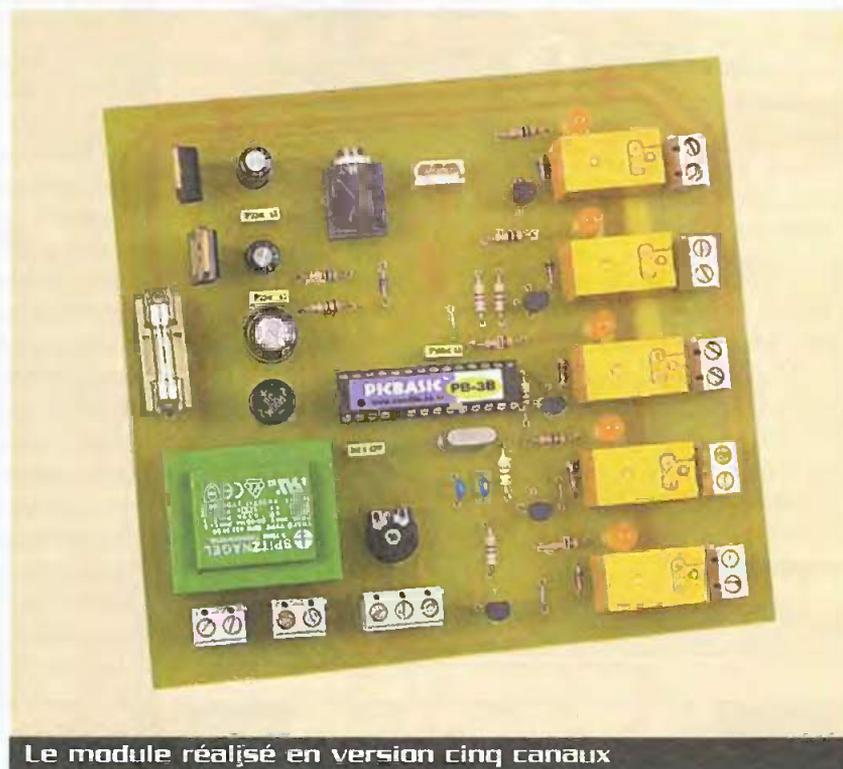
Il vous est proposé à la **figure 1**. Rien d'original à première vue : on retrouve sans surprise une alimentation secteur qui délivre deux tensions continues filtrées, l'une de 12 volts pour les divers relais qui ont été préférés aux triacs plus sujets à des claquages intempestifs, l'autre de 5 volts étant réservée au microcontrôleur IC3. Ce circuit est animé par un quartz de 20 MHz, associé aux condensateurs C7 et C8. Un connecteur à 3 fils relie le montage au PC, pour une programmation simple, comme vous avez déjà dû vous en rendre compte dans nos applications précédentes. Nous utilisons les 5 sorties I/O 9 à I/O 13, avec commande de relais par le biais d'un simple transistor. A signaler la diode électroluminescente en série avec chacune des bobines, et la diode anti-retour aux bornes de celle-ci. Rien que du classique !

Les contacts à fermeture de chaque relais ont été associés en parallèle pour disposer d'un courant plus important sur les sorties commandées (de OUT 1 à OUT 5).

L'inter S1 permettra de tester le circuit sans mettre sous tension les sorties,



2 Tracé du circuit imprimé

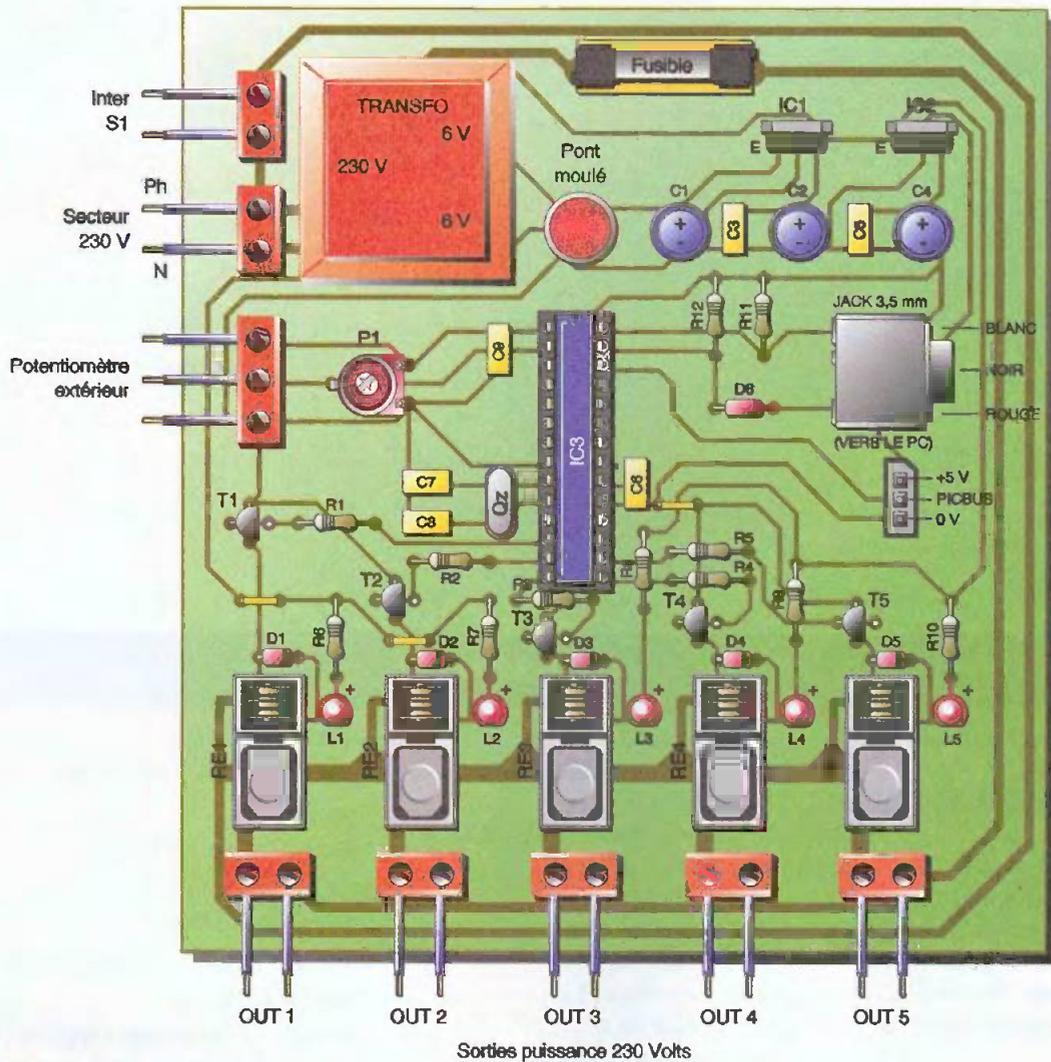


Le module réalisé en version cinq canaux

améliorant ainsi quelque peu la sécurité de l'utilisateur lors de la mise au point. L'allumage des leds seules permettra de se faire une idée précise du motif obtenu. Un petit ajustable P1 a dû attirer votre attention : il est relié sur une entrée spéciale du Pic-Basic effectuant une conversion analogique vers numérique (= I/O 0 sur la maquette). Une tension variant de 0 à 5 volts produit une variation numérique sur 10 bits, donc de 0 à 1023. Nous mettrons à profit cette valeur pour autoriser un délai variable entre les diverses séquences, à la manière en somme d'une base de temps comme sur les circuits horloge traditionnels.

La programmation

C'est là le point fort et tout l'intérêt de ce montage, qui permet à volonté de modifier les résultats obtenus. Outre l'instruction BYTEOUT déjà décrite, nous ferons



3 Implantation des éléments

encore appel à l'instruction TABLE, qui permettra en une seule ligne, de lire une succession de valeurs décimales préalablement déterminées. La variable T, en décimal, aura à chaque fois pour fonction de créer la combinaison binaire des 8 sorties, donc des 5 utilisées. Le programme, fort succinct pourra être modifié et adapté à volonté, rendu automatique avec des capteurs ad hoc. Il suffit d'avoir bien saisi le principe du codage.

On pourra jouer sur la variable "V" grâce à des opérations mathématiques simples, pour obtenir une durée toujours exprimée en millisecondes.

Réalisation pratique

On trouvera sur les figures 2 et 3 tous les détails de réalisation du circuit. On



Utilisation préférable de relais pour la commutation des lampes

```

'séquenceur PIC - BASIC - mars 2004
DIM V as INTEGER : DIM N as BYTE : DIM T as BYTE
DEB:      V = ADIN(0)          'Valeur de 0 à 1023 selon réglage ajustable P1
V = ( V *4 )                  ' valeur en millisecondes du délai d'attente
FOR N = 1 TO 9
T = TABLE ( N,2,6,14,12,28,24,56,48,32) : GOSUB AFF ' séquence 1
NEXT N
FOR N = 1 TO 9
T = TABLE ( N ,32,48,56,24,28,12,14,6,2) : GOSUB AFF ' séquence 2
NEXT N
FOR N = 1 TO 10
TOGGLE 11: DELAY 100          ' clignotement broche I/O 11
NEXT N
BYTEOUT 1,0 : DELAY 1000
GOTO DEB
AFF:      BYTEOUT 1,T : DELAY V ' sous-programme de commande des sorties
RETURN
    
```

Principe de codage

Nomenclature

IC1 : régulateur intégré 12 volts positif - 7812

IC2 : régulateur intégré 5 volts positif - 7805

IC3 : microcontrôleur COMFILE PIC-BASIC, modèle PB-3B, boîtier DIL 28 étroit (Lextronic ou Gotronic notamment)

D1 à D6 : diode commutation 1N4148

T1 à T5 : transistor NPN BC337

L1 à L5 : diode électroluminescente Ø 5 mm

Résistances (toutes valeurs 1/4 de watt) :

