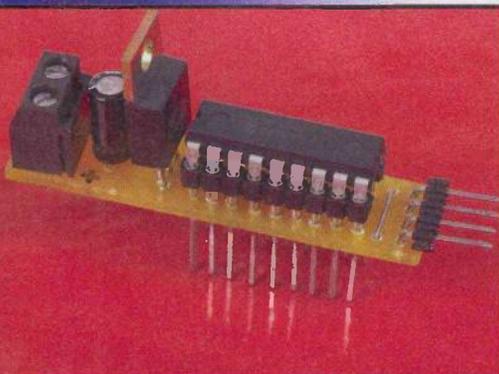
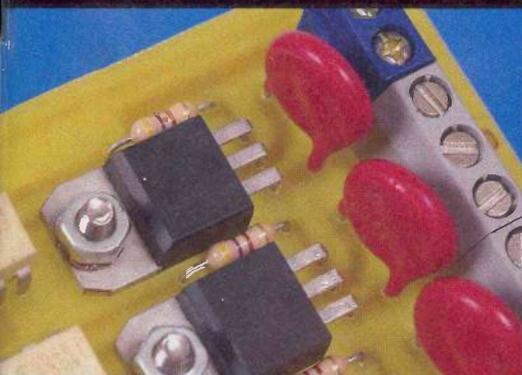


EFFETS
SPÉCIAUXavec chambre
d'écho
numérique

Découvrir le PIC 16 F 88



RETROUVEZ AUSSI :

▷ PROTON + :
un super
compilateur
basic
pour PIC

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 - 292 - F: 4,50 €



SOMMAIRE

ELECTRONIQUE PRATIQUE

Fondateur : Jean-Pierre VENTILLARD

N° 292 - MARS 2005

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 BOUTEVILLE SANDERS

Photos :

Isabelle GARRIGOU

Avec la participation de : Ph. André, P. Gueulle, G. Isabel, R. Knoerr, E. Lemery, J-P. Mandon, P. Mayeux, Y. Mergy, P. Morin, P. Oguic, A. Reboux, D. Rey, G. Samblancat

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

Tél. : 01.44.84.84.54

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

PUBLICITÉ : Caroline DARSY

2 à 12, rue de Bellevue - 75019 Paris

Tél. : 01 44 84 88 26

Fax : 01 44 84 88 18

E Mail : caroline.darsy@wanadoo.fr

ABONNEMENTS/VPC :

18-24, quai de la Marne - 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 : 5,00 €.

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 : 8155 rue Larrey, Anjou (QC) H1J2L5

Téléphone : (514) 355-3333

Sans frais : 1 800 363-1310

Fax : (514) 355-3332.

Courriel : expsmag@expressmag.com

Internet : www.expressmag.com

Le tarif d'abonnement annuel pour les USA et le Canada

est de 53,90 €.

I.S.S.N. 0243 4911

N° Commission paritaire : 0909 T 85322

Distribution : Transport Presse

Imprimé en France/Printed in France

Imprimerie : SIEP/Bois le Roi - 77590

DEPOT LEGAL MARS 2005

Copyright © 2005 - TRANSOCEANIC

« Ce numéro
a été tiré à 36 500
exemplaires »

Infos/Nouveautés Opportunités

4

8

Internet pratique

Initiation

10

Évolution des microcontrôleurs :
présentation de la série 18

16

Pratiquez la logique séquentielle

22

Les convertisseurs

30

PROTON+ : super compilateur basic pour PIC

74

Potentiomètres pseudo-logarithmiques

Réalisez vous-même

36

Chambre d'écho numérique

42

Avertisseur de position GPS

48

Pilotez via internet : trois sorties sur triacs

54

Testeur de reflexes

60

Simulateur d'aube à PIC

64

Découvrir le PIC 16 F 88

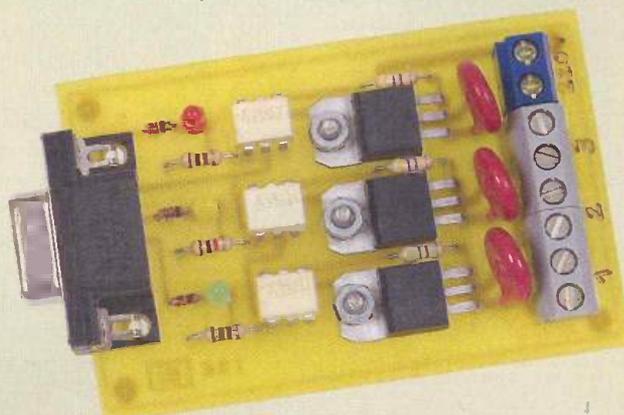
70

Transmission de tension sans contact

Divers

28

Rencontre robotique à Vénissieux



LE PROCHAIN NUMÉRO D'ÉLECTRONIQUE PRATIQUE
SERA EN MOSQUE LE 4 AVRIL 2005

Le Mondial de la maquette et du Modèle réduit.

Du 23 avril au 1^{er} mai 2005 à Paris



1^{er} événement national « indoor », sur 30 000 m² d'exposition et 8 000 m² d'animation, le Mondial de la Maquette et du Modèle Réduit et le salon des Jeux offrent cette année aux visiteurs un festival de surprises non-stop !

Ouvert à tous, passionnés, amateurs et professionnels le rendez-vous annuel de la maquette et du modèle réduit se développe en 2005 et se tourne vers les hautes technologies.

Un nouvel espace mettant en scène l'ingéniosité, l'imagination et l'application des maquettes professionnelles, voit le jour.

L'objectif étant de valoriser et démontrer au grand public le savoir-faire de nos ingénieurs et créateurs dans l'univers industriel.

En toile de fond et pour illustrer ce nouvel espace, une exposition sur les maquettes scientifiques de nos grands visionnaires : Léonard de Vinci et Jules Verne.

Chacun d'entre eux, à leurs époques, ont contribué à l'avancée industrielle et technologique !

De nouvelles animations !

Du côté des volants

L'espace aérien s'anime avec l'histoire de l'aéronaval en maquette volante et

toute la flotte aérienne en démonstration. Entre ciel et mer ! plus d'une vingtaine d'aéronefs se déploient en vol !

Du côté des navigants

L'espace bateau retrace deux célèbres batailles : le Mékong et le Courageux. Une reconstitution plus vraie que nature avec plus de 40 bateaux !

Egalement sur le bassin, une rétrospective sur les bateaux de pêche qui permet de découvrir les plus beaux chalutiers et techniques de pêche industrielle.

Du côté des roulants

L'espace voiture se met au tout terrain ! Une piste en terre et sable s'installe sur le circuit pour recevoir tous les bolides les plus fous !

Les Monster et Mini Trucks sont, entre autres, au programme.

A noter : le public peut, s'il le souhaite, concourir avec les champions présents pour une course contre la montre !

Du côté ferroviaire

Electrique, à vapeur, à gaz ou à pétrole, le train fait toujours sensation et particulièrement cette année avec le concours de paysages ferroviaires. Retrouvez tous les plus beaux paysages de nos contrées ! Plus de 4 Km de voie ferrée développée !

De nouveaux concours !

Véritable émulation de créativité, les concours rythment les 10 jours du salon. Ouverts à tous, petits et grands, près de 2 000 maquettes s'y exposent et concourent à travers 5 catégories :

- Concours Open Architecture & Patrimoine
- Concours Open Avions statiques
- Concours Open de la Figurine de Paris
- Concours Paris Militaire
- Concours Open Véhicules Civils

Les 1^{ers} Trophées de l'Innovation

Créés spécialement pour mettre en avant l'ingéniosité et l'imagination, les 1^{ers} Trophées de l'Innovation récompensent tous les génies (amateurs ou professionnels) qui oeuvrent pour l'innovation dans le domaine de la maquette

Un comité d'experts composé de maquettistes, de journalistes spécialisés et de scientifiques jugent tous les participants à partir d'une présentation de leur produit statique ou en animation.

Ce comité d'experts est présidé par Michel Chevalet, journaliste scientifique.

Le Salon des Jeux

20^{ème} édition en 2005 et toujours plus d'adeptes pour les jeux en tout genre : réflexion, stratégie, cartes, rôle, société... Chaque stand propose aux visiteurs de s'initier, d'apprendre et de jouer avec des animateurs passionnés.

Les informations pratiques

Dates : du samedi 23 avril au dimanche 1^{er} mai 2005

Lieu : Paris Porte de Versailles - Hall 1

Horaires : 10 h - 19 h

Nocturne :

le vendredi 29 avril jusqu'à 22 h

Prix : 12 €, 7 € pour les enfants de 6 à 12 ans, gratuit pour les moins de 6 ans.

Prix groupes : 10 € et 6 €

La Bourse aux Collectionneurs : les 30 avril et 1^{er} mai.

en rapport avec les modules DCF77 pour ce système d'exploitation. Par exemple, nous voyons que le site <http://f6fgz.free.fr/dcf77-1.html> propose de connecter un module DCF77 sur un port Joystick à l'aide d'un schéma ultra simple.

Enfin, pour ceux qui n'osent pas connecter un montage sur leur PC il existe la possibilité d'utiliser une calculette comme le démontre le site Internet se trouvant à l'adresse :

<http://dsweb.free.fr/atome77/atome77.htm>.

Comme nous venons de le voir, en cherchant un peu sur Internet, les lecteurs pourront facilement trouver des explications pour découvrir concrètement les modules DCF77 dans l'environnement qui leur convient.

P. MORIN

3 <http://perso.easynet.fr/~chrisg/dcf77.htm>

Décodage des signaux horaires DCF77
 et convertit ensuite ces données en temps dans son PC !!

Photo du montage connecté le module de réception de l'horloge

Le principe de fonctionnement
 Ce montage se connecte au port joystick d'un PC. Le cœur du montage est un module récepteur DCF77 mais de nos jours (le module possède un kit schéma) chez CONRAD ELECTRONIQUE pour environ 80€). Les signaux horaires sont générés par une horloge à quartz par transmission au son émetteur situé à Moulinsville en Allemagne. Cet émetteur à une portée de 1500 Km et émet dans la zone hertzienne de France. Le récepteur traduit le signal horaire codé sans fil en données numériques. Pour en apprendre plus sur le montage de réception, aller visiter le site <http://www.electronic-pratique.com/elec/dcf77>

Schéma et réalisation pratique

4 <http://f6fgz.free.fr/dcf77-1.html>

DCF77

Introduction
 L'idée de faire connaître la synchronisation de l'horloge système d'un PC avec l'heure par une horloge atomique est partie de la lecture de l'article de Jacques Frenot et Michel Roubin qui utilise un module récepteur DCF77 à très bon coût, c'est à dire environ 10€. Ce module est disponible chez Conrad, avec la référence 641133. L'autre avantage est la possibilité d'utiliser l'heure du port joystick (et ainsi d'être portable) pour alimenter les signaux horaires. Cela permet d'éviter un port série qui est souvent plus sale et de plus il évite la nuisance d'alimentation de 2V. La taille réelle du montage de ce système se tient le plus petit côté pour les services qui sont dans la mesure des leur administration (sans être de leur côté).

Montage
 Le module DCF77 de chez Conrad se présente sous la forme d'un module imprimé qui possède un connecteur à 5 broches et un connecteur à 6 broches. Pour les fonctionnalités de réception, il est important que le montage soit placé correctement et correctement à l'abri de l'humidité et de la poussière.

Logiciel
 Pour la réception des données, j'ai développé le tout en langage Pascal (avec Turbo Pascal) et en langage C (avec Turbo C). Les utilisateurs de Windows ne sont pas obligés de payer un logiciel CAR mais devront acheter manuellement le type de connecteur dans leur magasin. Le site de départ est très simple et peut être amélioré comme on le veut.

Description	Prix	Unité
RFM (module compatible IBM)	4,97 € - 9,12 € (100)	9,5 Mo
Source RFM	4,97 € - 9,12 € (100)	8,4 Mo

5 <http://dsweb.free.fr/atome77/atome77.htm>

Le kit à partir de 10€ permet de recevoir le signal horaire de la station de Moulinsville en Allemagne. Cet émetteur à une portée de 1500 Km et émet dans la zone hertzienne de France. Le récepteur traduit le signal horaire codé sans fil en données numériques. Pour en apprendre plus sur le montage de réception, aller visiter le site <http://www.electronic-pratique.com/elec/dcf77>

Le kit à partir de 10€ permet de recevoir le signal horaire de la station de Moulinsville en Allemagne. Cet émetteur à une portée de 1500 Km et émet dans la zone hertzienne de France. Le récepteur traduit le signal horaire codé sans fil en données numériques. Pour en apprendre plus sur le montage de réception, aller visiter le site <http://www.electronic-pratique.com/elec/dcf77>

Le kit à partir de 10€ permet de recevoir le signal horaire de la station de Moulinsville en Allemagne. Cet émetteur à une portée de 1500 Km et émet dans la zone hertzienne de France. Le récepteur traduit le signal horaire codé sans fil en données numériques. Pour en apprendre plus sur le montage de réception, aller visiter le site <http://www.electronic-pratique.com/elec/dcf77>

- <http://www.aurel32.net/elec/dcf77.php>
- <http://membres.lycos.fr/pjacquet/dcf-n.htm>
- <http://perso.easynet.fr/~chrisg/dcf77.htm>
- <http://f6fgz.free.fr/dcf77-1.html>
- <http://dsweb.free.fr/atome77/atome77.htm>
- http://l.lefebvre.free.fr/dcf77/dcf77_01.html
- http://jtelec.phpnet.org/doc_dcf77.php
- <http://membres.lycos.fr/ripper/DCF77.htm>

T1 Liste des liens

Évolution des microcontrôleurs PIC présentation de la série 18

Nous allons, dans ce numéro, présenter un bref aperçu des différentes caractéristiques de la série 18 des microcontrôleurs PIC. Cet article est un comparatif non exhaustif des nouvelles avancées technologiques présentes sur cette série haut de gamme de MICROCHIP.



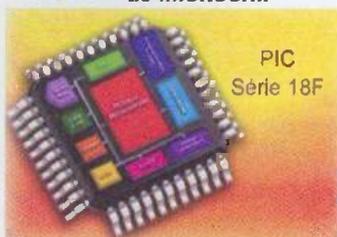
Pour commencer ce tour d'horizon, précisons déjà pour les habitués que le PIC 16F877 de la série middle-range pourra être remplacé avantageusement par un pic de la série 18F, le PIC 18F452 par exemple (**Figures 1a et 1b**). Ce remplacement se fera au même titre que le remplacement

du PIC 16F84 bien connu de nos lecteurs par son grand frère le PIC 16F628 (**figure 2**). Nous détaillerons

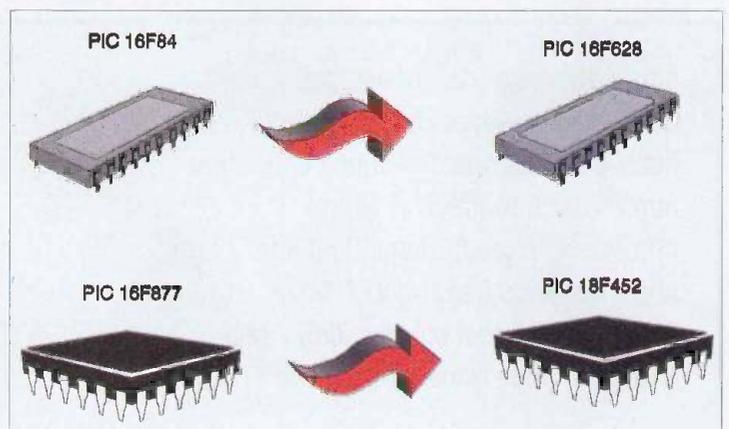
plus loin les caractéristiques techniques du PIC 18F452. Dans ces pages, nous allons découvrir



La série 18F de MICROCHIP



Remplacements des Pic les plus courants

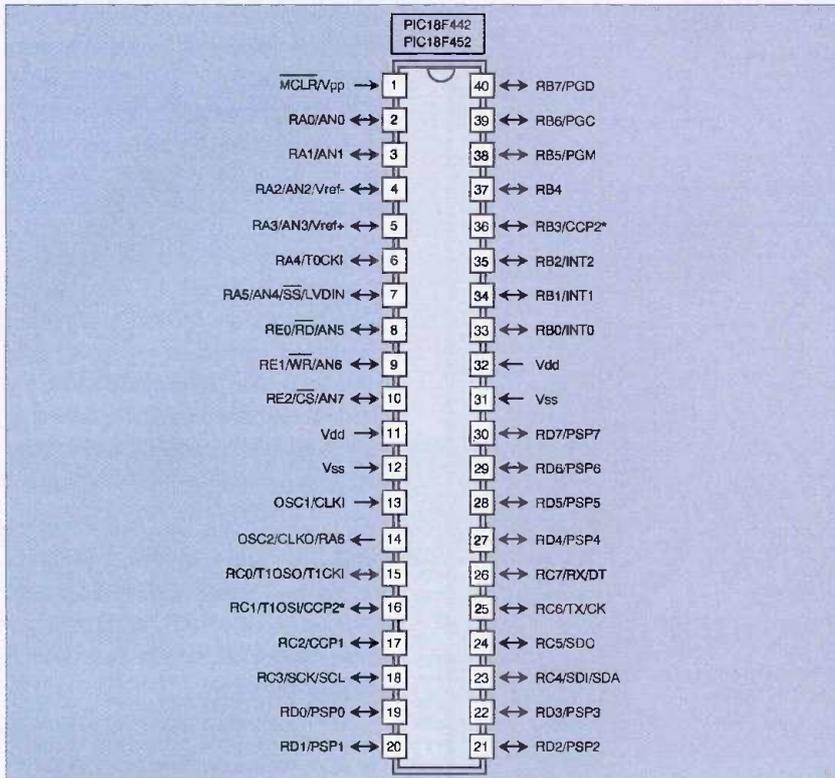


Quelques nouveautés par rapport à la série 16

- Sur les séries 18 présentées dans cet article, une des nouveautés vient du fait que pour les interruptions, il y a désormais deux vecteurs (deux adresses).