R1 à R5 : 4,7 kΩ

R6 à R10 : 47 Ω

R11, R12 : 10 kΩ

P1 : ajustable horizontal, pas de 2,54 mm, 470 kΩ

C1 : chimique vertical 470 µF/25 V

C2, C4 : chimique vertical 100 µF/25 volts

C3, C5 : plastique 22 nF

C6 : plastique 100 nF

C7, C8 : céramique 22 pF

C9 : plastique 2,2 nF

Transformateur à picots, puissance 2,2 VA - 230 V / 2x 6 volts

Cordon secteur

Support fusible + cartouche 5 x 20,

1 ampère

Inter marche/arrêt

7 blocs de 2 bornes vissé soudé, pas de 5 mm

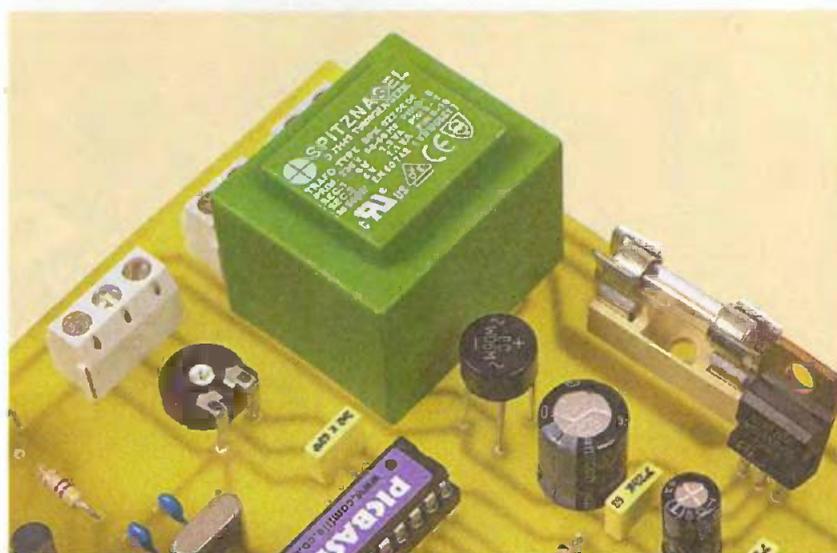
Bloc de 3 bornes vissé soudé, pas de 5 mm

Quartz à fils 20 MHz

Support à souder picots tulipe, DIL 28 étroit ou 2 x DIL 14

RE1 à RE5 : relais miniature type National DIL 16, 2 contacts inverseurs, bobine 6 volts

Socle jack 3,5 mm stéréo pour CI
Boîtier étanche, presse-étoupe

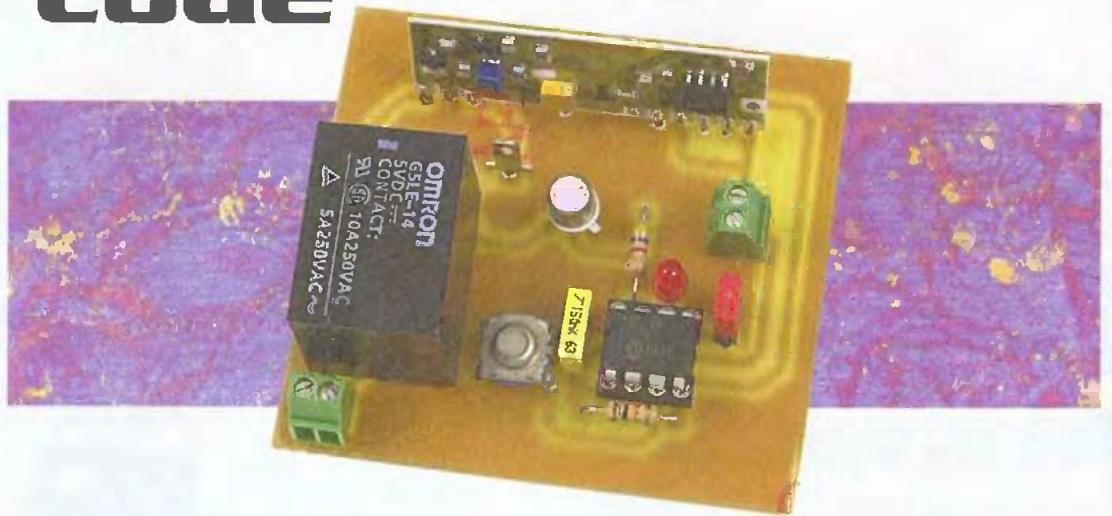


On choisira le transformateur suivant le nombre de canaux

veillera bien entendu à l'approvisionnement des divers composants, avant de procéder à la gravure du circuit, notamment au niveau des relais miniatures, et du transformateur, surtout si l'on estime devoir augmenter sa puissance en raison d'un plus grand nombre de relais simultanément sous tension. Il sera sans doute judicieux de prévoir un coffret étanche pour recevoir cette maquette, surtout si elle doit être soumise à des risques d'humidité ou de pluie à l'extérieur. La valeur du fusible en tête sera calculée en fonction du courant maximal supporté par les circuits d'éclairage simultanément allumés.

G. ISABEL

Récepteur de télécommande universel avec apprentissage du code

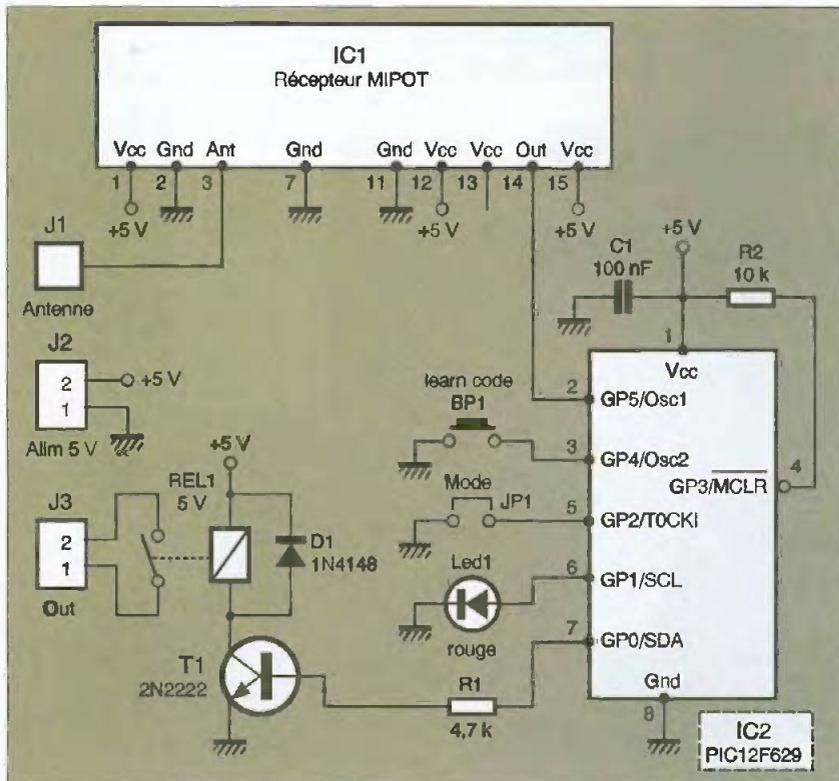


Ce montage va décoder les ordres envoyés par toutes les télécommandes de type porte-clés qui nous envahissent actuellement. Par exemple, celles que l'on utilise pour ouvrir son portail à distance ou remonter les volets électriques de sa chambre depuis son lit.

Ce récepteur est universel car il va nous permettre de choisir le mode de fonctionnement de sa sortie. Soit elle sera active un bref instant et redeviendra inactive à chaque réception du bon code, ce sera le mode monostable. Soit elle sera active jusqu'à la réception d'un autre code pour repasser à l'état inactif, ce sera le mode bistable. L'apprentissage du code sera déclenché par l'utilisateur à la première mise en service. Le type de code reconnu est celui généré par les circuits spécialisés type MM53200 ou UM 3750 largement diffusés et utilisés dans un grand nombre de télécommandes de type " porte-clés ". Ce code est constitué d'une suite de 12 bits. On ne prendra en compte pour l'apprentissage du code que des 8 bits de poids faibles. Pour la reconnaissance du code, le programme cherchera à trouver ces 8 bits de poids faibles, asso-

ciés aux 4 bits de poids forts fixés une fois pour toutes à la valeur 1 100. Le montage est construit autour du nouveau microcontrôleur Pic 12F629 de Microchip (figure 1). Ce qui fait l'intérêt de ce circuit est son prix relativement bas, de l'ordre de quelques euros, avec des performances élevées. Le signal codé, porté par l'onde 432 MHz provenant de l'émetteur de télécommande, est capté par un module récepteur Mipot ou similaire. Les signaux logiques qui composent le code arrivent sur la patte GP5 du 12F629. Quand celui-ci aura reconnu le code, il mettra sa patte GP0 au niveau logique haut, ce qui aura pour effet de saturer le transistor T1. De ce fait, le relais collera et donnera sur la sortie d'utilisation un contact sec fermé. Pour demander au Pic d'apprendre le code, il suffira d'appuyer sur le bouton poussoir BP1.

L'entrée GP4 du Pic est programmée pour être tirée au + 5 V en interne. C'est une particularité que possèdent les microcontrôleurs de la famille Pic, ce qui nous évite de rajouter des résistances extérieures de tirage. Ce port d'entrée est également programmé pour générer une interruption du programme principal, sur un changement de son état. Un appui sur BP1 passera la patte GP3 du niveau logique haut au niveau bas, ce qui générera une interruption du programme. Le Pic aura la possibilité de signaler qu'il attend un code pour l'apprendre et ensuite le mémoriser en allumant directement une led par mise au niveau logique haut le port GP1. Dès que le code aura été reçu et mémorisé, le port GP1 repassera au niveau logique bas, ce qui éteindra la led. Certains puristes vont sûrement s'émouvoir en remarquant qu'il n'y a pas de



1 Schéma de principe

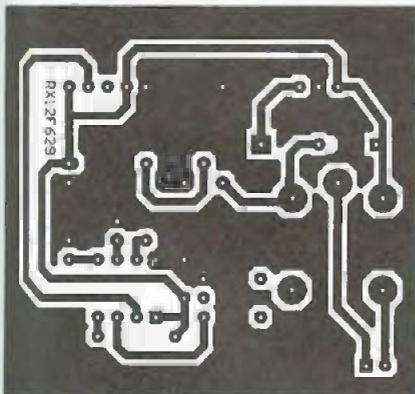
module Mipot si l'on désire optimiser la distance de la transmission.