L'un est dit de haute priorité et se trouve à l'adresse 08, le second est dit de basse priorité et se situe à l'adresse 18 (Figure 3). Les lecteurs d'Électronique Pratique habitués à la programmation sur la série 16F se souviendront de la seule adresse (adresse 04) disponible sur cette gamme. Cette possibilité de pouvoir gérer deux adresses différentes pour les interruptions va apporter une grande souplesse d'utilisation. Un bit permet de valider ou non les priorités d'interruption (bit IPEN). Treize registres sont utilisés pour le contrôle et la gestion de ces Interruptions.

- Une possibilité de lire, d'écrire et d'effacer dans la mémoire flash en mode exécution est également disponible, cette option explique



16 Brochage du PIC 18F452

les PIC de type 18F242, 18F252, 18F442, 18F552, puis nous nous intéresserons à une autre série de type 18F248, 18F258, 18F448 et 18F558 (tableaux 1 et 2).

Ce qu'il faut savoir dans un premier temps sur les deux gammes de PIC présentées (série 18Fxx2 et série 18Fxx8) et tel que vous le voyez dans les tableaux des caractéristiques, c'est que chaque instruction simple est codée sur 16 bits soit deux mots et non plus sur 14 bits tel que dans la série 16F.

Cette particularité fait qu'une instruction occupera deux emplacements mémoire. Dans une mémoire de 32 ko, on ne pourra stocker que 16384 instructions simples, notez au passage que sur la série 16F, chaque instruction occupait une seule case mémoire.

Tableau 1 - Comparatif de la série 18Fxx2

CARACTÉRISTIQUES	PIC 18F242	PIC 18F252	PIC 18F442	PIC 18F452
Fréquence max utilisation	DC 40MHz	DC 40MHz	DC 40MHz	DC 40MHz
Mémoire programme (flash)	16k	32k	16k	32k
Mémoire programme (instruct)	8192	16384	8192	16384
RAM en octets	768	1536	768	1536
EEPROM en octets	256	256	256	256
Nombre de sources d'IT	17	17	18	18
Nombre de ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C,D,E
Nombre de TIMER	4	4	4	4
Module de comparaison capture-PWM	2	2	2	2
Communications série	MSSP USART	MSSP USART	MSSP USART	MSSP USART
Communication mode //			PSP	PSP
Convertisseur CAN 10 bits	5 entrées	5 entrées	8 entrées	8 entrées
Type de RESET et temporisations	POR,BOR RESET instr Pile pleine Pile sous niveau PWRT,QST			
Mode LVP (low voltage programming)	OUI	OUI	OUI	OUI
BOR programmable	OUI	OUI	OUI	OUI
Nombre d'instructions	75	75	75	75
Types de boîtiers	28 pin DIP 28 pin SOIC	28 pin DIP 28 pin SOIC	40 pin DIP 44 pin PLCC 44 pin TQFP	40 pin DIP 44 pin PLCC 44 pin TQFP

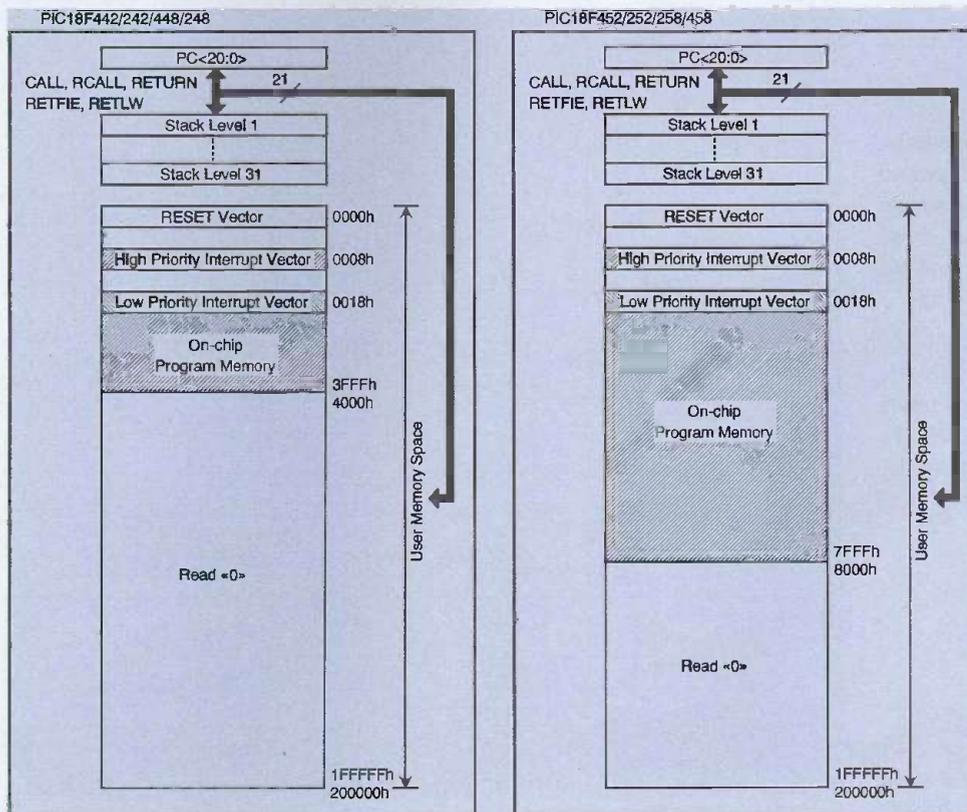
CARACTÉRISTIQUES	PIC 18F248	PIC 18F258	PIC 18F448	PIC 18F458
Fréquence max utilisation	DC 40MHz	DC 40MHz	DC 40MHz	DC 40MHz
Mémoire programme (flash)	16k	32k	16k	32k
Mémoire programme (Instruct.)	8192	16384	8192	16384
RAM en octets	768	1536	768	1536
EEPROM en octets	256	256	256	256
Nombre de sources d'IT	17	17	21	21
Nombre de ports	Ports A,B,C	Ports A,B,C	Ports A,B,C,D,E	Ports A,B,C,D,E
Nombre de TIMER	4	4	4	4
Module de comparaison capture et PWM	1	1	1	1
Communications série	MSSP, CAN USART	MSSP, CAN USART	MSSP, CAN USART	MSSP, CAN USART
Communication mode //			PSP	PSP
Convertisseur CAN 10 bits	5 entrées	5 entrées	8 entrées	8 entrées
Comparateurs analogiques			2	2
VREF output			OUI	OUI
Type de RESET et temporisations	POR,BOR RESET instr Pile pleine Pile sous niveau PWRT,QST			
Mode LVP (low voltage programming)	OUI	OUI	OUI	OUI
BOR programmable	OUI	OUI	OUI	OUI
Module CAN	OUI	OUI	OUI	OUI
In-circuit -sériel programming	OUI	OUI	OUI	OUI
Nombre d'instructions	75	75	75	75
Types de boîtiers	28 pin DIP 28 pin SOIC	28 pin DIP 28 pin SOIC	40 pin DIP 44 pin PLCC 44 pin TQFP	40 pin DIP 44 pin PLCC 44 pin TQFP

le nombre impressionnant de fusibles de configuration (**figure 4**) permettant entre autre l'écriture ou bien l'interdiction de lecture dans des zones mémoires définies afin de les protéger. Il existe 11 registres de configuration, chacun d'eux comporte 8 bits programmables.

Ces registres sont à la base des registres 16 bits que l'on a divisés en deux, ce qui explique l'appellation CONFIG2L et CONFIG2H par exemple. La protection du code qui existait déjà sur la série 16F permet d'interdire le dump de la mémoire programme, celle-ci se réalise grâce au registre CONFIG5L dans lequel on peut prédéfinir 4 zones de code à protéger.

De même, le registre CONFIG5H permet la protection des données EEPROM. Le registre CONFIG6L autorise ou non l'écriture dans la mémoire flash, il est possible de protéger 4 zones différentes.

Tableau 2
Comparatif de la série 18Fxx8

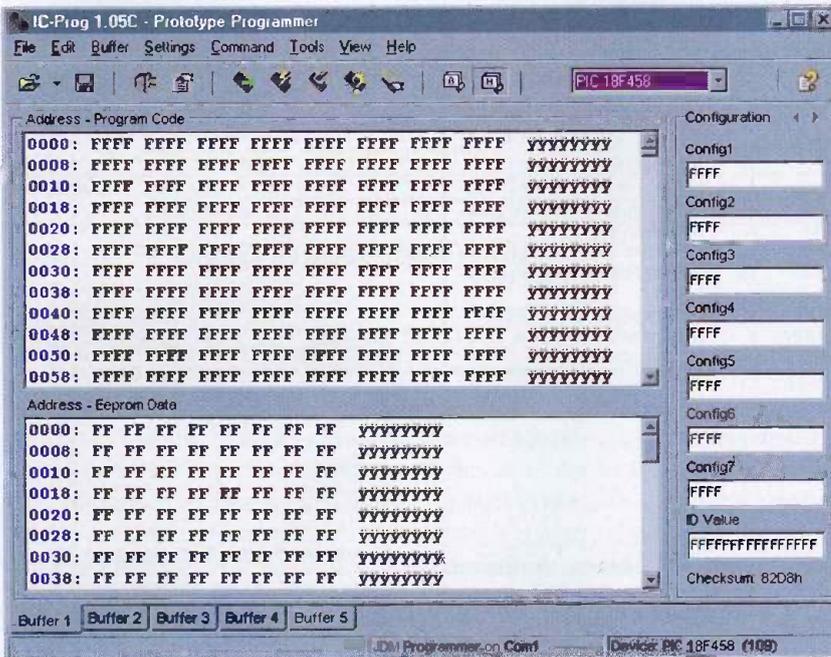


3
Mapping mémoire

Nom du Registre	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Valeur par défaut	
300001h	CONFIG1H	---	---	OSCSEN	---	---	FOSC2	FOSC1	FOSC0	--1- -111
300002h	CONFIG2L	---	---	---	---	BORV1	BORV0	BODEN	PWRTEN	---- 1111
300003h	CONFIG2H	---	---	---	---	WDTPS2	WDTPS1	WDTPS0	WDTEN	---- 1111
300005h	CONFIG3H	---	---	---	---	---	---	CCP2MX	----	---1
300006h	CONFIG4L	DEBUG	---	---	---	---	LVP	---	STVREN	1--- -1-1
300008h	CONFIG5L	---	---	---	---	CP3	CP2	CP1	CP0	---- 1111
300009h	CONFIG5H	CPD	CPB	---	---	---	---	---	---	11-- ----
30000Ah	CONFIG6L	---	---	---	---	WRT3	WRT2	WRT1	WRT0	---- 1111
30000Bh	CONFIG6H	WRTD	WRTB	WRTC	---	---	---	---	---	111- ----
30000Ch	CONFIG7L	---	---	---	---	EBTR3	EBTR2	EBTR1	EBTR0	---- 1111
30000Dh	CONFIG7H	---	EBTRB	---	---	---	---	---	---	-1-- ----
3FFFFEh	DEVID1	DEV2	DEV1	DEV0	REV4	REV3	REV2	REV1	REV0	(1)
3FFFFFh	DEVID2	DEV10	DEV9	DEV8	DEV7	DEV6	DEV5	DEV4	DEV3	0000 0100

Enfin, pour terminer cette description sommaire, sachez que le registre DEVID1 indique le type du PIC ainsi qu'un indice de révision, ce registre est à lecture seule (**Figure 11**). Lorsque vous utilisez ICPROG par exemple, vous pouvez visualiser sur la partie droite les différents registres énumérés (**Figure 5**).

4 Fusibles de configuration



Voici un exemple de configuration des bits avec la directive `_CONFIG` :

```
_CONFIG _CONFIG6L, _WRT0_ON_6L &
_WRT1_ON_6L & _WRT2_ON_6L &
_WRT3_OFF_6L
```

Vous remarquerez également sur la figure 3 la taille du compteur de programme (PC) de 21 bits, celui-ci peut donc adresser jusqu'à 221 cases mémoires soit 2 Mbits.

- Une autre nouveauté dans cette série 18F concerne le registre de travail W. Auparavant, sur la série 16F, certaines opérations

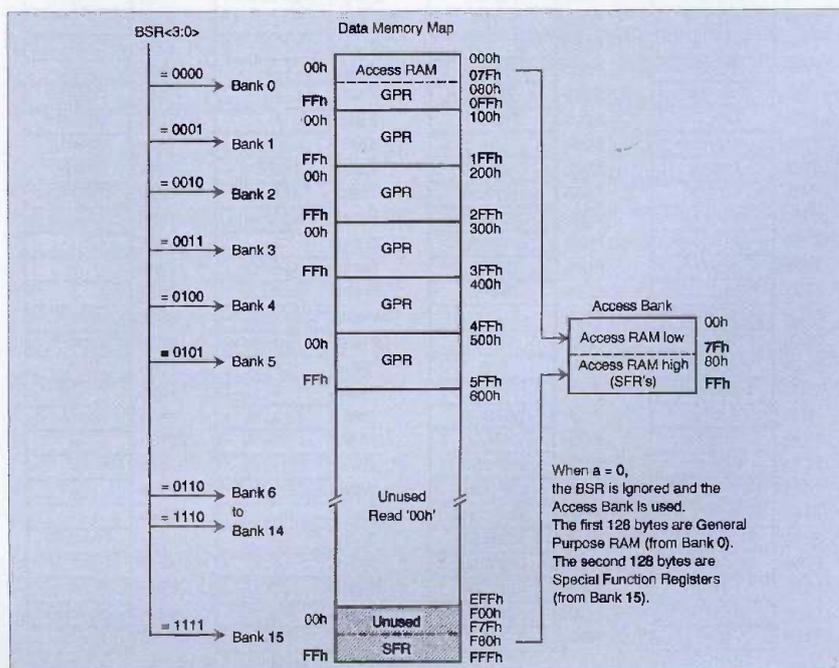
5 Vue du logiciel IC-PROG

7 Les instructions ...suite

Mnemonic, Operands	Description	Cycles
LITERAL OPERATIONS		
ADDLW k	Add literal and WREG	1
ANDLW k	AND literal with WREG	1
IORLW k	Inclusive OR literal with WREG	1
LFSR f, k	Move literal (12-bit) 2nd word to FSRx 1st word	2
MOVLB k	Move literal to BSR<3:0>	1
MOVLW k	Move literal to WREG	1
MULLW k	Multiply literal with WREG	1
RETLW k	Return with literal in WREG	2
SUBLW k	Subtract WREG from literal	1
XORLW k	Exclusive OR literal with WREG	1
DATA MEMORY ← PROGRAM MEMORY OPERATIONS		
TBLRD*	Table Read	2
TBLRD+*	Table Read with post-increment	
TBLRD-*	Table Read with post-decrement	
TBLRD+*	Table Read with pre-increment	2 (5)
TBLWT+*	Table Write	
TBLWT-*	Table Write with post-increment	
TBLWT-*	Table Write with post-decrement	
TBLWT+*	Table Write with pre-increment	