Realisation

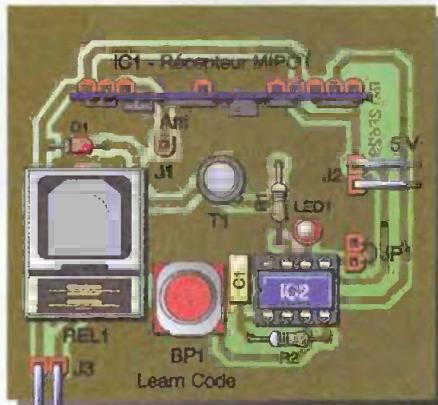
Le schéma du circuit imprimé ainsi que l'implantation des composants sont donnés en figures 2 et 3 et la réalisation ne doit pas poser de problème. Il faut programmer le Pic avec le programme présent sur notre site Internet. Le montage doit fonctionner à la première mise sous tension. A la programmation du Pic, le code mémorisé est par défaut 07 soit 0000 0111. Il faut donc lui apprendre celui de la télécommande si celle-ci possède un code différent. Pour cela, on appui sur le bouton poussoir, ce qui a pour effet d'allumer la led. On appui sur le bouton de la télécommande et la led s'éteint. Le Pic a alors mémorisé le code et ne le perdra plus car il est écrit dans l'EEPROM data du 12F629. Il suffit alors de choisir le mode de fonctionnement de la sortie par la mise en place ou non du cavalier. Il ne faut pas oublier de positionner les 4 bits MSB de la télécommande à 1100, car c'est la réception des 8 bits LSB mémorisés, associés à cette combinaison des 4 bits MSB, qui conditionne l'activation de la sortie. Je reste à la disposition des lecteurs qui le désirent pour de plus amples informations ou conseils concernant cette réalisation, par l'intermédiaire de mes adresses mail.

*daniel.menesplier@enac.fr
daniel.menesplier@free.fr*

D. Menesplier



2 Tracé du circuit imprimé



3 Implantation des éléments

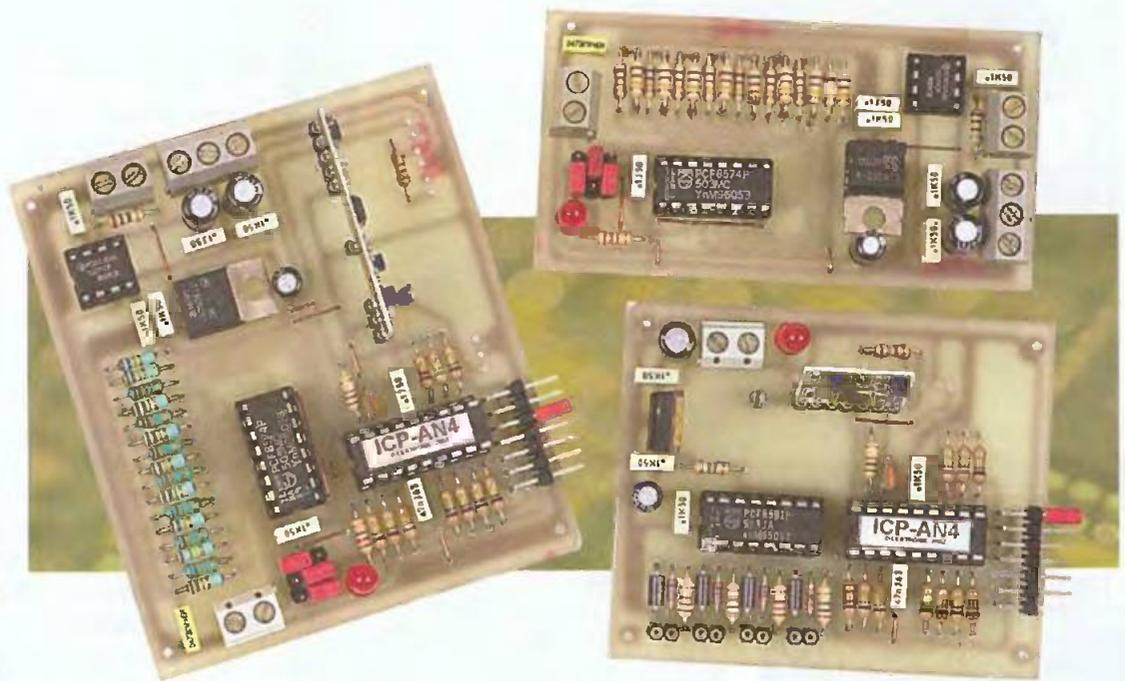
résistance de limitation du courant pour la led. Tout ceci est volontaire, car le 12F629 limite le courant de sortie de ses ports à 25 mA, courant qui ne risque pas de détruire la diode électroluminescente. Sur le port GP2, programmé en entrée et tiré lui aussi au +5 V en interne, on trouve un cavalier. Celui-ci en place forcera l'entrée GP2 au niveau bas, ce qui imposera au programme du Pic à fonctionner en mode monostable. A chaque fois que le bon code est reçu, le relais est collé pendant environ 1/2 seconde, puis revient à son état repos.

Si le cavalier est absent, l'entrée GP2 reçoit un niveau haut, et dans ce cas le mode de fonctionnement est du type bistable. Quand le code est reçu, le relais est collé et reste dans cette position. Dès que le code est reçu de nouveau, le relais revient alors à sa position repos. L'alimentation se fait en 5 V, mais il sera facile de prévoir un régulateur intégré du type 78L05 correctement découplé, pour pouvoir choisir une autre valeur d'alimentation. Une antenne, composée d'un fil d'une longueur d'environ 17 cm, devra être raccordée à la patte 3 du

Nomenclature

- R1 = 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)**
- R2 = 10 kΩ (marron, noir, orange)**
- C1 = 100 nF**
- REL1 = Relais 5 V G5LE OMRON**
- BP1 = Bouton poussoir à souder**
- JP1 = cavalier**
- T1 = 2N2222**
- D1 = diode 1N4148**
- Led1 = diode électroluminescente rouge 3 mm**
- IC1 = module récepteur 432 MHz MIPOT ou similaire**
- IC2 = PIC 12F629**

Transmetteur de données analogiques



Le montage décrit dans les lignes qui suivent autorise la transmission de quatre données analogiques, c'est-à-dire de quatre tensions évoluant entre 0 V et 5 V. Cela permet, par exemple, de recevoir les informations émanant de capteurs quelconques (température, pression, hygrométrie, etc.) à plusieurs dizaines, voire plusieurs centaines de mètres. Cette réalisation offre de nombreuses applications en domotique et en surveillance, pour ne citer que ces deux exemples.

La transmission des données

La transmission d'ordres " Tout ou rien " est une opération aisée à réaliser. *Electronique Pratique* a publié, à maintes reprises, des articles décrivant ce type de montage, comme les télécommandes à plusieurs canaux simultanés ou pas.

La réalisation qui nous intéresse aujourd'hui peut être considérée comme faisant partie de ces systèmes, à la différence près que nous devons transmettre des données analogiques. Lesquelles devront d'abord être converties en données numériques qui pourront alors être envoyées par ondes hertziennes. Cela peut sembler

complexe de prime abord. Cependant, il n'en est rien car tout est géré, aussi bien en émission qu'en réception, par des microcontrôleurs.

Le schéma de principe de notre réalisation, pour la partie émission, est représenté en **figure 1**. Seulement deux circuits intégrés sont utilisés. Le premier, l'ICP-AN4 est un microcontrôleur vendu programmé. C'est, en fait, un micro de la famille des PIC dont le brochage est donné en **figure 2**. La fonction de chacune de ses broches est donnée ci-dessous :

- SCL : horloge du bus I2C™
- SDA : données du bus I2C™
- RAZ : entrée initialisation
- OSC : entrée de l'oscillateur interne

- S In/Out : en codeur, sortie du codage PCM

- V.EM : en codeur, sortie de validation qui active la partie HF de l'émetteur

- S In/Out : en décodeur, entrée du codage PCM

- V.EM : mode mémorisation

- E/R : entrée de sélection ; E/R=0

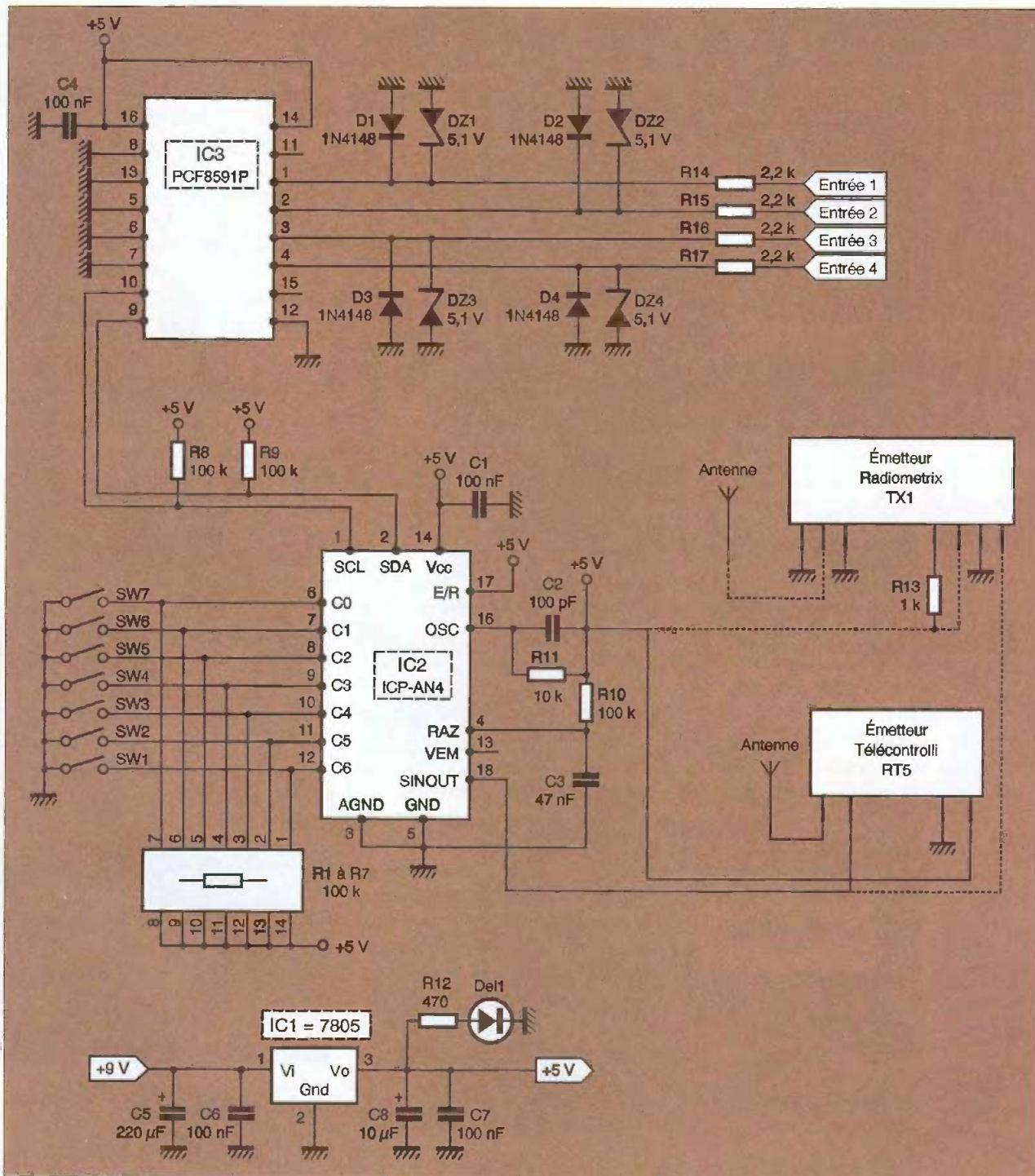
- décodeur, E/R=1 → codeur

- C0 à C6 : sélection du codage externe sur 7 bits

- VCC : broche d'alimentation + 5Vcc

- GND : broche de masse

On comprend donc que ce microcontrôleur gère toutes les opérations, tant au niveau de la communication avec le convertisseur que de l'envoi des données au récepteur. Une transmission de

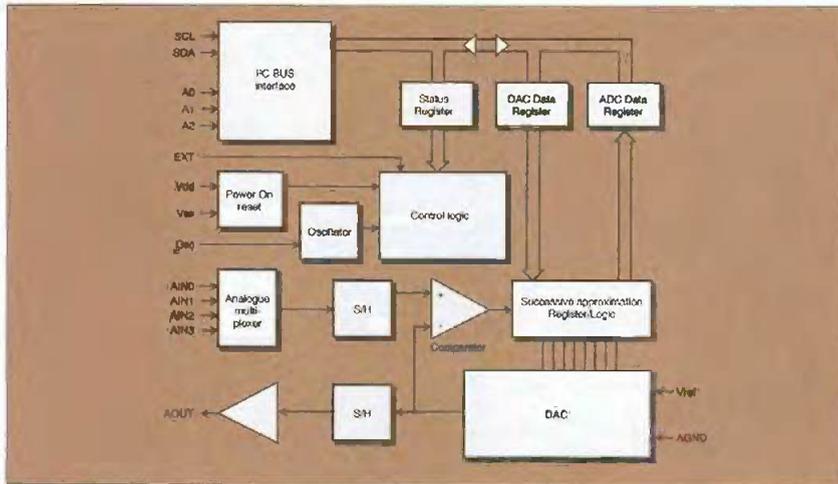


1 Schéma de principe de la platine émission

données débute par l'envoi d'une trame de synchronisation, puis de la valeur du codage préprogrammé à la fabrication (code 1), la valeur du codage paramétré par les sept commutateurs externes (code 2) et enfin, les quatre valeurs des entrées analogiques (V1 à V4). La transmission s'effectue en PCM. C'est une transmission de données sous forme de largeurs d'impulsions

calibrées. Afin de transmettre des valeurs analogiques par ce moyen, il faut, bien sûr, opérer une conversion de ces valeurs en données numériques. C'est un circuit intégré réalisé en technologie CMOS qui peut fonctionner sous une tension comprise entre 2,5 V et 6 V. Il peut aussi bien fonctionner en convertisseur A/D que D/A. Il possède une résolution de huit bits et

fonctionne selon le procédé des approximations successives. Sa particularité est d'être adressable au moyen d'un bus I2C™. L'adressage est activé par l'envoi d'une adresse valide au circuit. Le premier octet reçu par le circuit et qui réalise cet adressage se compose de trois parties :
 - une partie fixe, D4 à D7



3 Structure Interne du PCF8591

- trois bits programmables pour l'adresse, D1 à D3
- un bit de lecture/écriture qui fixe le sens du transfert.

Le second octet qui est envoyé sur le bus est stocké dans le registre de contrôle du PCF8591. Les quatre bits de poids fort (MSB) de cet octet contrôlent, d'une part, la validation de la sortie (D6) et, d'autre part, la configuration des entrées analogiques, soit en entrées simples, soit en entrées différentielles (D4 et D5). Les quatre bits de poids faible permettent de sélectionner le canal d'entrée (D0 et D1). Le bit D2 permet de mettre en ou hors fonction l'auto-incrémentation qui incrémente le numéro de l'entrée après chaque conversion.

L'envoi de la demande d'une lecture débute un cycle de conversion analogique/numérique. C'est sur le flanc

montant du signal d'acquiescement que démarre le cycle. C'est également sur ce flanc qu'un échantillon de la tension à mesurer est stocké et converti en un octet, octet qui est ensuite gardé dans le registre de données afin d'attendre sa transmission.

Toutes ces opérations, bien que relativement complexes, sont entièrement transparentes pour l'utilisateur puisque c'est le microcontrôleur qui gère le dialogue.

Afin de protéger les quatre entrées du convertisseur analogique/numérique PCF8591, nous avons jugé préférable d'y placer en série des résistances et des diodes zéners limitant les tensions d'entrées à + 5 V. D'autre part, des diodes 1N4148 permettent de bloquer les entrées dans le cas où des tensions négatives y seraient appliquées.

Sept commutateurs miniatures sont connectés aux entrées de codage de l'ICP-AN4. Ils permettent de définir un code personnel qui est envoyé à la platine de réception. Le même code doit évidemment être programmé sur celle-ci. Cela permet l'utilisation de plusieurs systèmes, sans interaction de l'un sur l'autre.

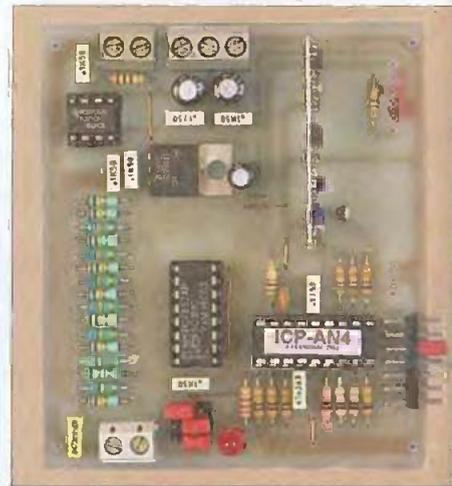
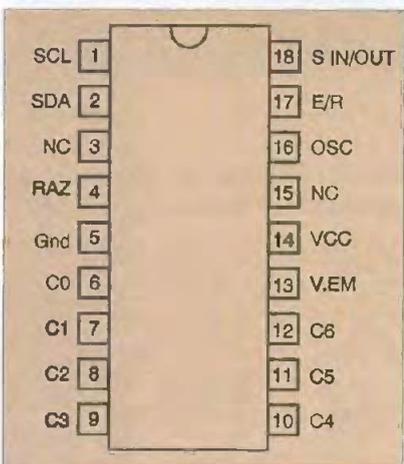
Lorsque les conversions sont terminées, le microcontrôleur les reçoit et les transmet par sa broche 18 (S IN/OUT). Celle-ci est connectée à l'entrée d'un émetteur HF de type hybride. Nous avons laissé le choix à l'utilisateur : soit employer des modules émission/réception dans la bande 433 MHz qui offrent une portée assez réduite (quelques dizaines de mètres avec de bonnes

antennes), soit utiliser des modules dans la bande 150 MHz. Dans ce cas, avec des antennes de bonne qualité, une portée de quelques centaines de mètres peut être atteinte. Bien sûr, le prix de ces derniers est nettement supérieur, mais tout dépend de ce que l'on attend et de l'application envisagée. Nous donnons en fin d'article les brochages des deux modèles (émetteurs et récepteurs). La platine est alimentée sous une tension de 9 Vcc stabilisée par un régulateur de tension 7805.

La réception des données

Le schéma de principe de la platine de réception est représenté en **figure 4**. On retrouve l'ICP-AN4 configuré en décodeur. Un récepteur de type hybride reçoit les données, qui sont le reflet des tensions mesurées, et les transmet au microcontrôleur.

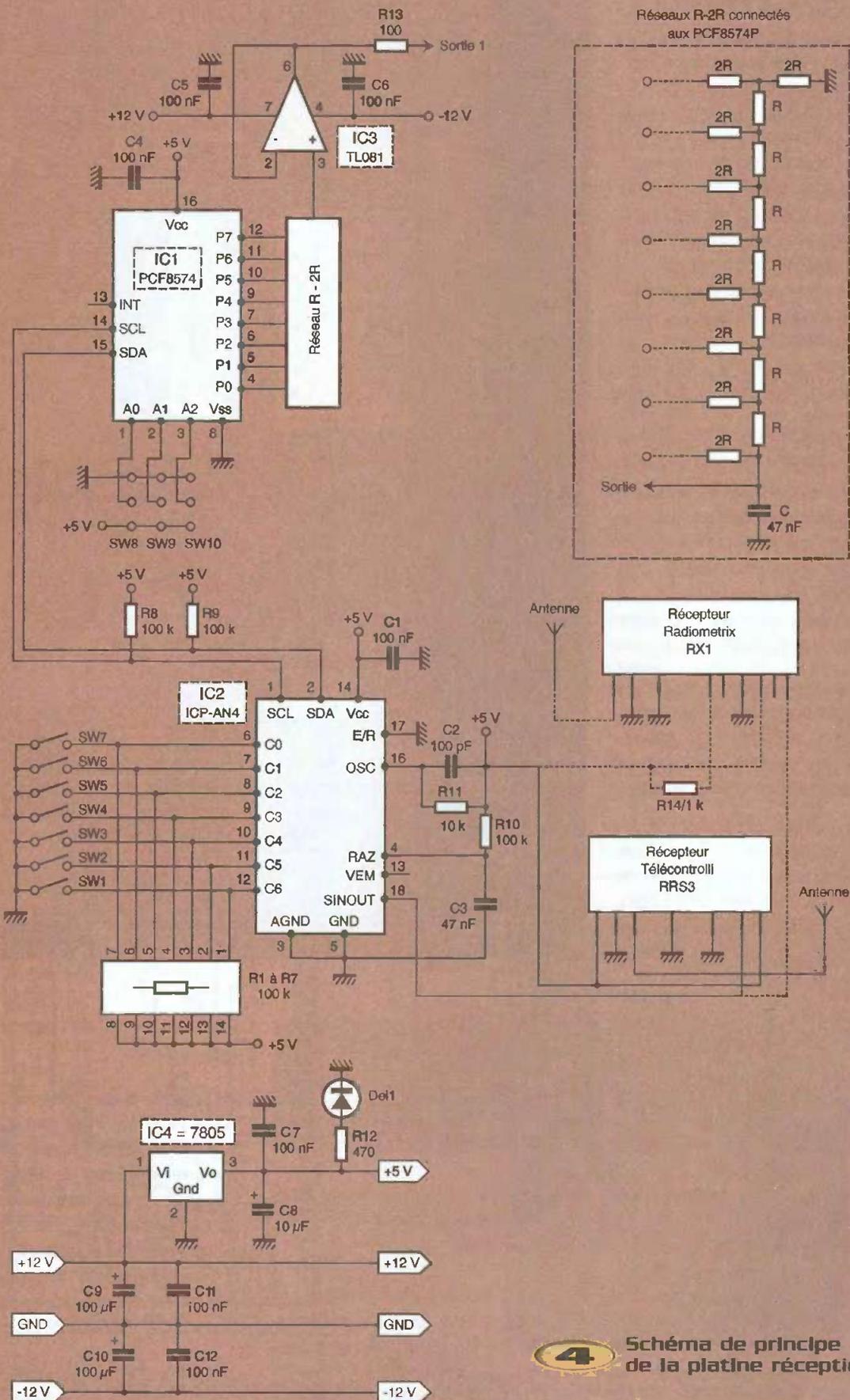
2 Brochage du ICP-AN4



La platine réception

Un circuit intégré de type PCF8574P est associé à l'ICP-AN4. C'est lui qui est chargé de convertir les données reçues en une valeur analogique. Un circuit par voie analogique est nécessaire. C'est dans ce but, et selon les besoins, que trois autres platines doivent être réalisées afin de pouvoir décoder les informations des quatre voies. Le schéma de ces platines additionnelles est donné en **figure 5**.