8

Mapping de la RAM



Mnemonic Operands	Description	Mnemonic Operands	Description
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS			
ADDWF	f, d, a	Add WREG and f	
ADDWFC	f, d, a	Add WREG and Carry bit to f	
ANDWF	f, d, a	AND WREG with f	
CLRF	f, a	Clear f	
COMF	f, d, a	Complement f	
CPFSEQ	f, a	Compare f with WREG skip =	
CPFSGT	f, a	Compare f with WREG skip >	
CPFSLT	f, a	Compare f with WREG skip <	
DECf	f, d, a	Decrement f	
DECFSZ	f, d, a	Decrement f, Skip if 0	
DCFSNZ	f, d, a	Decrement f, Skip if Not 0	
INCF	f, d, a	Increment f	
INCFSZ	f, d, a	Increment f, Skip if 0	
INFSNZ	f, d, a	Increment f, Skip if Not 0	
IORWF	f, d, a	Inclusive OR WREG with f	
MOVF	f, d, a	Move f	
MOVFF	f _s , f _d	Move f _s (source) to f _d (destination)	
MOVWF	f, a	Move WREG to f	
MULWF	f, a	Multiply WREG with f	
NEGF	f, a	Negate f	
RLCF	f, d, a	Rotate Left f through Carry	
RLNCF	f, d, a	Rotate Left f (No Carry)	
RRCF	f, d, a	Rotate Right f through Carry	
RRNCF	f, d, a	Rotate Right f (No Carry)	
SETF	f, a	Set f	
SUBFWB	f, d, a	Subtract f from WREG with borrow	
SUBWF	f, d, a	Subtract WREG from f	
SUBWFB	f, d, a	Subtract WREG from f with borrow	
SWAPF	f, d, a	Swap nibbles in f	
TSTFSZ	f, a	Test f, skip if 0	
XORWF	f, d, a	Exclusive OR WREG with f	
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS			
BCF	f, b, a	Bit Clear f	
BSF	f, b, a	Bit Set f	
BTFSC	f, b, a	Bit Test f, Skip if Clear	
BTFSS	f, b, a	Bit Test f, Skip if Set	
BTG	f, d, a	Bit Toggle f	
CONTROL OPERATIONS			
BC	n	Branch if Carry	
BN	n	Branch if Negative	
BNC	n	Branch if Not Carry	
BNN	n	Branch if Not Negative	
BNOV	n	Branch if Not Overflow	
BNZ	n	Branch if Not Zero	
BOV	n	Branch if Overflow	
BRA	n	Branch Unconditionally	
BZ	n	Branch if Zero	
CALL	n, s	Call subroutine 1st word 2nd word	
CLRWDT	—	Clear Watchdog Timer	
DAW	—	Decimal Adjust WREG	
GOTO	n	Go to address 1st word 2nd word	
NOP	—	No Operation	
NOP	—	No Operation (Note 4)	
POP	—	Pop top of return stack (TOS)	
PUSH	—	Push top of return stack (TOS)	
RCALL	n	Relative Call	
RESET	—	Software device RESET	
RETFIE	s	Return from interrupt enable	
RETLW	k	Return with literal in WREG	
RETURN	s	Return from Subroutine	
SLEEP	—	Go into standby mode	

n'étaient pas possibles directement sur ce registre W (un décalage par exemple). Dans la série 18F, le registre WREG est accessible comme tout registre banalisé ce qui signifie que toutes les instructions lui seront applicables.



Les instructions

Adresse	Nom Registre	Adresse	Nom Registre	Adresse	Nom Registre	Adresse	Nom Registre
FFFh	TOSU	FDf	INDF ⁽³⁾	FBFh	CCPR1H	F9f	IPR1
FFEh	TOSH	FDEh	POSTINC2 ⁽³⁾	FBEh	CCPR1L	F9Eh	PIR1
FFDh	TOSL	FDDh	POSTDEC2 ⁽³⁾	FBDh	CCP1CON	F9Dh	PIE1
FFCh	STKPTR	FDCh	PREINC2 ⁽³⁾	FbCh	CCPR2H	F9Ch	—
FFBh	PCLATU	FDBh	PLUSW2 ⁽³⁾	FBbH	CCPR2L	F9Bh	—
FFAh	PCLATH	FDAh	FSR2H	FBAh	CCP2CON	F9Ah	—
FF9h	PCL	FD9h	FSR2L	FB9h	—	F99h	—
FF8h	TBLPTRU	FD8h	STATUS	FB8h	—	F98h	—
FF7h	TBLPTRH	FD7h	TMR0H	FB7h	—	F97h	—
FF6h	TBLPTRL	FD6h	TMR0L	FB6h	—	F96h	TRISE ⁽²⁾
FF5h	TABLAT	FD5h	T0CON	FB5h	—	F95h	TRISD ⁽²⁾
FF4h	PRODH	FD4h	—	FB4h	—	F94h	TRISC
FF3h	PRODL	FD3h	OSCCON	FB3h	TMR3H	F93h	TRISB
FF2h	INTCON	FD2h	LVDCON	FB2h	TMR3L	F92h	TRISA
FF1h	INTCON2	FD1h	WDTCON	FB1h	T3CON	F91h	—
FF0h	INTCON3	FD0h	RCON	FB0h	—	F90h	—
FEFh	INDF0 ⁽³⁾	FCFh	TMR1H	FAFh	SPBRG	F8f	—
FEeh	POSTINC0 ⁽³⁾	FCEh	TMR1L	FAeh	RCREG	F8Eh	—
FE Dh	POSTDEC0 ⁽³⁾	FC Dh	T1CON	FADh	TXREG	F8 Dh	LATE ⁽²⁾
FE Ch	PREINC0 ⁽³⁾	FC Ch	TMR2	FAC h	TXSTA	F8 Ch	LATD ⁽²⁾
FE Bh	PLUSW0 ⁽³⁾	FC Bh	PR2	FAB h	RCSTA	F8 Bh	LATC
FE Ah	FSR0H	FC Ah	T2CON	FA Ah	—	F8 Ah	LATB
FE 9h	FSR0L	FC 9h	SSPBUF	FA 9h	EEDR	F8 9h	LATA
FE 8h	WREG	FC 8h	SSPADD	FA 8h	EEDATA	F8 8h	—
FE 7h	INDF1 ⁽³⁾	FC 7h	SSPSTAT	FA 7h	ECON2	F8 7h	—
FE 6h	POSTINC1 ⁽³⁾	FC 6h	SSPCON1	FA 6h	ECON1	F8 6h	—
FE 5h	POSTDEC1 ⁽³⁾	FC 5h	SSPCON2	FA 5h	—	F8 5h	—
FE 4h	PREINC1 ⁽³⁾	FC 4h	ADRESH	FA 4h	—	F8 4h	PORTE ⁽²⁾
FE 3h	PLUSW1 ⁽³⁾	FC 3h	ADRESL	FA 3h	—	F8 3h	PORTD ⁽²⁾
FE 2h	FSR1H	FC 2h	ADCON0	FA 2h	IPR2	F8 2h	PORTC
FE 1h	FSR1L	FC 1h	ADCON1	FA 1h	PIR2	F8 1h	PORTB
FE 0h	BSR	FC 0h	—	FA 0h	PIE2	F8 0h	PORTA

- Le nombre d'instructions passe de 35 à 75, celles-ci sont toutes codées sur 16 bits excepté pour 3 d'entre elles codées sur 32 bits.



Les registres SFR de la banque 15

Device	Device ID Value	
	DEVID2	DEVID1
PIC18F242	04h	100x xxxx
PIC18F248	08h	000x xxxx
PIC18F252	04h	000x xxxx
PIC18F258	08h	010x xxxx
PIC18F442	04h	101x xxxx
PIC18F448	08h	001x xxxx
PIC18F452	04h	001x xxxx
PIC18F458	08h	011x xxxx

Signification des bits des registres DEVIDx

Routine	Multiply Method	Program Memory (Words)	Cycles (Max)	Time		
				@ 40 MHz	@ 10 MHz	@ 4 MHz
8 x 8 unsigned	Without hardware multiply	13	69	6.9 µs	27.6 µs	69 µs
	Hardware multiply	1	1	100 ns	400 ns	1 µs
8 x 8 signed	Without hardware multiply	33	91	9.1 µs	36.4 µs	91 µs
	Hardware multiply	6	6	600 ns	2.4 µs	6 µs
16 x 16 unsigned	Without hardware multiply	21	242	24.2 µs	96.8 µs	242 µs
	Hardware multiply	24	24	2.4 µs	9.6 µs	24 µs
16 x 16 signed	Without hardware multiply	52	254	25.4 µs	102.6 µs	254 µs
	Hardware multiply	36	36	3.6 µs	14.4 µs	36 µs

Tableau 3 - Performance en multiplication câblée

Les **figures 6 et 7** reprennent l'ensemble des instructions des PIC de la série 18Fxxx. Il est à noter l'instruction « RESET » ainsi que toutes les nouvelles instructions de branchement conditionnel et puis les instructions relatives aux tables entre les données RAM et la mémoire flash.

Vous avez certainement remarqué les instructions de comparaison entre le registre WREG et un registre file qui font leur apparition.

- La taille de la pile est désormais de 31 emplacements (celle-ci était de 8 emplacements sur la série 16). Rappelons que celle-ci est essentiellement utilisée lors de sauts vers un sous-programme afin de mémoriser l'adresse de retour.

Sur la série 18F, il sera possible de manipuler directement la pile en décrémentant ou incrémentant, sans oublier que certaines opérations sont dangereuses. En effet, il faut bien savoir ce que l'on fait, n'oubliez pas que c'est l'adresse de retour de sous-programme qui est mémorisée.

Il faudra un programme bien structuré pour manipuler la pile. D'autre part, des bits seront positionnés lors d'erreurs de débordement sur la pile, avec comme conséquence une possibilité de RESET du PIC. Tout cela est paramétrable et permet encore une grande souplesse d'utilisation.

- La mémoire RAM est divisée en 16 banques de 256 adresses chacune. Une nouveauté est que pour accéder aux registres spéciaux (SFR : Spécial Function Registers) tels que TRISA et PORTA, il n'y a plus besoin de faire le changement de banque, bien connu des lecteurs sur la série 16F.

Sur la **figure 8**, vous pouvez voir le découpage par banque de 256 octets. Ce mapping correspond à une taille mémoire de 1536 octets soit 6 banques de 256 octets. L'accès aux banques se réalise avec le BSR (Banque Select Register). En **figure 9**, vous trouverez les différents noms de registres spéciaux accessibles à la banque 15.

- Les PIC18Fxx8 ont la possibilité d'être interfacés avec un bus CAN, ce qui permet de réaliser de nombreuses applications. Le bus CAN (Controller Area Network) est une interface série permettant la communication avec d'autres périphériques ou microcontrôleurs. Le PIC 18Fxx8 possède un module CAN compatible avec la norme CAN 2.0 A/B définie par la société Bosch.

- Les PIC de la série 18F ont en interne un multiplicateur dit câblé permettant d'augmenter les performances en temps et en ressources sur une multiplication. Le **tableau 3** donne un comparatif des performances de la multiplication câblée.

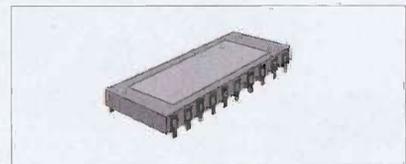
- Sachez qu'il existe un compilateur C spé-

cialement conçu pour la série 18F. Ce compilateur, le C18 est disponible gratuitement sur le site de Microchip (www.microchip.com). D'autres compilateurs tels que Proton+ de chez Crownhill Associates supportent également la série 18F.

Le fait d'utiliser un compilateur et non plus de l'assembleur pur peut faire que certaines subtilités de programmation, dues essentiellement aux caractéristiques internes, soient transparentes pour le programmeur.

Il est toujours bon de savoir ce qui se cache dans le chip que l'on programme, de plus il est toujours possible d'insérer des routines en assembleur à l'intérieur d'un programme écrit en C par exemple. Un bootloader est également disponible chez Microchip, celui-ci permet de pouvoir programmer le PIC depuis une liaison série en laissant celui-ci in-situ (on n'enlève pas le PIC du montage).

L'implémentation de ce bootloader était également possible sur certains PIC de la série 16F.



Pour conclure

Voici une présentation sommaire des différentes possibilités offertes avec les microcontrôleurs PIC de haut de gamme.

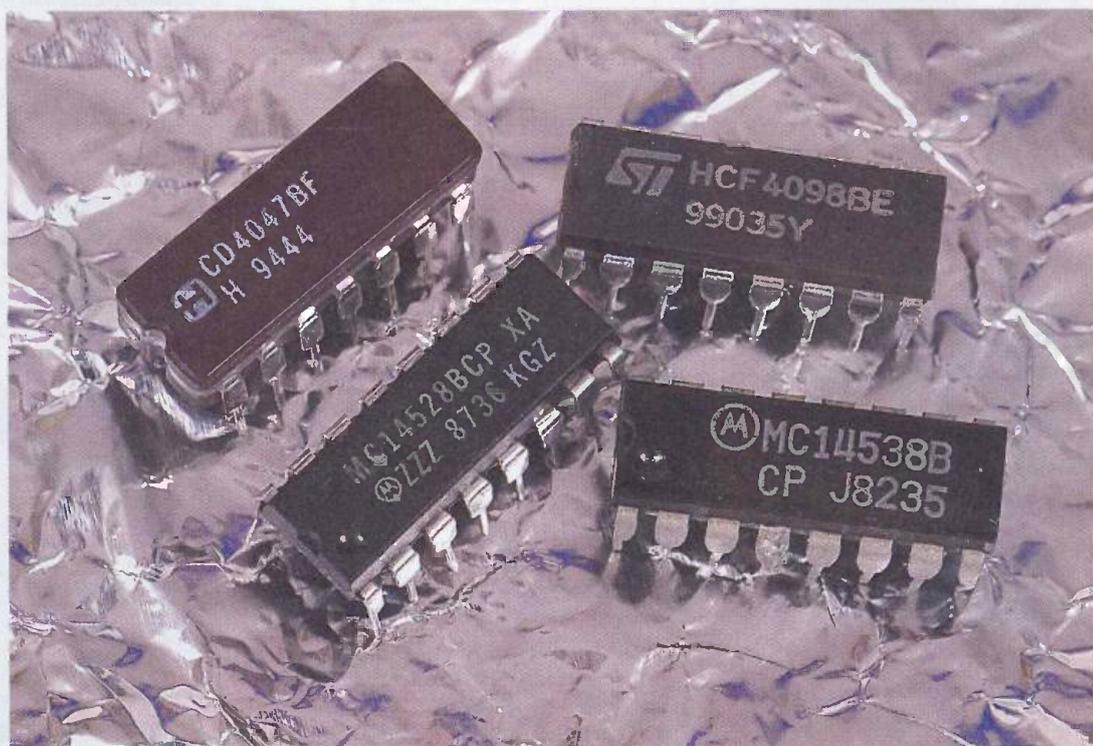
Nul doute que ces composants feront de plus en plus partie de nos montages, ce qui nous donnera l'occasion de reprendre certaines parties détaillées dans cet article et de les approfondir.

Pour plus d'informations, n'hésitez pas à consulter le datasheet de cette série 18, celui-ci est téléchargeable sur le site de Microchip.

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

Pratiquez la logique séquentielle

(2^{ème} partie) : les circuits intégrés « prêts à l'emploi »



Lors du précédent article portant sur la logique séquentielle, nous avons découvert, entre autres, la fonction monostable destinée à produire une impulsion et la fonction oscillateur, ou multivibrateur astable générant un train d'impulsions permanent donc : une fréquence. Au fil de ces pages, nous allons étudier les principaux circuits intégrés nous dispensant du câblage fastidieux de multiples portes logiques.

Durant le développement d'un projet électronique, l'emploi de circuits spécialisés simplifie le travail et fiabilise le fonctionnement final. Alors, pourquoi s'en priver ?

Un large choix de circuits

L'ensemble des différents fabricants propose un tel éventail de circuits intégrés qu'il est souvent difficile d'effectuer un choix sûr sans connaître auparavant ces composants ! Nous voulons les circuits destinés à produire les fonctions de monostable, multi-

vibrateur astable, ou les deux. Il existe trois grandes catégories de circuits intégrés : les « TTL », les « CMOS » et les « Linéaires ».