Le PCF8574P est un octuple port bidirectionnel 8 bits. Il communique, comme le PCF8591, au moyen d'un bus I2C™. Sa tension d'alimentation peut varier entre 2,5 V et 6 V et consom-



4 Schéma de principe de la platine réception

me un très faible courant en mode stand-by (10 μ A maximum). Il convertit les données du bus I2C™ en huit bits parallèles. Il possède une broche d'interruption que nous n'utiliserons pas ici, mais qu'il est utile de signaler. En effet, cette ligne peut être connectée à celle du microcontrôleur qui le pilote et le circuit signale ainsi que les données sont arrivées sans avoir à communiquer par le bus. Les sorties peuvent débiter un courant relativement important qui peut alimenter des led. Lorsque le circuit ICP-AN4, configuré en décodeur, reçoit les données envoyées par le récepteur HF, il les transmet aux circuits PCF8574P. Ceux-ci, selon l'adresse programmée sur leurs broches A0, A1 et A2 (respectivement broches 1, 2 et 3), reçoivent la donnée qui leur est destinée. Le tableau donné ci-dessous indique la configuration des trois commutateurs pour les quatre circuits (voir tableau 1) :

Sur les huit sorties de chacun des quatre circuits, nous retrouvons alors l'équivalent binaire des tensions analogiques converties par le PCF8591.

Malheureusement pour nous, le PCF8574P ne possède pas de convertisseur numérique/analogique intégré. Nous devons donc nous-mêmes convertir ces données en une tension.

Rien de plus simple puisqu'il suffit d'utiliser des réseaux R-2R. La seule contrainte imposée par cette façon de procéder est que les résistances composant ces réseaux doivent être à faible tolérance si l'on souhaite des résultats

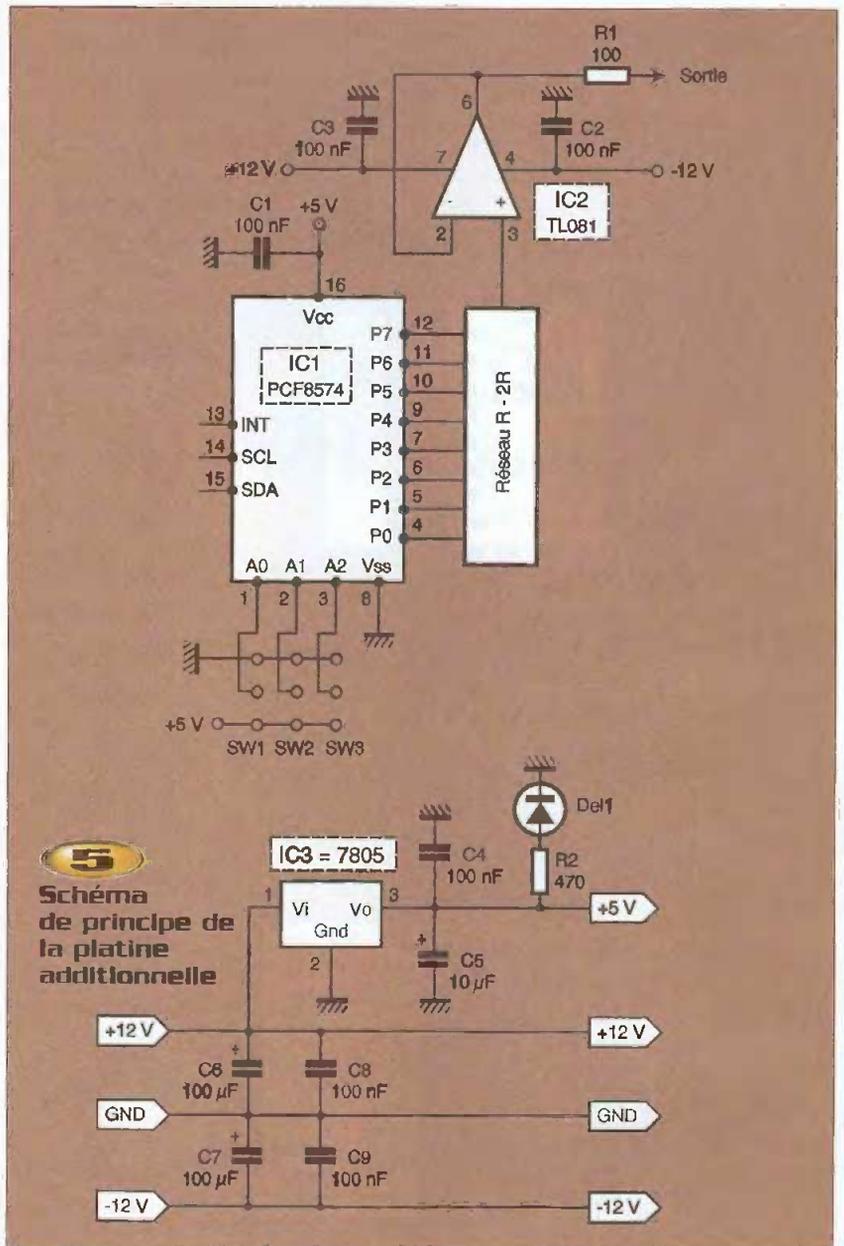


Tableau 1

| Voie 1 | Voie 2 | Voie 3 | Voie 4 |
|--------|--------|--------|--------|
| A0 | masse | +5 V | masse |
| A1 | masse | masse | +5 V |
| A2 | +5 V | +5 V | +5 V |

aussi fidèles que possible. Le dessin donné en **figure 4** représente un tel réseau connecté aux broches du PCF8574P. Dans une certaine mesure, la valeur des résistances importe peu, mais la résistance 2R doit être le plus exactement possible le double de la résistance R. Dans le cas où seule une approximation est nécessaire, nous pourrions nous contenter de résistances

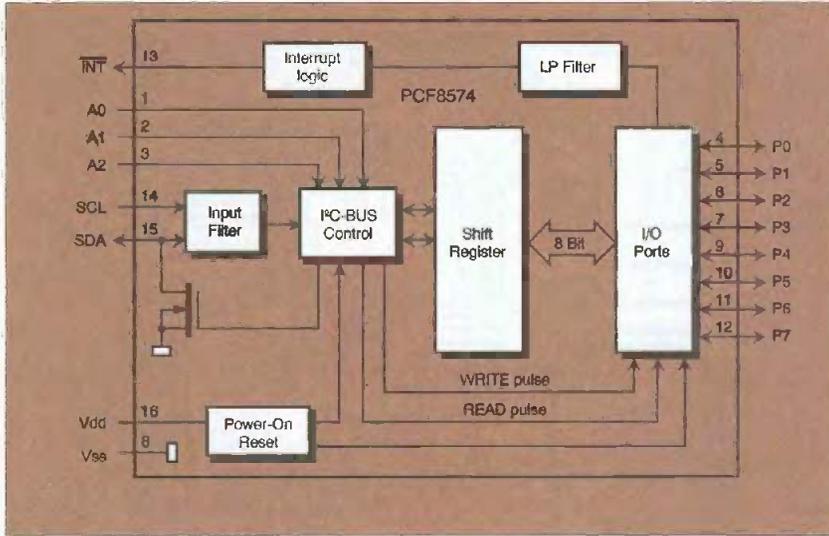
à tolérance de 5 %, mais convenablement appariées au moyen d'un ohmmètre de précision.

Dans ces conditions, et bien sûr en théorie, la tension de sortie disponible sera de 5 V si tous les bits sont positionnés à 1. La résolution d'un convertisseur 8 bits étant de 5 (V)/256 (pas), soit 0,0195 V (pour une tension de référen-

ce de +5 V), on obtient les résultats suivants (tableau 2) :

Le courant disponible en sortie du réseau R-2R étant trop faible, il convient d'utiliser un amplificateur opérationnel configuré en suiveur de tension afin de l'amplifier et de disposer d'une impédance de sortie faible qui permet de connecter cette sortie à n'importe quel système. Une résistance de faible valeur (100 ohms) évite sa destruction en cas de court-circuit permanent sur sa sortie.

La platine principale, ainsi que les secondaires s'il y a lieu, doivent être alimentées sous des tensions symétriques



6 Structure interne du PCF8574

Tableau 2

| |
|--|
| bit D0=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,0195$ V |
| bit D1=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,0390$ V |
| bit D2=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,0781$ V |
| bit D3=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,1562$ V |
| bit D4=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,3125$ V |
| bit D5=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 0,625$ V |
| bit D6=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 1,25$ V |
| bit D7=1 (tous les autre à 0), sortie du réseau $\pm 2,5$ V |

de +12 V et - 12 V (minimum de + 9 V et - 9 V). Les circuits intégrés, mis à part l'amplificateur opérationnel, nécessitant

une tension de + 5 V, un régulateur 7805 est alimenté par la ligne positive et génère cette tension.

La réalisation

Les platines émission et réception doivent, bien évidemment, obligatoirement être réalisées. Ces deux seuls circuits sont suffisants si l'on ne désire qu'une seule voie de mesure.

Nous avons délibérément choisi de réaliser une troisième platine pour chaque voie supplémentaire qui serait utile.

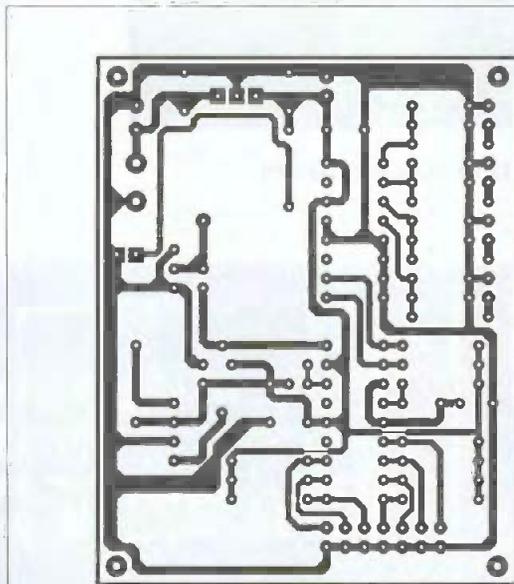
Nous trouvons donc, respectivement, les dessins et les schémas d'implantation des circuits imprimés :

- en figures 7 et 8 pour la platine émission

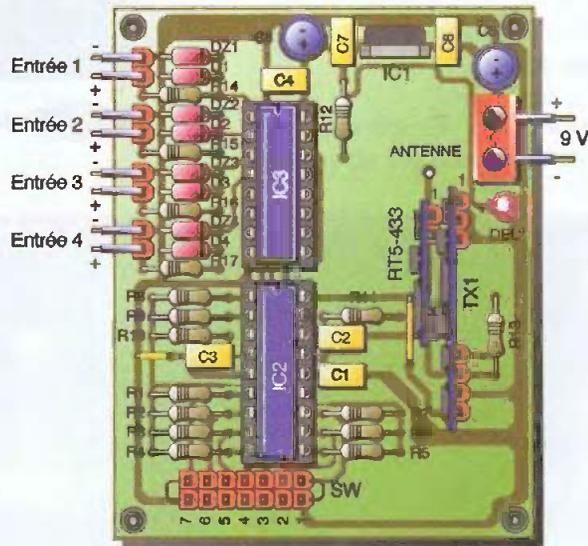
- en figures 9 et 10 pour la platine réception

- en figures 11 et 12 pour la (ou les) platine(s) supplémentaire(s)

Le câblage ne pose pas de problème particulier. Quelques straps sont à implanter sur chaque platine. Les circuits intégrés seront, de préférence, positionnés dans des supports. Les entrées et sorties s'effectuent sur des borniers à vis, sauf pour les entrées des tensions à mesurer qui sont des picots. Les résistances du réseau R-2R, sur la platine réception, ont été choisies respectivement d'une valeur de 75 k Ω et 150 k Ω . Sur la platine supplémentaire, elles possèdent toutes une valeur de 120 k Ω afin de montrer une autre possi-



7 Tracé du circuit imprimé



8 Implantation des éléments

bilité de câblage. Pour les résistances R, une seconde résistance a été soudée, comme le montre l'une des photographies illustrant le présent article.

Cette solution peut également être adoptée sur la platine réception, mais toujours en appariant des résistances à 5 % de tolérance ou en choisissant des résistances à 1 % ou moins.

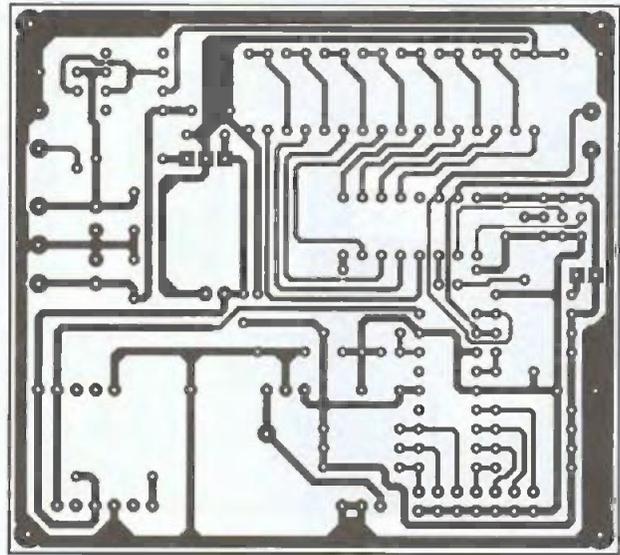
Il est inutile de fixer les régulateurs de tension sur des dissipateurs thermiques étant donné le faible courant consommé.

Le câblage des différentes platines étant achevé, on procède à une minutieuse vérification des soudures. On veille également à ce qu'aucun court-circuit n'existe entre deux pistes voisines. La même vérification est à effectuer pour les microcoupures qui peuvent se produire lors de la gravure dans le bain d'acide.

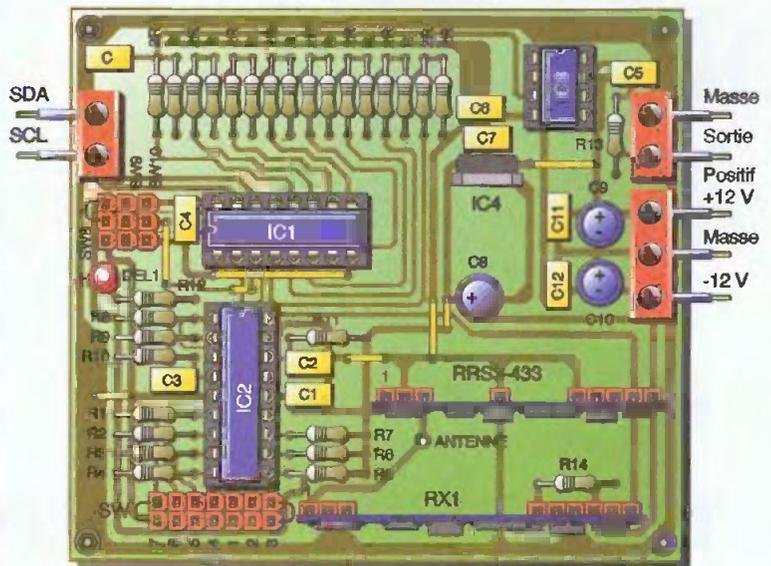
Les essais

Après avoir correctement positionné les commutateurs de codage sur les platines émission et réception, et sans avoir inséré les circuits intégrés dans leurs supports, on alimente les deux montages et l'on vérifie que le + 5 V est bien présent. Après avoir coupé l'alimentation, on positionne les circuits intégrés sur les cartes et on alimente à nouveau celles-ci.

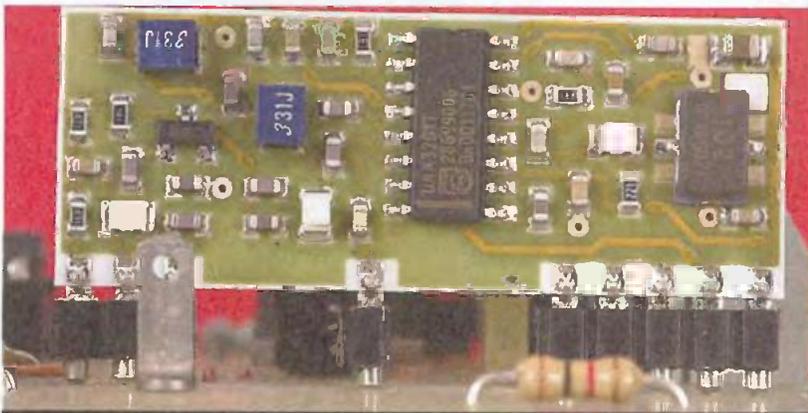
Au moyen d'un oscilloscope, on constate la présence des signaux en