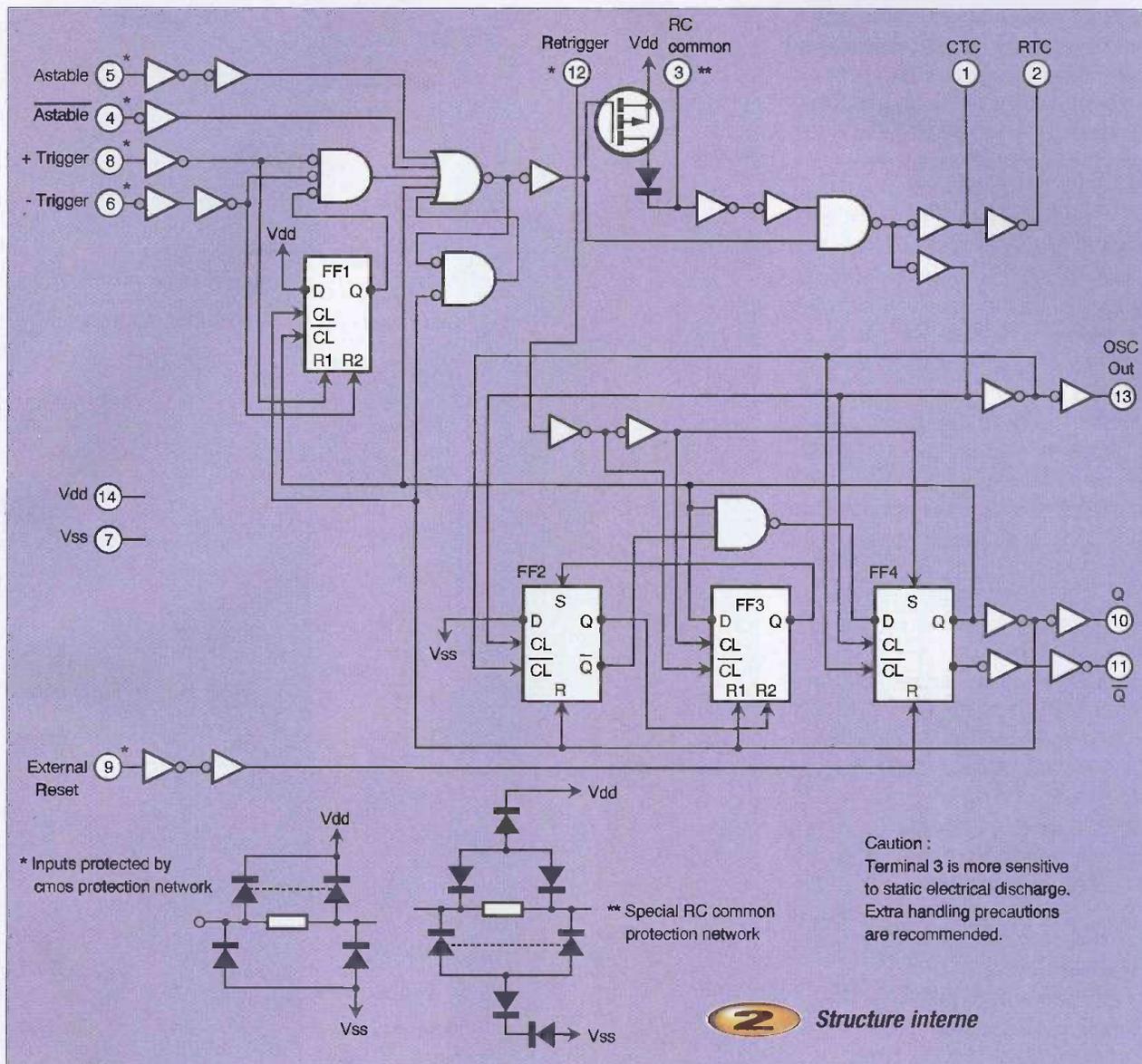
Dans la famille « TTL », nous avons relevé six références.

- Le 74121 contient 1 monostable avec bascule de Schmitt (seuils de tension) en entrée.
- Le 74122 contient 1 monostable redéclenchable avec remise à zéro.
- Le 74422 contient 1 monostable redéclenchable avec remise à zéro.
- Le 74123 contient 2 monostables redéclenchables avec remise à zéro.
- Le 74423 contient 2 monostables redéclenchables avec remise à zéro.

- Le 74221 contient deux monostables avec bascule de Schmitt (seuils de tension) en entrée et remise à zéro.

Ces circuits appartiennent parfois à diverses sous-catégories : 74HCxxx, 74HCTxxx, 74LSxxx, etc. chacune ayant ses particularités propres rarement totalement compatibles. De plus, comme vous pouvez le constater, aucun d'entre eux n'intègre un multivibrateur. En revanche, ces composants présentent l'avantage d'être moins sensibles aux parasites. Les circuits de la famille « CMOS » proposent 4 références répondant à nos désirs.

- Le CD4047 contient 1 monostable-et



multivibrateur astable de basse puissance

- Le CD4098 contient 2 monostables et multivibrateurs astables
- Le CD4528 contient 2 monostables et multivibrateurs astables
- Le CD4538 contient 2 monostables et multivibrateurs astables de précision

Notez que toutes les références citées peuvent accomplir les deux tâches voulues. De plus, l'éventail des tensions d'alimentation sous lesquelles ils fonctionnent permet d'envisager des projets dans des domaines très variés sans nécessité d'adaptation. Les circuits « CMOS » consomment si peu de puissance qu'il est souvent possible de considérer qu'elle est négligeable, mais attention, leurs sorties sont également très limitées en courant. Vous l'avez compris, notre choix se porte sur ce type de circuit. N'oublions pas la catégorie des circuits

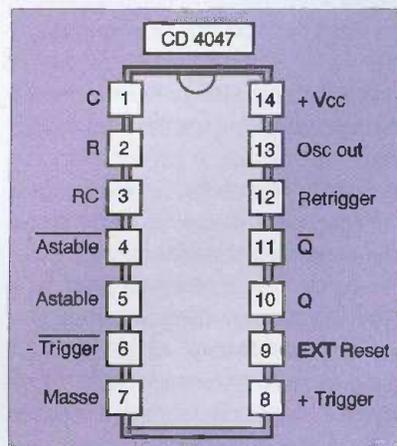
linéaires où nous trouvons le célèbre NE555 capable d'accomplir toutes ces fonctions. Nous ne reprendrons pas son étude à ce jour car il a récemment fait l'objet d'un article très complet dans le numéro 287 d'Electronique Pratique.

Le CD4047

Le CD4047 est notre préféré. Son brochage est donné à la figure 1. Il ne requiert qu'une résistance et un condensateur externes, quelle que soit la fonction demandée. Le schéma interne de la figure 2 montre une complexité nécessaire où vous retrouverez, par blocs, les câblages vus lors du précédent article. Le constructeur précise en bas et à droite, mais en anglais, que la broche 3 est plus sensible que les autres aux courants

statiques, prenez les précautions d'usage en cas de manipulations multiples.

Brochage du CD 4047



Certaines caractéristiques s'appliquent à tous les câblages de ce composant. Le condensateur se raccorde toujours entre les broches 1 et 3 et la résistance entre 2 et 3. La sortie « Q » (broche 10) fournit les impulsions de niveau logique haut, la sortie « Q/ » (broche 11) génère les signaux de niveau bas. L'initialisation externe (broche 9) fonctionne de la manière suivante : reliée à la masse, le circuit fonctionne normalement. Reliée au positif, l'impulsion s'interrompt immédiatement en mode monostable, ou l'oscillation cesse en mode multivibrateur sur les sorties « Q et Q/ ». La sortie sur la broche 13 délivre le signal de l'oscillateur et présente toujours une fréquence deux fois plus élevée que sur les sorties « Q et Q/ ». Sachez enfin que le rapport cyclique de sortie est de 50 % et que la stabilité est comprise entre 2 % et 0,5 % selon la fréquence.

Voici les formules nécessaires selon la configuration demandée.

En mode multivibrateur astable avec sortie sur « Q ou Q/ » (broche 10 ou 11) :

- **Durée d'une période (en secondes) = $4,4 \cdot R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$**

- **Fréquence (en hertz) = $1 / 4,4 \cdot R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$**

En mode multivibrateur astable avec sortie sur l'oscillateur (broche 13) :

- **Durée d'une période (en secondes) = $2,2 \cdot R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$**

- **Fréquence (en hertz) = $1 / 2,2 \cdot R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$**

En mode monostable avec sortie sur « Q ou Q/ » (broche 10 ou 11) :

- **Durée de l'impulsion (en secondes) = $2,48 \cdot R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$**

Voici, maintenant, les différents schémas permettant d'obtenir toutes les fonctions possibles.

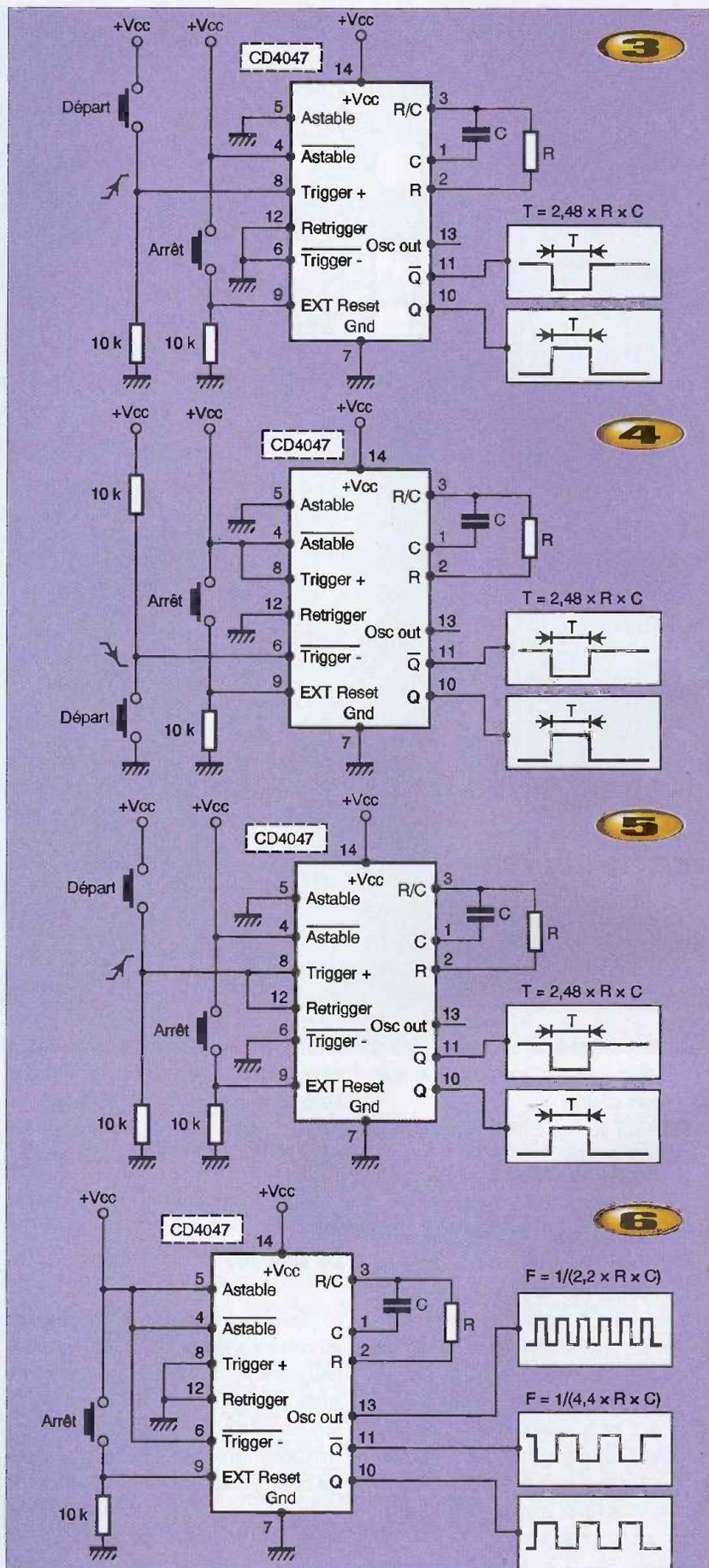
Figure 3. Monostable non redéclenchable à impulsion de commande de niveau logique haut.

Figure 4. Monostable non redéclenchable à impulsion de commande de niveau bas.

Figure 5. Monostable redéclenchable à impulsions de commande de niveau logique haut. Ce montage sert notamment à détecter une impulsion manquante sur un cycle, il s'appelle également « intégrateur ».

Figure 6. Multivibrateur astable permanent (pas d'impulsion de commande).

Figure 7. Multivibrateur astable à impulsion de commande de niveau logique haut.



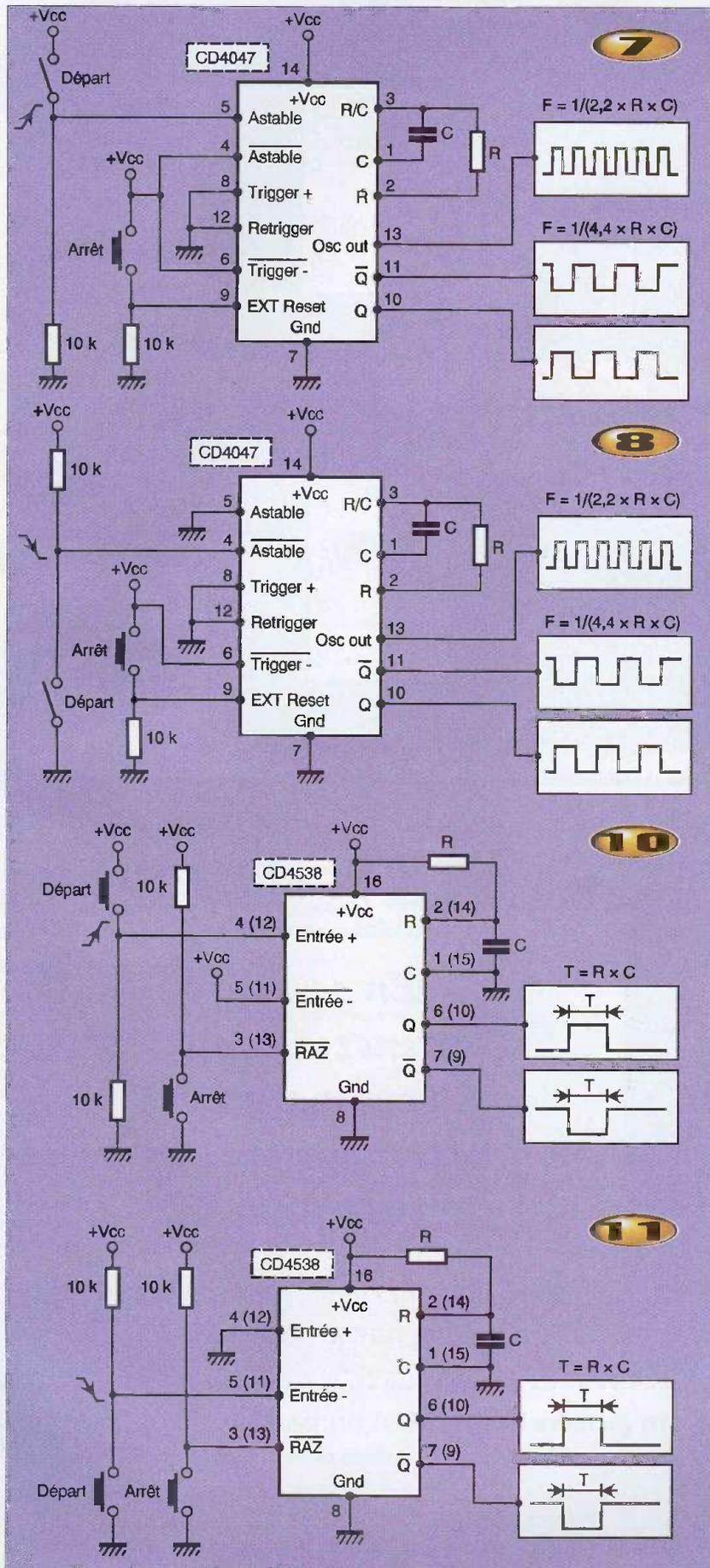
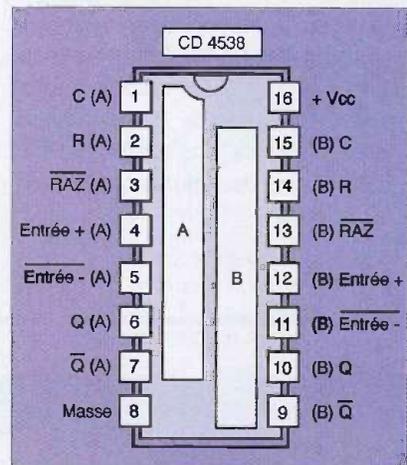


Figure 8. Multivibrateur astable à impulsion de commande de niveau logique bas.