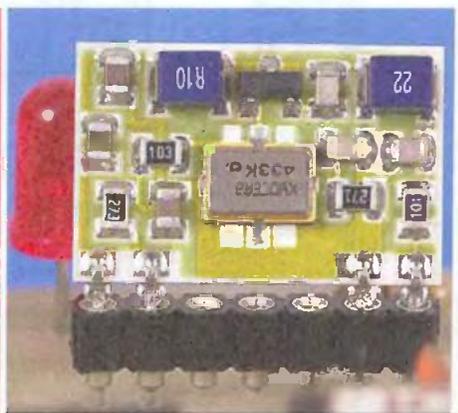
9 Tracé du circuit imprimé



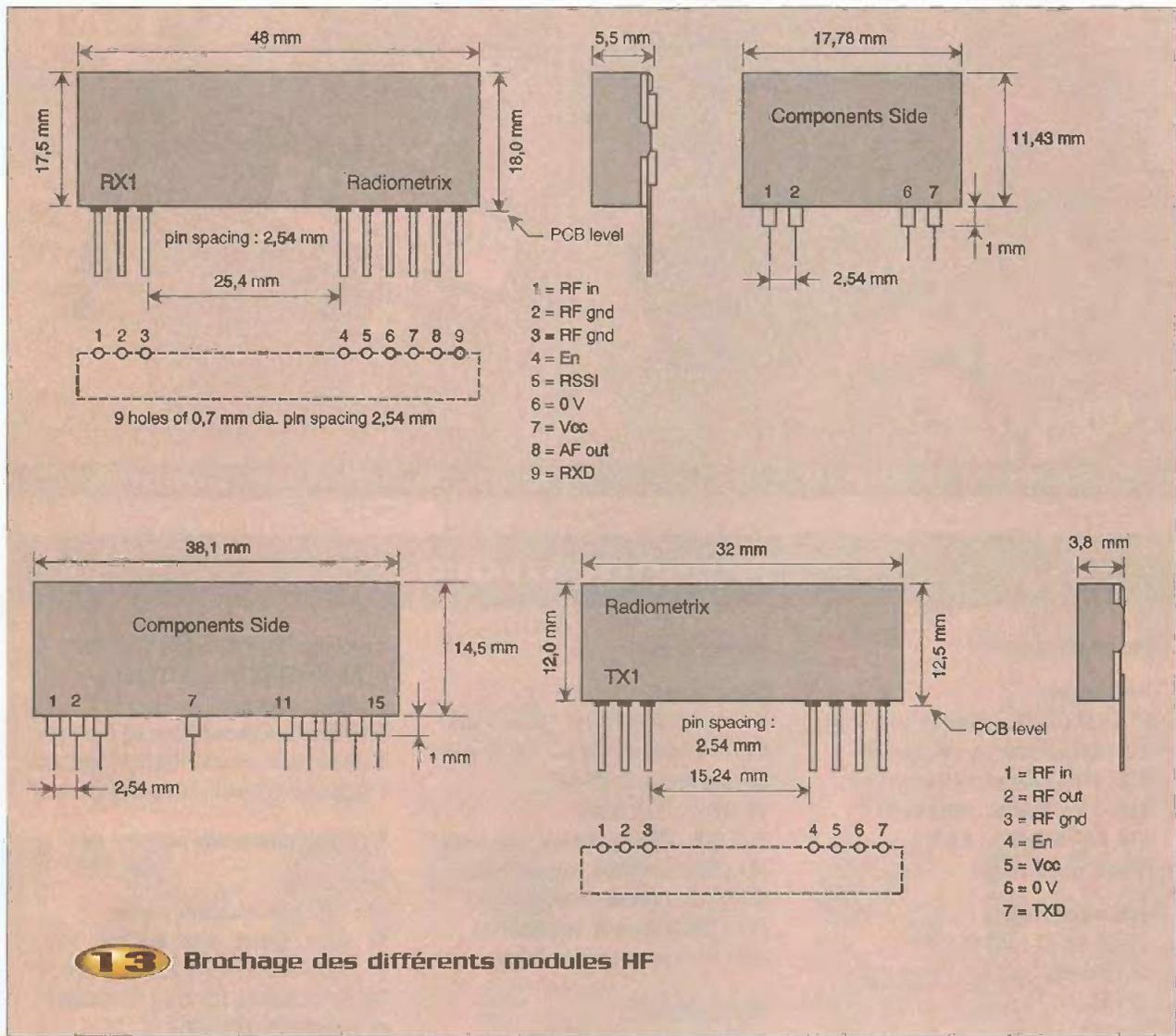
10 Implantation des éléments



Présentation du module HF de réception



La section d'émission

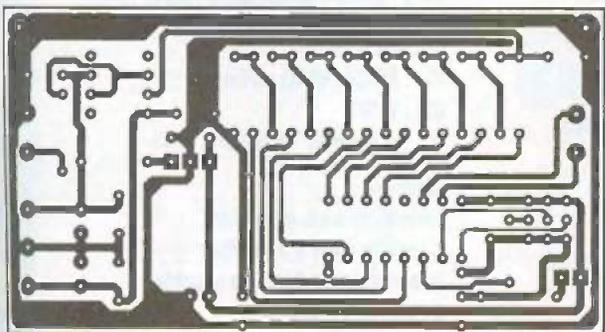


broche 18 des deux ICP-AN4. Cela prouve que les signaux sont correctement émis et reçus. Le reste n'est alors qu'une formalité

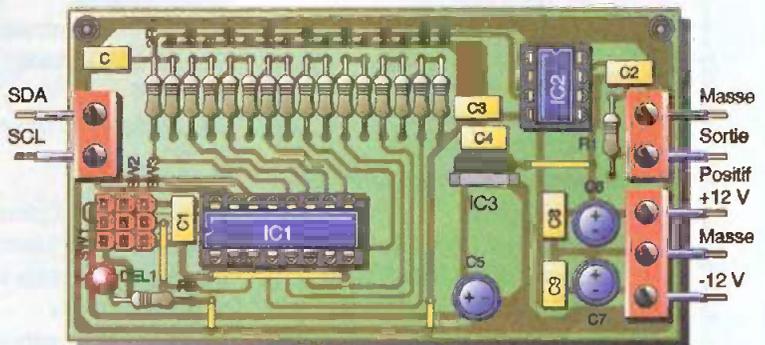
puisque'il n'y a aucun réglage à effectuer. On testera la voie 1 en injectant une tension de + 2,5 V dans l'entrée concernée, tension que l'on doit mesurer en

sortie de l'amplificateur opérationnel de la platine de réception.

P. OGUIC
Patrice.oguic@tiscali.fr



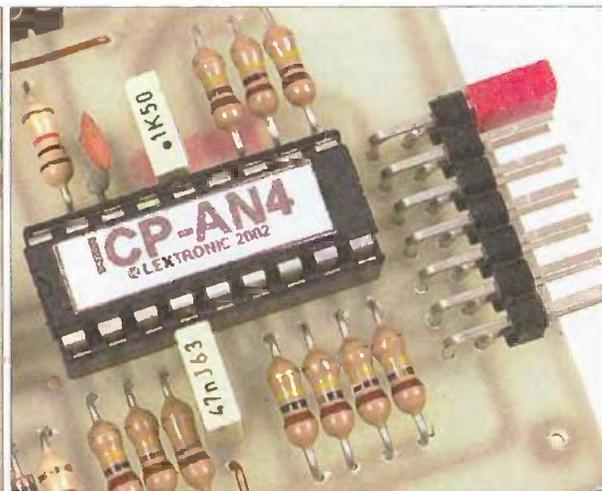
11 Tracé du circuit imprimé



12 Implantation des éléments



Présence de quelques straps de liaisons



Le microcontrôleur déjà programmé

Nomenclature

Platine émission

Résistances :

- R1 à R10 : 100 k Ω (marron, noir, jaune)
- R11 : 10 k Ω (marron, noir, orange)
- R12 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R13 : 1 k Ω (marron, noir, rouge)
- R14, R15, R16, R17 : 2,2 k Ω (rouge, rouge, rouge)

Condensateurs :

- C1, C4, C6, C7 : 100 nF
- C2 : 100 pF
- C3 : 47 nF
- C5 : 220 μ F 25 V
- C8 : 10 μ F 25 V

Semi-conducteurs :

- D1, D2, D3, D4 : 1N4148
- DZ1, DZ2, DZ3, DZ4 : zéner 5,1 V
- DEL1 : diode électroluminescente rouge

Circuits intégrés :

- IC1 : régulateur de tension 7805
- IC2 : ICP-AN4 (LEXTRONIC)
- IC3 : PCF8591P (LEXTRONIC)

Divers :

- 8 picots à souder
- 1 bornier à vis à 2 points
- 7 morceaux de barrette sécable de picots à 2 points
- cavaliers de type informatique
- 1 émetteur TELECONTROLLI RT5-433 ou RADIOMETRIX TX1 (LEXTRONIC)
- 1 antenne accordée
- 1 support pour circuit intégré 16 broches
- 1 support pour circuit intégré 18 broches

Platine réception

Résistances :

- R : 7 résistances 75 k Ω 1 % ou mieux
- 2R : 9 résistances 150 k Ω 1 % ou mieux ou résistances de 120 k Ω ou 150 k Ω (voir texte)
- R1 à R10 : 100 k Ω (marron, noir, jaune)
- R11 : 10 k Ω (marron, noir, orange)
- R12 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R13 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R14 : 1 k Ω (marron, noir, rouge)

Condensateurs :

- C, C3 : 47 nF
- C1, C4, C5, C6, C7, C11, C12 : 100 nF
- C2 : 100 pF
- C8 : 10 μ F 25 V
- C9, C10 : 100 μ F 25 V

Semi-conducteurs :

- DEL1 : diode électroluminescente rouge

Circuits intégrés :

- IC1 : PCF8574P (Lextronic)
- IC2 : ICP-AN4 (Lextronic)
- IC3 : TL081
- IC4 : régulateur de tension 7805

Divers :

- 2 borniers à vis à 2 points
- 1 bornier à vis à 3 points
- 7 morceaux de barrette sécable de picots à 2 points
- 3 morceaux de barrette sécable de picots à 3 points
- cavaliers de type informatique

- 1 récepteur TELECONTROLLI RRS3-433 ou RADIOMETRIX RX1 (LEXTRONIC)

- 1 antenne accordée
- 1 support pour circuit intégré 8 broches
- 1 support pour circuit intégré 16 broches
- 1 support pour circuit intégré 18 broches

Platine supplémentaire pour une voie

Résistances :

- R1 : 100 Ω (marron, noir, marron)
- R2 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
- R : 7 résistances 75 k Ω 1 % ou mieux
- 2R : 9 résistances 150 k Ω 1 % ou mieux ou résistances de 120 k Ω ou 150 k Ω (voir texte)

Condensateurs :

- C : 47 nF (facultatif)
- C1, C2, C3, C4, C8, C9 : 100 nF
- C5 : 10 μ F 25 V
- C6, C7 : 100 μ F 25 V

Semi-conducteurs :

- DEL1 : diode électroluminescente rouge

Circuits intégrés :

- IC1 : PCF8574P (Lextronic)
- IC2 : TL081
- IC3 : régulateur de tension 7805

Divers :

- 2 borniers à vis à 2 points
- 1 bornier à vis à 3 points
- 3 morceaux de barrette sécable de picots à 3 points
- cavaliers de type informatique
- 1 support pour circuit intégré 8 broches
- 1 support pour circuit intégré 16 broches

Adaptateur logique pour générateur BF



De nombreux générateurs BF n'ont pas de sortie adaptée à des circuits logiques. Le module très simple que nous vous proposons permet d'obtenir des signaux logiques à partir d'un signal quelconque (sinus, triangle, carré ou autre). Il permet aussi de régler la largeur de l'impulsion en jouant seulement sur l'amplitude de la tension fournie par le générateur.

Si nous précisons qu'il se place simplement en série avec le cordon de liaison au générateur et que sa pile bouton peut durer plusieurs années, vous devriez avoir envie d'en savoir un peu plus...

En effet, un certain nombre de générateurs commerciaux fournissent seulement des signaux sinusoïdaux. Une sortie "signal carré" est quelquefois disponible mais il arrive qu'elle donne une tension symétrique par rapport à la masse. Dans ces deux cas il n'est pas possible de travailler sur des portes logiques. L'auteur a été confronté à ce problème et s'est fabriqué l'accessoire adéquat qui devrait intéresser nombre de lecteurs.

Principe de fonctionnement

Ce principe est résumé par le schéma fonctionnel de la **figure 1**. L'entrée doit pouvoir être attaquée

par des signaux d'amplitude à peu près quelconque. Il est donc nécessaire de prévoir une protection en cas de tension excessive, qu'elle soit positive ou négative. C'est le rôle du premier bloc.

Il est suivi par un second bloc qui assure la mise en forme du signal à l'aide d'un circuit de type trigger. L'alimentation se fait à l'aide d'une pile bouton, aucun interrupteur n'étant prévu car la consommation est quasiment nulle en l'absence d'un signal.