Le CD4538

Le CD4538, sans intégrer la fonction de multivibrateur astable, renferme deux monostables de précision dans un même boîtier. En matière de composants externes, il n'est pas plus exigeant que le CD4047 : une résistance et un condensateur par monostable. Ce circuit a également retenu notre attention pour la disposition de ses broches rendant le câblage plus aisé (voyez son brochage en **figure 9**). De plus, le circuit RC imposant la durée de l'impulsion est raccordé, d'une part à la masse du côté du condensateur et



d'autre part au positif de l'alimentation par la résistance. Seul le point commun se connecte au circuit intégré. Ce type de schéma présente l'avantage de pouvoir facilement commuter, ou changer, les valeurs de la résistance, ou du condensateur par un montage externe. Comme le CD4047, le CD4538 possède deux sorties complémentaires par monostable et peut se commander en logique positive ou négative. Sa tension d'alimentation doit être comprise entre 3 et 18 volts. La plage de largeur d'impulsion en sortie s'étend de 10 μ s. à 10 secondes. Voici les formules rudimentaires, nécessaires au calcul de la durée de l'impulsion.

- **Durée de l'impulsion (en secondes) =**
 $R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F)$

- **Durée de l'impulsion (en ms) =**
 $R \text{ (en } M\Omega) \cdot C \text{ (en } \mu F) \cdot 1000$

Voici, maintenant, les différents schémas permettant d'obtenir les quatre types de monostables.

Figure 10. Monostable non redéclenchable à impulsion de commande de niveau logique haut.

Figure 11. Monostable non redéclenchable à impulsion de commande de niveau logique bas.

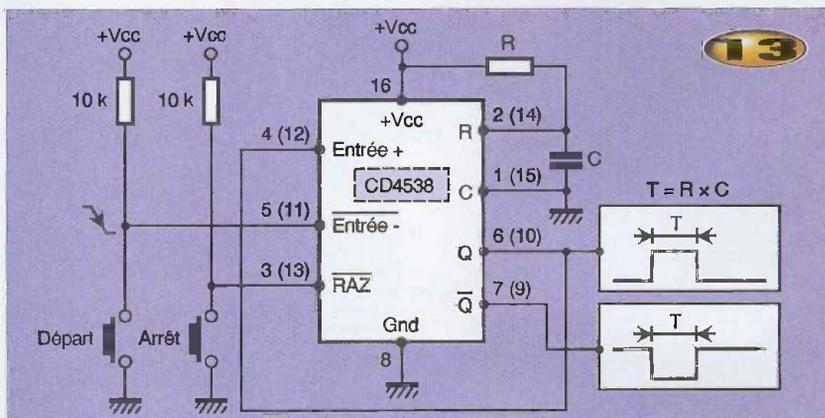
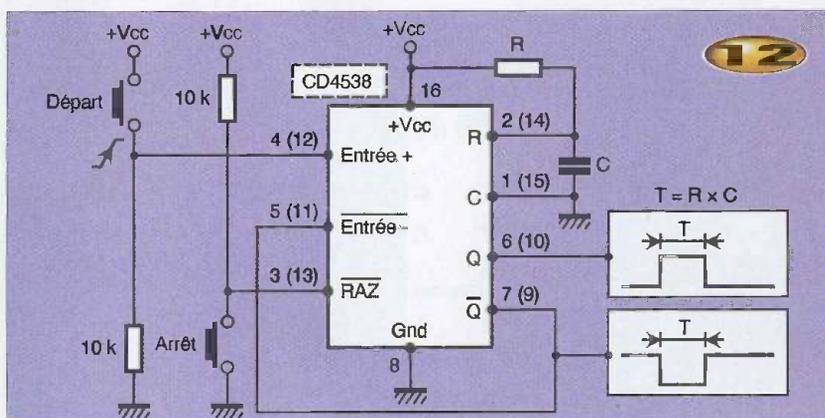
Figure 12. Monostable redéclenchable à impulsion de commande de niveau logique haut.

Figure 13. Monostable redéclenchable à impulsion de commande de niveau logique bas.

Conclusion

Les circuits intégrés étudiés ici doivent vous permettre de choisir le composant approprié à la réalisation d'un projet en électronique logique. Cet article a pour but de vous montrer qu'il est souvent plus simple, plus fiable et plus agréable d'utiliser un circuit spécialisé pour une tâche donnée que de réaliser une fonction soi-même. Il fallait, bien sûr, maîtriser le « maniement » des fonctions logiques de base et séquentielles, et nous espérons vous avoir aidés à atteindre ce but. Lors d'un prochain article, nous étudierons les compteurs logiques.

Y. MERGY



Et si on parlait « tubes » ... 11 COURS

Led

N°s 174 à 184

25 €



94 pages

Et si on parlait tubes...

En 11 cours,
apprenez à connaître
et à maîtriser
le fonctionnement des tubes
électroniques

Émission thermoionique, électron-volt,
charge d'espace...

Je désire recevoir le CD-Rom (fichiers PDF) « Et si on parlait tubes... »

France : 25 € Union européenne : 25 € + 2 € frais de port Autres pays : nous consulter

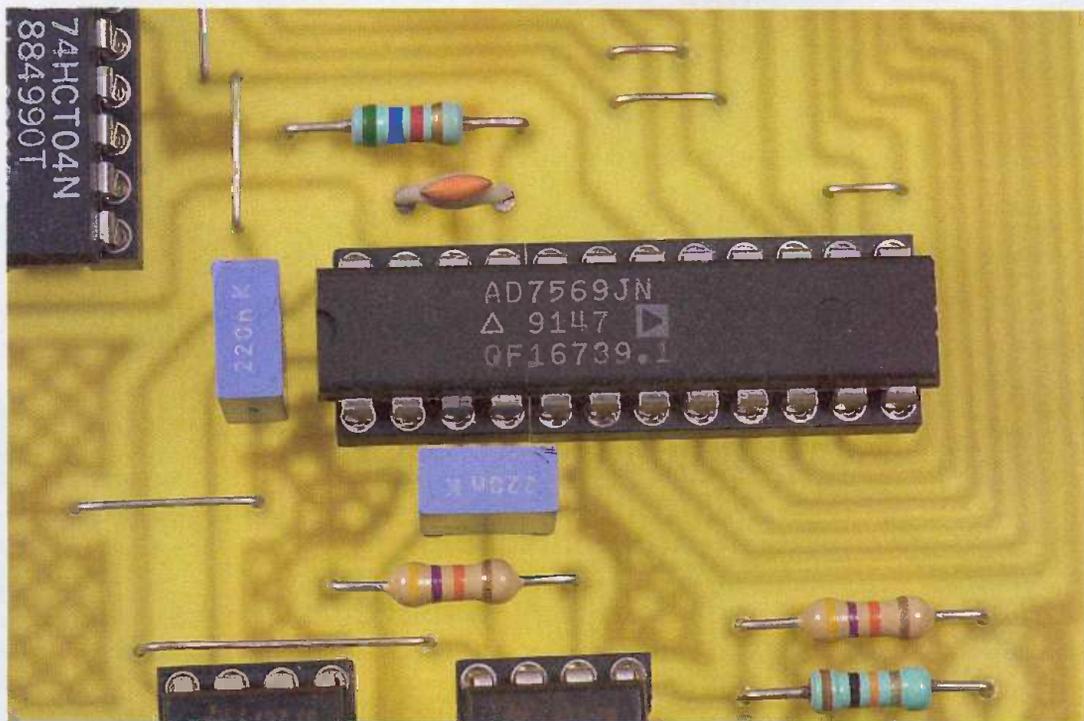
Nom : _____ Prénom : _____

N° : _____ Rue : _____

Code Postal : _____ Ville-Pays : _____

Ci-joint mon règlement par : chèque bancaire CCP mandat - Union européenne : règlement uniquement par mandat postal
A retourner accompagné de votre règlement à : EDITIONS PÉRIODES 2-12 rue de Bellevue 75019 Paris Tél. : 01 44 84 88 28

Les convertisseurs



Liens inévitables entre les microcontrôleurs et l'électronique analogique, les convertisseurs sont très largement employés. Bien que toujours fabriqués en boîtier seul, ils sont le plus souvent intégrés sur la puce du microcontrôleur et il est courant aujourd'hui de voir ces derniers équipés de convertisseurs 10 bits. Ils méritent que nous leur accordions de temps à autre quelques pages théoriques afin de bien assimiler leur fonctionnement.

Généralités

Il existe deux types de convertisseurs : le convertisseur numérique/analogique (CNA) et le convertisseur analogique/numérique (CAN). Le premier génère une tension continue proportionnelle au poids de l'octet présent sur ses entrées (dans le cas d'un convertisseur huit bits). Le second, quant à lui, convertit en données binaires la valeur de la tension analogique qui est appliquée sur son entrée. On peut alors comprendre que les applications soient nombreuses. Qu'ils soient d'un type ou de l'autre, les convertisseurs sont tous basés sur un même principe : ils utilisent un réseau appelé R/2R dont la représentation schématique est donnée en **figure 1**. Ce qui est primordial dans ce type de réseau, ce n'est pas la valeur des résistances mais le rapport existant entre elles. Il doit être très exactement de deux. C'est-à-dire que si R vaut

10 k Ω , 2R devra posséder une valeur de 20 k Ω . C'est ce rapport qui détermine la précision du convertisseur et c'est pour cette raison que les résistances sont ajustées au laser.

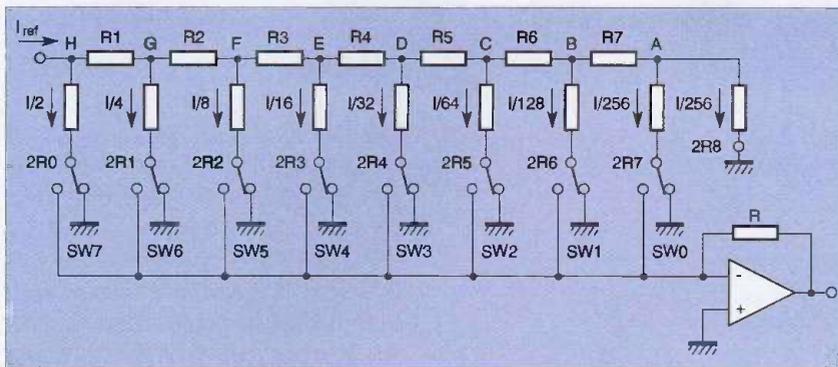
Une autre chose très importante est à signaler afin d'obtenir un fonctionnement correct de tout convertisseur : c'est la tension de référence qui se doit d'être la plus précise et donc la plus stable possible. Il convient d'utiliser des diodes zénères de référence dont la dérive est de quelques « ppm » (parties par million). Nous utilisons, pour notre part et ce depuis plusieurs années, le type TL431CLP qui est une diode zéner de précision dont la tension de sortie est ajustable par un simple potentiomètre et qui donne toute satisfaction. Sa dérive est très faible de même que son coût d'achat. Son schéma interne est donné en **figure 2**.

Revenons au schéma de la figure 1. Nous voyons huit commutateurs

inverseurs qui permettent de connecter les résistances 2R0 à 2R7 soit à la masse, soit à l'entrée inverseuse d'un amplificateur opérationnel de sortie. En fait, ils font partie intégrante d'une logique interne au convertisseur contrôlée par divers signaux externes comme, entre autres, CS/ (Chip Select) et CLK (Clock), signaux émis par le microprocesseur (ou microcontrôleur) qui le pilote.

Certains convertisseurs nécessitent, parfois, un oscillateur externe (par exemple l'AD7581 que nous verrons dans les lignes qui suivent). C'est le signal CLK qui cadence les opérations d'échantillonnage et donc la vitesse de conversion.

Voyons maintenant le principe de fonctionnement d'un convertisseur huit bits. Les huit commutateurs connectent les résistances à la masse tandis que la résistance 2R8 y est reliée à demeure. Cette dernière est donc mise en parallèle avec 2R7 ce



1 Représentation schématique d'un réseau R-2R

qui donne une valeur égale à R ($2R/2$). Mais celle-ci étant mise en série avec $R7$, nous obtenons la valeur :

$$(2R8 // 2R7) + R = R + R7 = 2R$$

Cette résistance équivalente est ensuite mise en parallèle avec $2R6$, mais également en série avec $R6$ ce qui nous donne le même résultat, soit $2R$. Et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on arrive au point H. C'est ici qu'est connectée la tension de référence. Là, le courant rencontre un diviseur par deux : la résistance $2R0$ est donc traversée par un courant égal à $I_{ref}/2$. La résistance $R1$ est traversée par le même courant. Par contre, la résistance $2R1$ est traversée par un courant égal à $I_{ref}/4$ puisqu'elle constitue avec le couple $R2$

et $2R2$ un nouveau diviseur par deux. Ce principe se reproduit jusqu'au point B où I_{ref} ne présente plus qu'une valeur égale à $1/128^{ème}$ de sa valeur d'origine. Il rencontre alors, pour la dernière fois, un dernier diviseur par deux ($2R7$ et $2R8$) qui le réduit à $1/256^{ème}$.

En prenant 5 V comme tension de référence V_{ref} , les valeurs des tensions mesurées aux points A à H sont les suivantes :

- En A, $V_{ref} / 256 = 0,0195$ V
- En B, $V_{ref} / 128 = 0,039$ V
- En C, $V_{ref} / 64 = 0,078$ V
- En D, $V_{ref} / 32 = 0,156$ V
- En E, $V_{ref} / 16 = 0,312$ V
- En F, $V_{ref} / 8 = 0,625$ V
- En G, $V_{ref} / 4 = 1,25$ V
- En H, $V_{ref} / 2 = 2,5$ V

Ces tensions sont calculées à quelque $10/10\ 000^{èmes}$ près, mais si l'addition en est faite, nous arrivons à une valeur de 5 V, soit la tension V_{ref} de référence.

Voyons maintenant, comme exemple, le schéma représenté en **figure 3**. Nous avons arbitrairement positionné les bits D0 et D7 à un niveau haut (1 logique).

Les six autres bits de données sont laissés au niveau bas (0 logique). Les commutateurs

SW0 et SW7 connectent respectivement les résistances $2R0$ et $2R7$ à l'entrée inverseuse de l'amplificateur opérationnel de sortie configuré en convertisseur courant/tension. La totalité du courant traverse donc la résistance de contre-réaction. Dans le cas où R possède une valeur de $100\ k\Omega$ et si nous additionnons les courants traversant ces deux résistances, un courant dont la valeur est de :

$$I_{ref} / 2 + I_{ref} / 256 \text{ soit } 0,025\ \text{mA} + 0,00195\ \text{mA} = 0,025195\ \text{mA}$$

est présent à l'entrée de cet AOP. La tension de sortie est alors de :

$$0,025195 \times 100 = 2,5195\ \text{V}$$

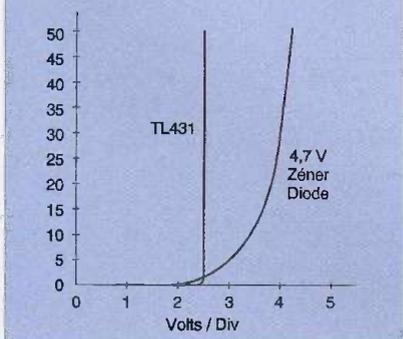
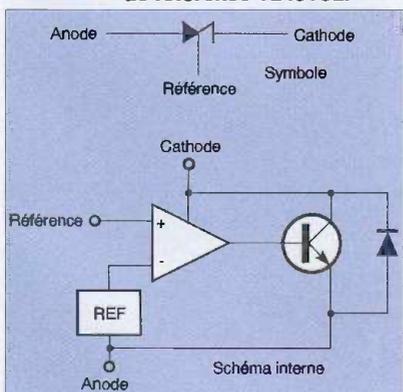
La conversion analogique/numérique

La conversion analogique/numérique permet la lecture d'une grandeur physique par un système numérique, système ne pouvant « comprendre » que les niveaux logiques 0 ou 1. La précision de la conversion dépend du nombre de bits utilisés par le convertisseur qui peuvent varier, selon le modèle entre 8, 10, 12 et plus. Le résultat d'une conversion est donnée à $+0$ – 1 bit près. On peut donc comprendre que plus la résolution d'un convertisseur est grande, plus grande sera la précision. Ainsi, pour une valeur de tension de référence de 5V, la résolution sera selon le type de :

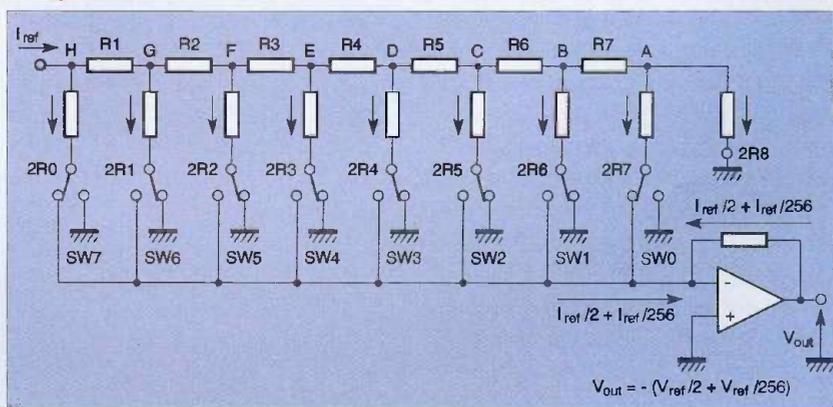
- 8 bits $\rightarrow 5 / 256 = 0,0195$ V
- 10 bits $\rightarrow 5 / 1024 = 0,0048$ V
- 12 bits $\rightarrow 5 / 4096 = 0,0012$ V

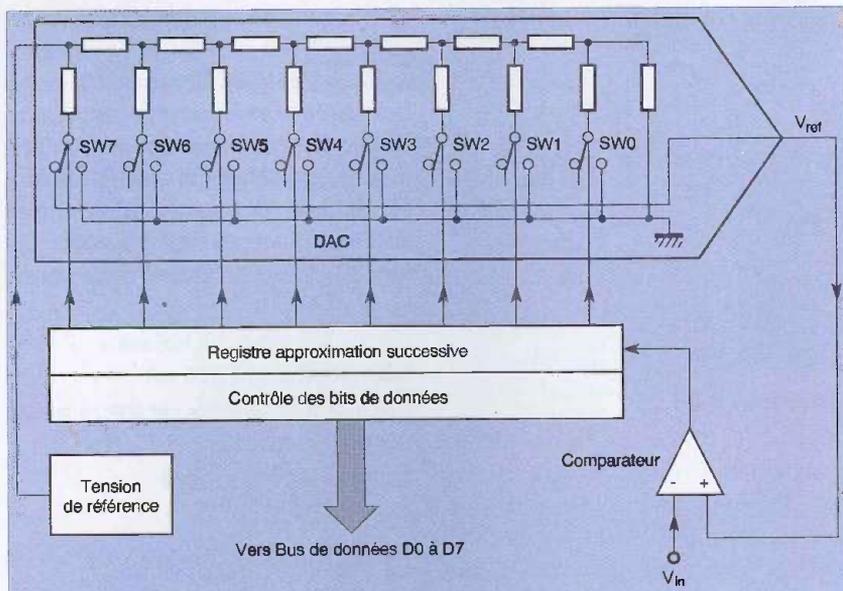
On voit donc qu'une tension mesurée à l'aide d'un convertisseur 8 bits le sera à 19,5 mV près, alors que la même tension mesurée par un convertisseur 12 bits le sera avec une

2 Schéma interne de la diode de référence TL431CLP



3 Calcul de la tension de sortie d'un réseau R-2R





4 Schéma simplifié d'un convertisseur A/N

tolérance de 1,2 mV. On a donc intérêt, lorsque la précision est primordiale, à choisir la plus haute résolution possible.

Les convertisseurs analogiques/numériques utilisent, comme nous l'avons vu, un réseau logique, un réseau R/2R, un CNA, un comparateur et une tension de référence. Le schéma simplifié d'un CAN 8 bits est donné en **figure 4**. La majorité d'entre eux fonctionnent selon le principe de conversion par approximations successives, principe simple basé sur une suite de comparaisons. Huit interrupteurs commandés par la logique interne dépendant d'une horloge sont commutés à tour de rôle en commençant par SW7, bit de poids le plus fort. Un comparateur reçoit sur l'une de ses entrées la tension V_{in} à mesurer tandis que sur la seconde est appliquée une tension V_{ref} . Si la tension V_{in} est supérieure à V_{ref} , alors le bit D7 est positionné à 1. Si V_{in} est inférieure à V_{ref} , le bit D7 est positionné à 0. La même opération est ensuite effectuée avec le bit D6 et les suivants jusqu'au bit D0. Un octet apparaît en fin de cycle sur les huit sorties du convertisseur, octet qui est l'image numérique de la tension d'entrée et qui peut alors être traité par le microcontrôleur. Ce système de conversion est simple mais présente un inconvénient assez gênant dans certains cas : il est lent. En effet, une conversion peut demander plusieurs dizaines de μs , ce qui peut paraître dérisoire sauf si l'échantillonnage de signaux de fréquence élevée est souhaité. C'est le cas des oscilloscopes numériques. On peut alors utiliser un autre type de convertisseur appelé « flash ».

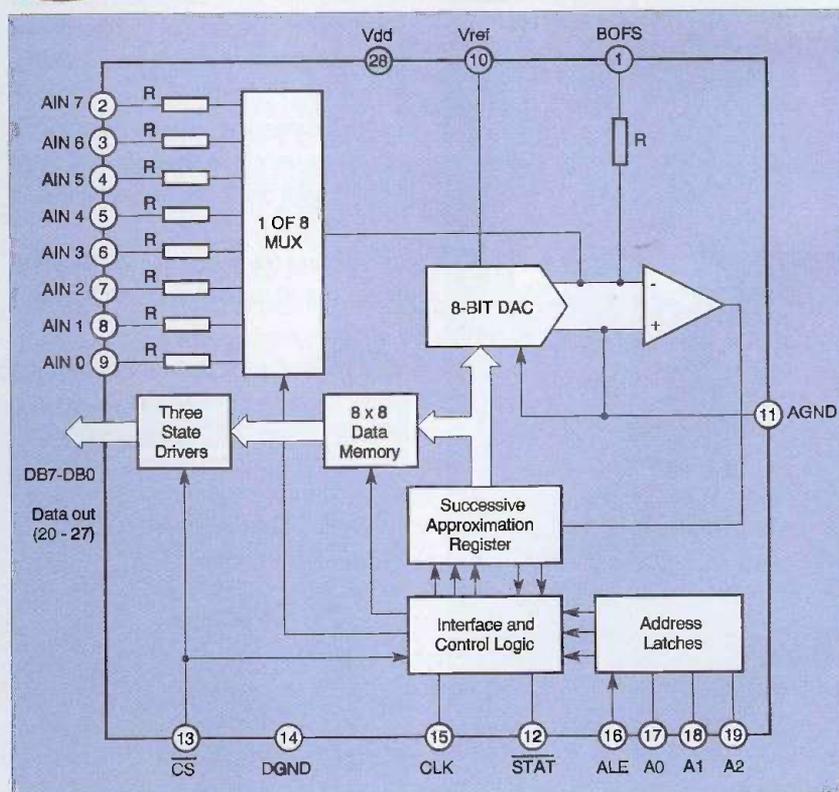
Ce dernier ne fonctionne pas selon la conversion par approximations successives mais au moyen de nombreux comparateurs qui permettent une conversion immédiate d'une tension analogique en une grandeur numérique. Voyons maintenant quelques schémas théoriques de montages utilisant ces types de convertisseurs.

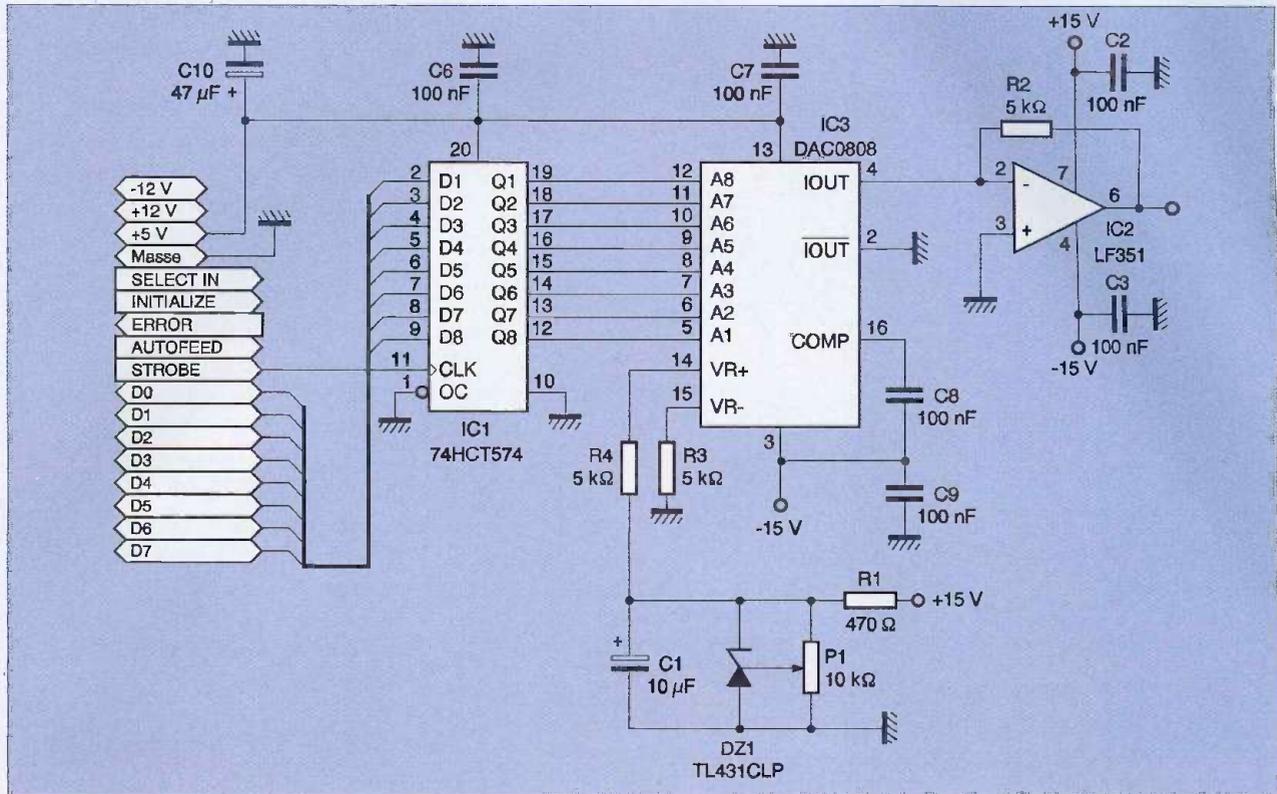
Applications pratiques des CAN

Nous vous présentons dans ce paragraphe quelques convertisseurs courants ainsi que leurs schémas d'applications. Nous commençons par un composant fabriqué par ANALOG DEVICES qui présente l'avantage de disposer de huit canaux de mesure en interne, l'AD7581. C'est un convertisseur huit bits dont le temps de conversion pour huit canaux est d'un peu plus de 66 μs , ce qui est relativement long. Il sera donc dédié à des mesures de phénomènes lents. Son schéma est donné en **figure 5**, tandis que la **figure 6** représente le CNA interne.

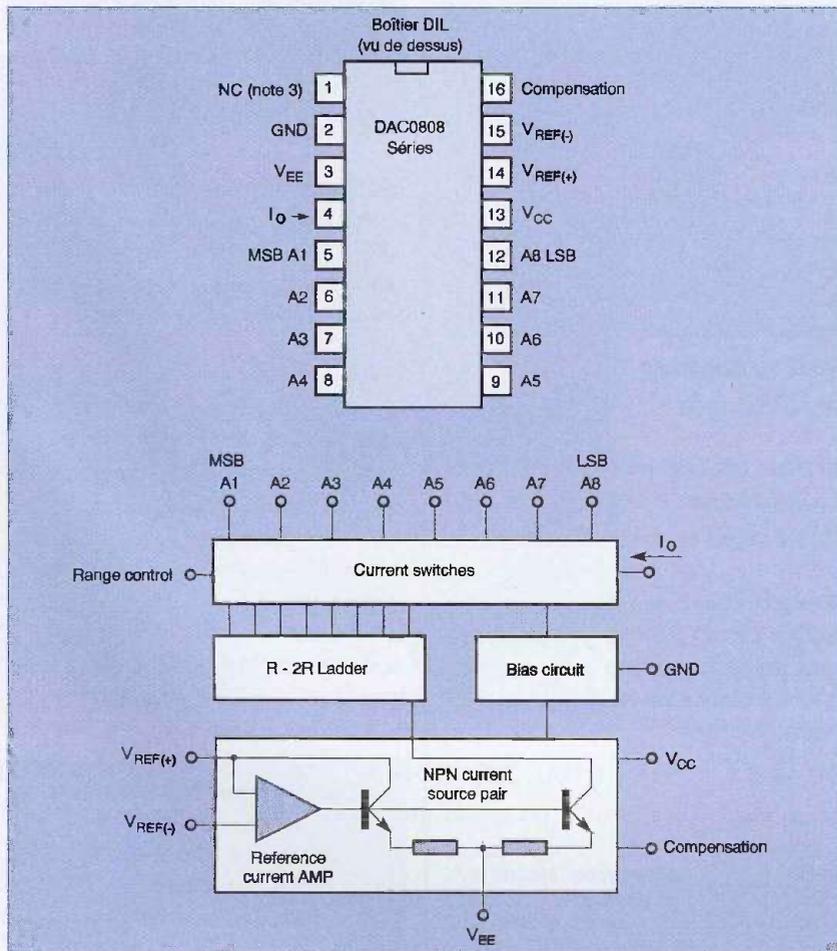
On aperçoit sur le schéma interne le multiplexeur des huit entrées ainsi que toute la logique de contrôle des opérations. Chacun des huit canaux peut être sélectionné au moyen de trois lignes d'adresses reliées soit à un bus d'ordinateur, soit aux lignes IO d'un microcontrôleur. Le circuit possède également une mémoire de 64 bits (8x8) permettant de stocker les résultats des mesures effectuées ainsi qu'un octuple buffer 3 états de sortie. Le schéma donné en **figure 7** est celui d'une carte destinée à fonctionner au moyen du bus ISA d'un ordinateur de type

5 Schéma interne de l'AD7581





Carte à DAC 0808 pour port // du PC

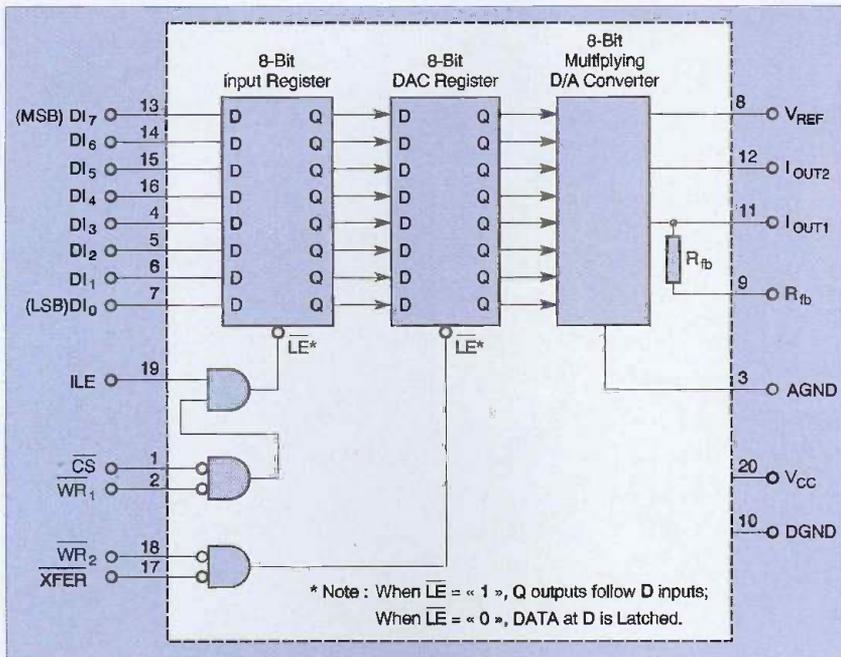


Brochage et synoptique du DAC 0808

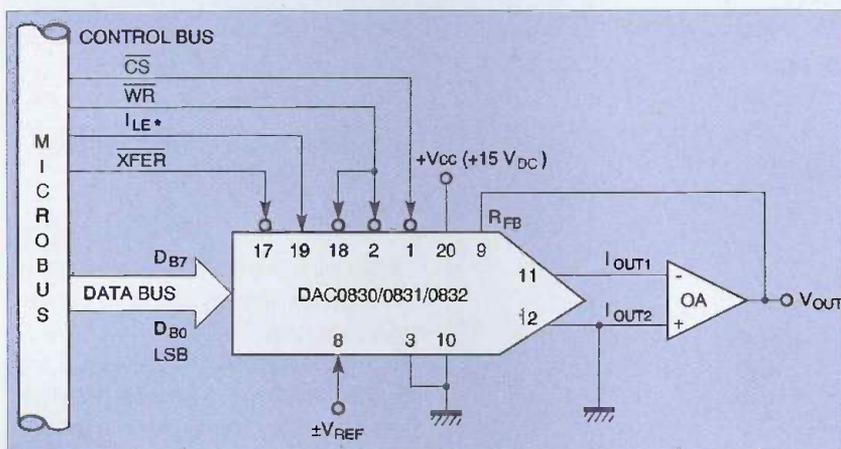
8 bits qui convertit une donnée en 150 ns. Nous sommes loin des dizaines de μ s nécessaires aux CAN.