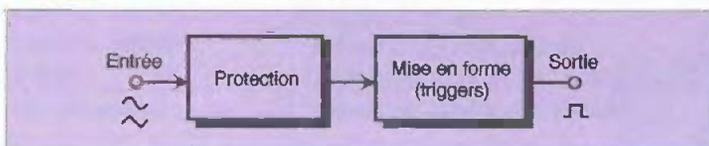
Schéma de principe

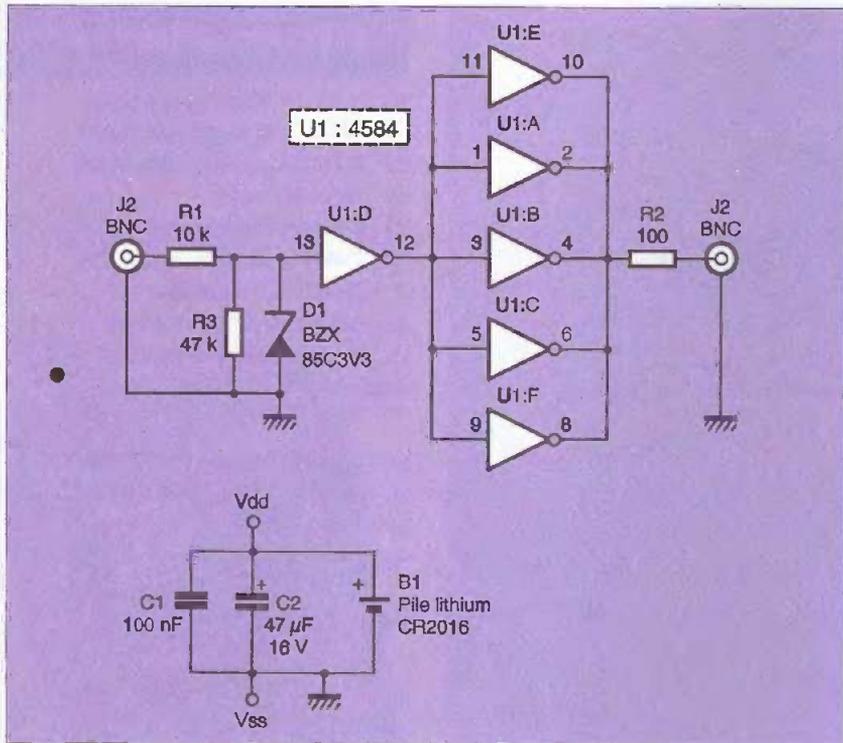
Vous trouverez celui-ci en **figure 2** et pourrez constater qu'il est parti-

culièrement simple. Le cœur du montage est un circuit CMOS de la série 4000 qui contient 6 inverseurs qui sont en même temps des triggers. Ils sont câblés de façon à ce que l'entrée et la sortie soient en phase. Deux portes auraient été suffisantes pour ceci, mais nous avons choisi de mettre les inverseurs restants en parallèle afin que la sortie puisse fournir un courant un peu plus important, sans détérioration du signal.

La protection de l'entrée est assurée par R1 et D1. Lorsque la tension devient supérieure à la tension zéner de D1, celle-ci conduit. Nous l'avons choisie de façon à ce qu'il n'y ait jamais plus que la tension d'alimentation sur l'entrée

Schéma fonctionnel





2 Schéma de principe

de U1D. Lorsque le signal d'entrée devient négatif, D1 se comporte alors comme une diode ordinaire conduisant dans son sens direct, limitant la tension à $-0,6$ V.

La résistance R3 permet de ne pas avoir

l'entrée "en l'air" lorsque le module n'est pas connecté à un générateur.

L'alimentation se fait à l'aide d'une pile bouton au lithium dont la tension nominale est de 3 volts. Elle permet d'obtenir sur la sortie des signaux logiques dont le

niveau est d'un peu plus de 3 volts, ce qui est suffisant pour commander des circuits logiques alimentés classiquement en 5 volts.

Pour en terminer avec l'alimentation, nous avons constaté sur nos prototypes une consommation très inférieure à 1 microampère en l'absence de signal d'entrée (elle augmente bien entendu en présence d'un signal). Avec une pile standard dont la capacité est de l'ordre de 50 mA/H, ceci assure une autonomie de 50000 heures, soit plus de 5 ans. Conclusion: si l'on n'utilise pas l'adaptateur, la durée de vie de la pile est sensiblement la même que si elle restait dans son emballage... Il n'y a consommation qu'en présence d'un signal sur l'entrée. C'est ce qui explique notre choix de ne pas prévoir d'interrupteur.

Le circuit est tellement simple que nous en avons déjà fait le tour.

Réalisation (figures 3 et 4)

Le circuit imprimé est assez simple et aéré, ce qui permet d'envisager sereinement n'importe quel mode de réalisation: gravure directe, photogravure, plaques pastillées genre Veroboard, et même, pourquoi pas, un câblage volant sans circuit imprimé.

Nous avons préconisé en entrée et en sortie des embases BNC car nous travaillons habituellement avec ce genre de cordons. Vous pouvez bien entendu utiliser n'importe quels autres connecteurs sans aucun problème.

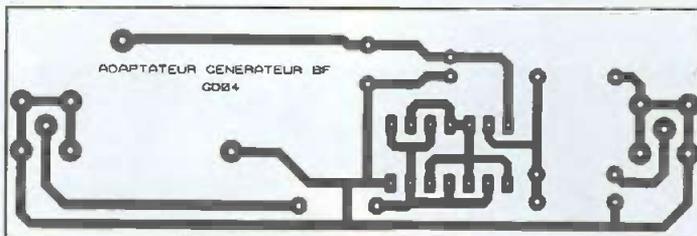
Pour l'alimentation nous avons choisi un support pour une pile bouton CR2016. Selon votre approvisionnement, vous devrez peut-être adapter le tracé du circuit à ce niveau.

Pour le câblage, commencez comme toujours par les composants les moins épais pour terminer par les plus épais et soyez attentif au sens de D1 et C2.

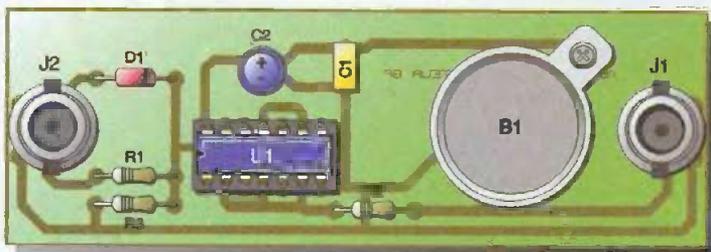
Essais

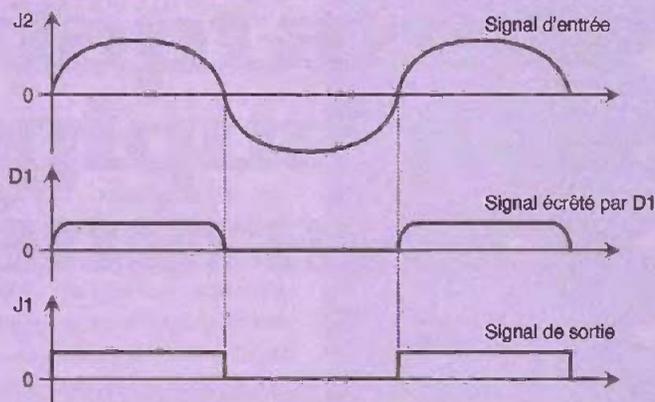
Mettez en place la pile. Le circuit doit fonctionner dès le premier essai. En absence de signal d'entrée, la sortie doit être à zéro volt. Si vous appliquez sur l'entrée un signal sinusoïdal (ou autre !)

3 Tracé du circuit imprimé

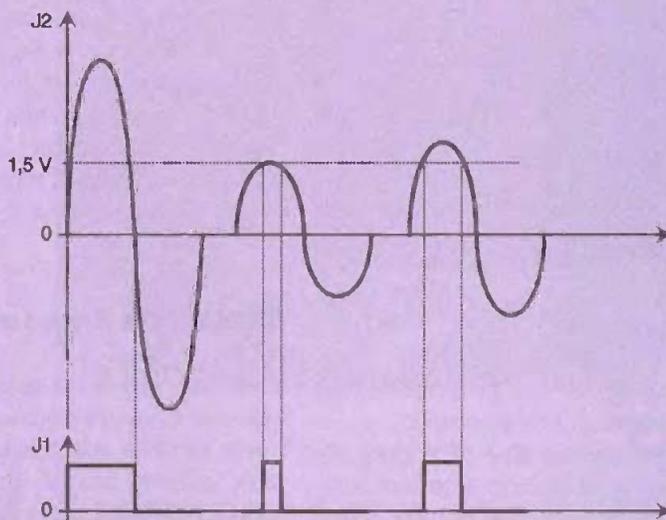


4 Implantation des éléments





5 Chronogrammes



6 La largeur d'impulsion varie avec l'amplitude de l'entrée

de fréquence quelconque, la sortie doit donner un signal rectangulaire de même fréquence dont le niveau haut doit correspondre à la tension de la pile.

Utilisation en générateur d'impulsions

Si vous possédez un oscilloscope, vous pourrez constater qu'en attaquant l'entrée avec un sinus ou un triangle symétrique par rapport à la masse et en faisant varier l'amplitude de ce signal, vous pouvez faire varier la largeur de la partie haute du signal rectangulaire généré. Exprimé sous une autre forme, vous êtes maître du rapport cyclique du signal. Celui-ci est réglable entre 5 à 10 % pour un signal de faible amplitude et 50 % pour un signal de grande amplitude. Ceci est illustré par la **figure 6**. Si le signal d'entrée est entièrement au-

dessus du zéro, il est possible de régler le rapport cyclique au-dessus de 50 %. Cette fonctionnalité existe rarement sur

Nomenclature

R1 : 10 k Ω 1/4 W marron, noir, orange
 R2 : 100 Ω 1/4 W marron, noir, marron
 R3 : 47 k Ω 1/4 W jaune, violet, orange
 C1 : 100 nF/63 V mylar
 C2 : 47 μ F/16 V chimique
 U1 : CD4584 ou MC14584 ou CD40106
 D1 : BZX85C3V3 ou BZX55C3V3
 B1 : PILE lithium CR2016 et support
 J1, J2 : embase BNC pour circuit imprimé

les générateurs commerciaux basiques et notre montage comble efficacement cette lacune des très basses fréquences jusqu'à près d'un mégahertz.

Pour terminer

Vous pouvez faire évoluer ce module pour fournir des signaux de plus grande amplitude. Les piles lithium peuvent s'empiler les unes sur les autres, il suffit donc d'en mettre une seconde pour avoir des créneaux de 6 volts. Il faudra alors impérativement changer la diode zéner de protection D1 par un modèle 6,2 volts.

Cet accessoire est sans aucun doute l'un des plus simples que nous ayons eu à étudier. Après quelques mois d'expérimentation, nous ne pouvons que constater que cette simplicité va de pair avec une grande efficacité. A vous d'essayer !

G. DURAND



La pile 3V lithium CR2016 sur son support