En revenant au schéma de la figure 9, nous pouvons en voir l'extrême simplicité. Seulement trois circuits intégrés et une diode zéner de référence sont nécessaires. La carte est destinée à être pilotée par le port parallèle d'un PC. Une seule ligne de contrôle est nécessaire. Un petit inconvénient : le DAC 0808 nécessite une tension de +5 V pour sa logique interne et une tension de -15 V pour la partie analogique. C'est la tension de référence qui fixe la tension de sortie puisqu'elle peut tout aussi bien avoir une valeur de 5 V ou 10 V, à vous de décider. La tension de sortie est disponible sur la broche 6 de l'AOP configuré en convertisseur courant/tension.

Le second CNA que nous allons décrire est le DAC0832. Son schéma interne est donné en **figure 11**. Nous le considérons comme universel car il dispose de cinq lignes de validation et sa tension de référence peut varier entre -10 V et +10 V. Il peut donc être commandé par n'importe quel système, que ce soit un bus de PC, un port parallèle ou un



11 Schéma interne du DAC 0832



12 Schéma de connexion du DAC 0832 au bus micro

microcontrôleur. Nous donnons en **figure 12** le schéma de sa connexion à un bus de microcontrôleur. Afin de pouvoir l'utiliser, vous trouverez ci-dessous la fonction de ses broches de validation :

- ILE : l'une des broches de validation de l'octuple bascule d'entrées. Active au niveau haut. Si elle n'est pas utilisée, elle peut être reliée au +5 V
- CS/ : seconde entrée de validation, active au niveau bas
- WR1/ : en combinaison avec CS/, active au niveau bas, elle permet de mémoriser la donnée présente sur les huit entrées
- WR2/ : en combinaison avec XFER/, active

au niveau bas, cette entrée permet le transfert de l'octet dans le registre du CNA

- XFER/ : signal de contrôle de transfert

Nous achevons ici cette étude des convertisseurs et encourageons les lecteurs intéressés à réaliser les schémas décrits, qui, nous devons le signaler, ont été testés et fonctionnent parfaitement.

P. OGUIC
Bibliographie : Mesures et PC
(Collection ETSF (DUNOD))
L'interface parallèle du PC
(Collection ETSF (DUNOD))

Communiqué de presse

Rencontre Robotique Salle Joliot Curie, à Vénissieux, mercredi 16 mars, de 13h30 à 18h

Dans le cadre des États Généraux de la Jeunesse, manifestation mise en place par la ville de Vénissieux du 14 au 19 mars 2005, une rencontre robotique sera organisée, en collaboration avec l'association Planète Sciences.

Elle consiste en un concours de robots conçus par des collégiens et lycéens des villes de l'agglomération lyonnaise, dans le cadre des projets TPE (Travaux Personnalisés Encadrés) ou des clubs scolaires de robotique. Elle fait suite au Trophée de Robotique, organisé annuellement (février 2005) par Planète Sciences.

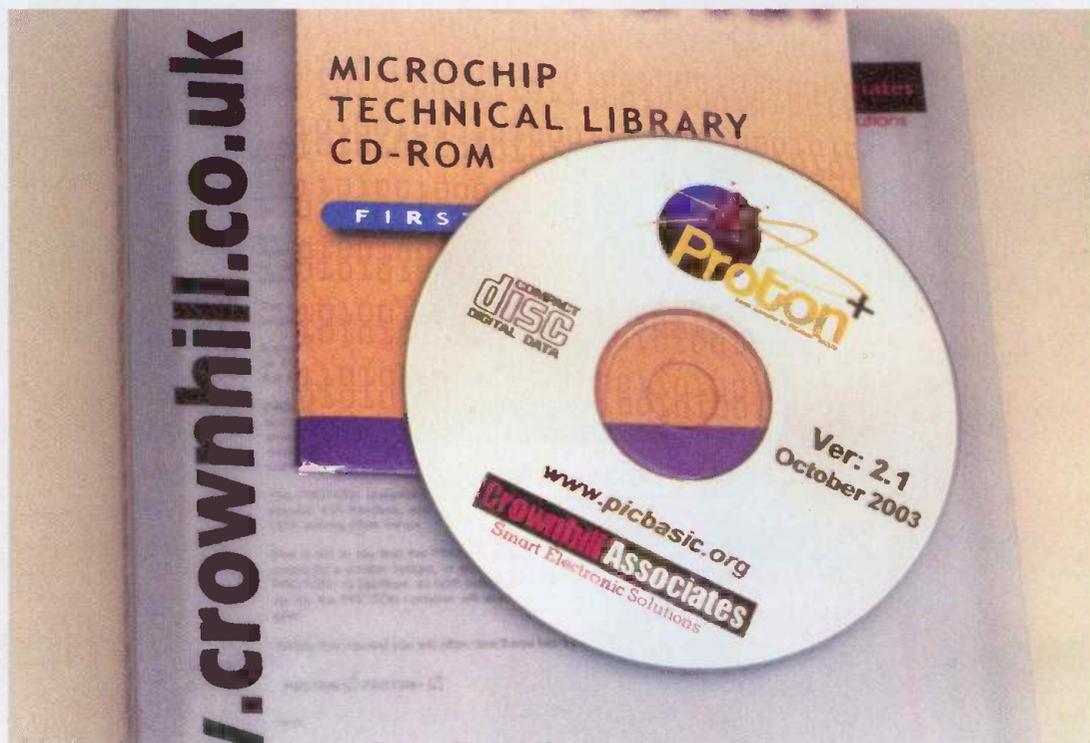


Elle propose aux jeunes de présenter leurs travaux et de partager leur passion avec un public plus large. Cette rencontre permet ainsi de manière ludique de découvrir ce loisir à la fois scientifique et technique.

Toutes les notions acquises en classe sont appliquées de manière pratique : en arts plastiques par la réalisation de maquettes, en mathématiques par le calcul des vitesses par exemple, en sciences physiques par l'étude des circuits électriques et de la transformation des mouvements. Ce qui permet ainsi de favoriser l'intégration sociale et la réussite scolaire, par la valorisation et la mise en œuvre de différents savoir-faire et compétences.

Etats Généraux de la Jeunesse
Hôtel de Ville
5, avenue Marcel Houël
69 200 Vénissieux
Tél: 04-72-21-45-45

PROTON+ : un super compilateur basic pour PIC



Faut-il encore vanter les mérites des compilateurs Basic en matière de programmation de PIC ? Assurément oui, dans la mesure où des outils extraordinairement puissants succèdent petit à petit aux grands classiques qui ont fait le succès de cette façon de développer du code. De quoi exploiter au mieux l'enrichissement de cette famille de microcontrôleurs, pour mettre sur pied des applications toujours plus ambitieuses.

Une plate-forme "musclée"

Conçus par la firme britannique Crownhill et distribués en France par Selectronic, Proton et Proton+ se présentent comme les dignes successeurs des compilateurs LET Basic, auxquels l'auteur de ces lignes a souvent eu recours pour ses projets "cartes à puce" à base de PIC (voir, en particulier, son dernier ouvrage "Plus loin avec les cartes à puce" aux éditions DUNOD/ETSF).

Pourtant, ce changement de nom marque un tournant majeur dans l'évolution structurelle du produit. Proton, et a fortiori Proton+ dont le prix est sen-

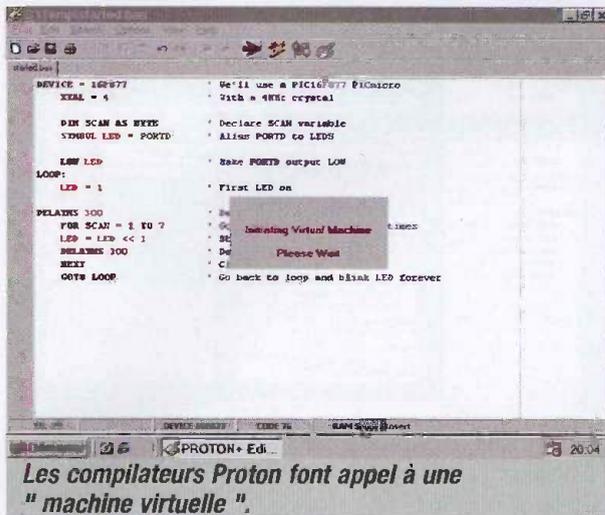
siblement double, sont désormais des applications "lourdes", nécessitant plusieurs dizaines de Mo d'espace disque sur l'ordinateur hôte.

Cela ne pose évidemment aucun problème avec un PC récent, fonctionnant "de gré ou de force" sous Windows XP, mais une porte se ferme clairement : celle des configurations "démodées" à base de 486, "tournant" généralement sous Windows 95.

C'est dommage, dans la mesure où le développement de microcontrôleurs ou de cartes à puce a toujours constitué (et constitue toujours !) un excellent débouché pour les PC prétendument "dépassés". Ne tournons pas autour du pot : le logiciel refusera tout bonnement de s'installer s'il ne détec-

te pas une configuration suffisante (processeur Pentium et écran SVGA), tandis qu'il faut s'attendre à des surprises si l'on n'est pas au moins équipé de Windows 98. Même si cela peut décevoir, la justification technique est recevable : nous sommes en présence de "grosses" applications, mettant en oeuvre des concepts de "machine virtuelle" nécessitant une puissance confortable et suffisamment de mémoire.

Sur un Pentium 75 exécutant Windows 98 SE et disposant de 32 Mo de RAM, une lenteur exaspérante montre bien que nous touchons là les limites basses de ce qui peut être utilisé, même avec un code source extrêmement simple. Considérons donc que



Les compilateurs Proton font appel à une "machine virtuelle".

nous sommes en présence d'un (excellent) logiciel destiné aux PC contemporains, et tirons un trait sur un passé que tout le monde s'acharne à nous faire considérer comme révolu, même si c'est une absurdité quand on ne fait pas de multimédia. D'ailleurs, il vaut mieux ne pas chercher à réemployer du code source écrit pour les compilateurs LET Basic, car les évolutions syntaxiques sont légion.

Beaucoup d'innovations !

Une petite comparaison permettra de prendre la mesure de l'ampleur de la refonte subie par le produit : en nous bornant arbitrairement à la lettre "D", rapprochons les "dictionnaires" de mots réservés de LET Basic version 7 (DATA, DEFINE, DELAYMS, DELAYUS, DEVICE, DIM) et de Proton+ version 2 (DATA, DB, DC, DCD, DE, DEC, DECLARE, DEFINE, DELAYMS, DELAYUS, DEVICE, DIG, DIM, DISABLE, DIV2, DT, DTMFOUT, DW, DWORD) !

Si fort peu de mots-clefs ont disparu, beaucoup sont apparus, et certains s'utilisent d'une façon profondément repensée. En fait, ce qui a le plus évolué est peut-être la mise en oeuvre de "périphériques virtuels" : là où LET Basic procédait par inclusion de bibliothèques séparées (directive INCLUDE), Proton déclare et paramètre des fonctionnalités complètement intégrées (directive DECLARE). Au prix d'un fichier d'installation devenu assez volumineux (19 Mo pour la seule version limitée téléchargeable gratuitement sur www.picbasic.org/proton_ds_lite.zip), des possibilités fort alléchantes font leur apparition : génération de tonalités DTMF, support de bus USB, SPI et OneWire (Dallas) en plus

de l'I2C, communications "X-10" par les fils du secteur, etc. Bien entendu, toutes les variantes de PIC ne seront pas forcément compatibles avec la totalité de ces fonctionnalités : on choisira, par exemple, un PIC16C765 (ou 745) si l'on veut développer un périphérique USB, ou un PIC16F877 pour se passer de programmeur en transitant par un "bootloader". Attention,

toutefois, à bien appréhender la complexité de la tâche ! Ce n'est pas parce que le compilateur facilite au maximum l'implémentation des protocoles de bas niveau que l'on peut faire de l'USB sans se donner la peine d'acquiescer les connaissances nécessaires... A contrario, il faudra rester modeste si l'on se tourne vers des PIC à cœur 12 bits comme les 12C5xx, pas si souvent supportés par les compilateurs concurrents malgré leur grande popularité.

Il faut bien comprendre que Proton+ est un outil de développeur averti, disons même de professionnel, au point de nous faire regretter l'abandon pur et simple des compilateurs LET Basic. Ils suffisaient amplement, même en version "Lite", pour un usage amateur ou didactique, et se comportaient fort honorablement sur des configurations bureautiques peu puissantes.

Sensiblement "allégé", Proton "tout court" se situe entre les deux, en ne supportant pas les PIC à 16 bits, l'arithmétique à virgule flottante, les variables 32 bits, et les "vrais" afficheurs graphiques. Cela donne, au passage, une idée encore plus nette des possibilités de la version "plus"... Fort heureusement, une solide documentation "papier", une aide en ligne détaillée, et des renvois vers les indispensables compléments d'informations sont là pour mettre efficacement l'utilisateur sur la bonne voie. Reste que c'est en forgeant

que l'on devient forgeron, et qu'il faut prévoir de parcourir une longue "courbe d'apprentissage" avant de pouvoir prétendre connaître toutes les "ficelles" du produit : toutes proportions gardées, cela ferait presque penser à la prise en mains d'un outil de développement d'applications Windows comme Delphi ou Visual Basic, ou encore de cartes à puce comme ZCBasic !

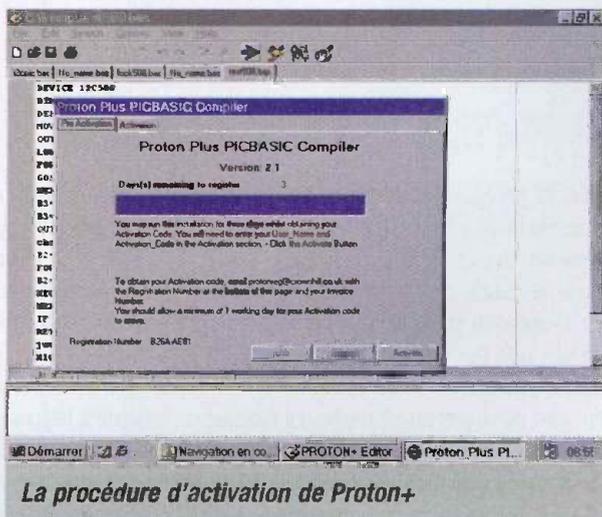
Une installation "protégée"

Pas question, c'est évident, de distribuer un tel "monument" sans assurer sa protection contre une utilisation illicite ! À l'exception de la version "Lite", gratuite, tant Proton que Proton+ ne fonctionneront que pendant trois jours après leur installation, délai nécessaire à l'obtention d'un "code d'activation" par e-mail.

En pratique, le logiciel affiche un "numéro d'enregistrement", lié à l'ordinateur utilisé, qu'il faut joindre au numéro de la facture pour obtenir la clef d'activation permettant de débloquent le compilateur après l'expiration du "délai de grâce". Cette protection "économique" n'interdit nullement les copies de sauvegarde du CD-ROM original, mais empêche toute installation non autorisée sur plusieurs ordinateurs à la fois. Une autre méthode, employée en concurrence, consiste à joindre au logiciel un "dongle" se présentant sous la forme d'une clef USB. Là encore, Windows 98 SE ou supérieur s'impose !

Un environnement intégré

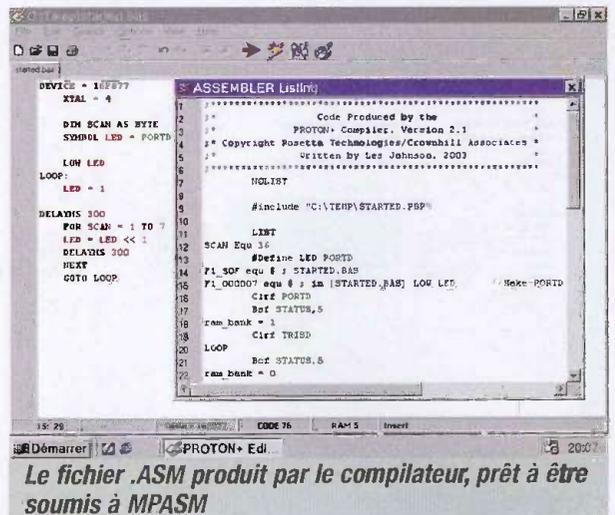
Comme toutes les applications Windows qui se respectent, les compilateurs de la famille



La procédure d'activation de Proton+

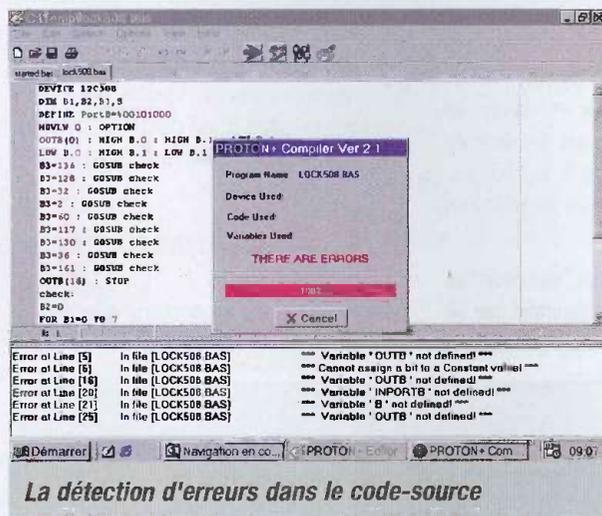
Proton utilisent sans modération la technique de la mosaïque de fenêtres (d'où l'exigence d'un écran SVGA). Dès le lancement du logiciel, on se trouve dans un éditeur de texte optimisé pour l'usage que l'on va en faire. Les couleurs des caractères affichés diffèrent, par exemple, en fonction de leur signification, ce qui permet de repérer les mots réservés, ou les noms de variables, d'un simple coup d'oeil ! Une barre de boutons donne accès aux principaux outils de développement, à commencer bien sûr par le compilateur proprement dit. Sachant qu'un "vrai" compilateur Basic commence toujours par produire du langage assembleur, qui est ensuite converti, même si cela se fait de façon "transparente", en code machine, plusieurs fenêtres vont s'ouvrir successivement en réponse à l'appui sur ce bouton. La première permet de suivre, sur une barre colorée, l'avancement du processus de compilation : tant que celle-ci reste verte, tout va bien, mais si elle vire au rouge, c'est qu'il existe des erreurs de syntaxe dans le code source. Ce sera notamment le cas si l'on tente de soumettre à Proton des programmes écrits pour un compilateur LET Basic, ou bien (quelle idée !) pour un produit concurrent (Basic Stamp, par exemple).

voir être automatiquement appelé au moment voulu. Même si c'est plus rare, des erreurs peuvent également survenir à cette occasion. La plupart du temps, elles proviendront d'instructions `INLINE` mêlant du langage assembleur au code source Basic (pour gérer, par exemple, des interruptions). Dans tous les cas, elles sont enregistrées dans un fichier texte et apparaissent en détail dans une fenêtre distincte. Plusieurs aller-retour avec le code source sont généralement nécessaires pour parvenir à un résultat totalement exempt d'erreurs et d'avertissements, avant de passer à la programmation du PIC. Différents modèles de programmeurs étant directement compatibles avec Proton et Proton+, il est souvent possible de "brûler" le composant sans même quitter l'environnement de développement. En pratique, il suffit que le logiciel du programmeur soit capable

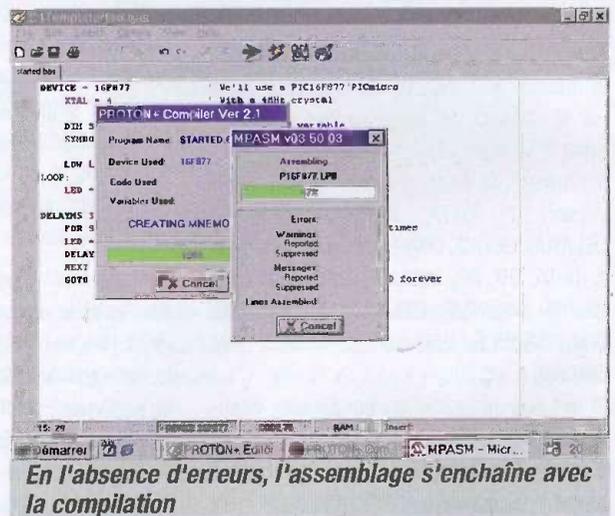


Le fichier .ASM produit par le compilateur, prêt à être soumis à MPASM

développement ne s'arrête pas là ! Grâce à une architecture associant différents exécutoires distincts, il est possible d'incorporer des modules de simulation ou d'émulation "tierce partie", si l'on ne souhaite pas programmer physiquement des composants avant d'avoir tout vérifié. Le simulateur MPLAB de Microchip est un bon choix, dans la mesure où il est disponible gratuitement, mais on peut également s'intéresser à des solutions du commerce comme Proteus. À la limite, même l'éditeur de texte intégré pour-



La détection d'erreurs dans le code-source

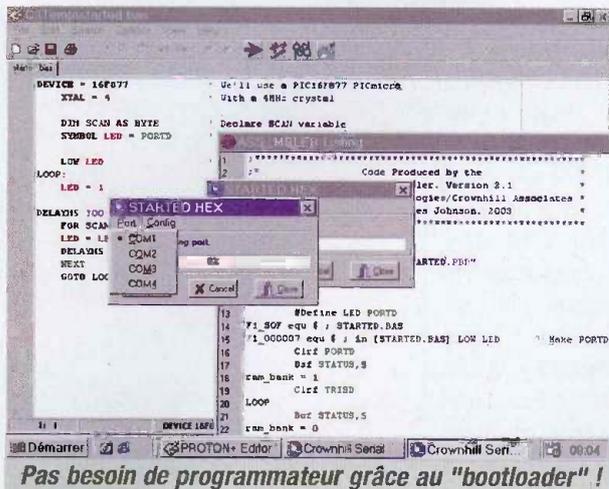


En l'absence d'erreurs, l'assemblage s'enchaîne avec la compilation

Si cette première étape est un succès, une seconde fenêtre s'ouvre pour montrer la progression du processus d'assemblage. A ce stade, un fichier .ASM résultant de l'opération de compilation est donc déjà présent sur le disque, que l'on peut examiner en cliquant tout simplement sur le bouton "View". Ce n'est pas directement Proton qui effectue cet assemblage, mais l'assembleur "officiel" de Microchip (MPASM) : ce dernier se trouve, en effet, installé en même temps afin de pou-

de fonctionner en mode "ligne de commande", et que l'on apprenne à Proton la syntaxe de celle-ci. À défaut, le fichier .HEX élaboré par l'assembleur peut être exploité par quasiment n'importe quel programmeur du marché, ou construit par soi-même. Une autre option, accessible par un bouton séparé, consiste à télécharger, par une simple liaison série, le fichier .HEX dans un PIC préalablement équipé d'un utilitaire "bootloader". Mais l'intégration de notre environnement de

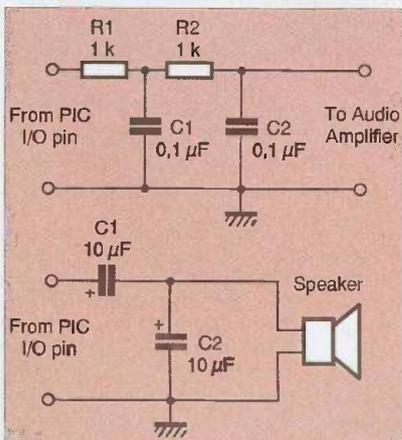
rait être remplacé par un logiciel plus élaboré, comme par exemple Ultraedit. Et si cela ne suffisait pas, n'importe quel exécutable peut être associé à Proton et appelé par lui. Il pourrait aussi bien s'agir d'une base de données consacrée aux caractéristiques des PIC, qu'un générateur de caractères pour afficheur graphique... Bien entendu, le transfert de chaînes de caractères est possible, de façon automatique, entre les programmes "appelant" et "appelé".



Un compilateur orienté "périphériques"

Une bonne partie de la puissance d'un microcontrôleur réside dans ses possibilités de raccordement au "monde extérieur", autrement dit dans ses périphériques d'entrée-sortie. Pouvoir communiquer avec un clavier, un afficheur alphanumérique ou même graphique, gérer une liaison série RS 232 ou USB, s'interfacer avec des composants I2C ou SPI, mesurer des grandeurs analogiques avec un CAN précis, commander des actionneurs en mode PWM, composer des numéros de téléphone en DTMF, voici quelques exemples mettant tous à contribution l'incontournable directive DECLARE. Servant également à informer le compilateur de certaines caractéristiques matérielles de l'application (fréquence du quartz, état du chien de garde, etc.), celle-ci ouvre véritablement l'environnement de développement à une armée de "périphériques virtuels", prête à être mobili-

Réalisation d'une sortie DTMF



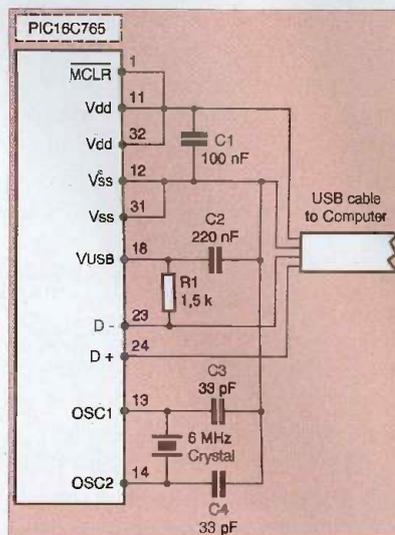
sée. D'une façon générale, tout est prévu pour que la complexité de la tâche à réaliser se trouve reportée sur le logiciel (et par conséquent prise en charge par le compilateur), afin que la mise en oeuvre matérielle soit aussi triviale que possible.

L'exemple de la **figure 1** est particulièrement représentatif, quelques composants passifs pouvant suffire pour

créer une sortie DTMF rudimentaire, avec ou sans amplificateur de puissance. Certes, un filtre actif serait préférable, mais pour peu que l'on utilise (et déclare !) un quartz de 10 à 20 MHz, on pourra réellement composer le numéro de téléphone d'Electronique Pratique au moyen d'une seule ligne de code source :

```
DTMFOUT PORTA.0,[0,1,4,4,8,4,8,8,2,6]
```

La **figure 2** montre que l'installation d'un connecteur USB n'est guère plus complexe, à condition évidemment de faire appel à un PIC supportant cette fonctionnalité (ici, un 16C765). L'initialisation étant supposée faite



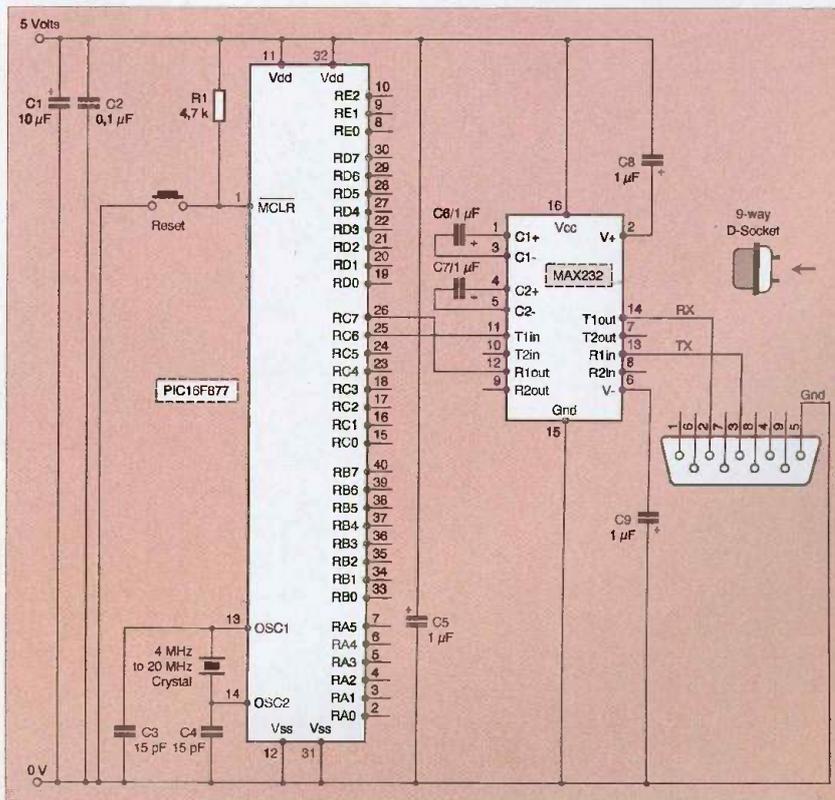
Réalisation d'une interface USB

(instruction USBINIT) et les fichiers prescrits par Microchip étant installés, un très court code-source suffira pour se "mettre à l'écoute" du bus USB grâce à l'instruction USBIN :

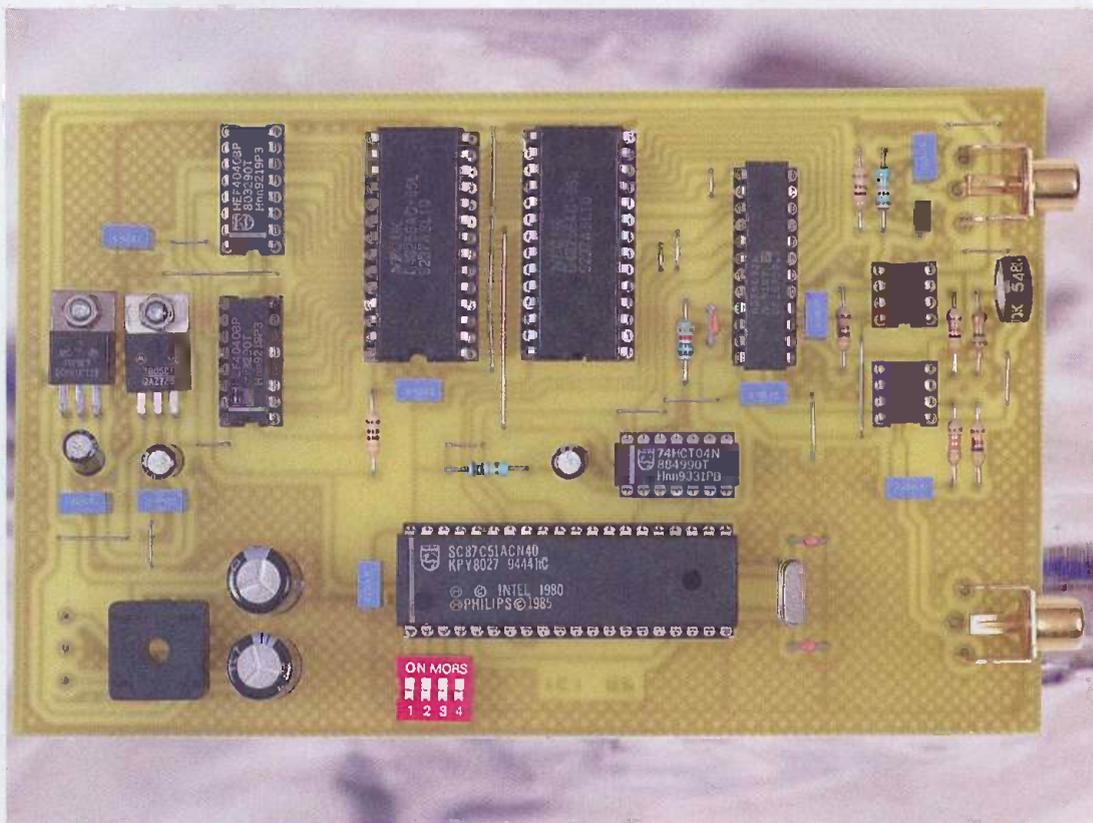
```
DIM BUFFER[8] AS BYTE
TRY_AGAIN:
USBIN 1,BUFFER,4,TRY_AGAIN
```

Symétriquement, l'instruction USBOUT est là

Réalisation d'un port série.



Chambre d'écho numérique



Les chambres de réverbération ou d'écho font partie des équipements toujours très appréciés des musiciens. Si les professionnels n'ont pas toujours besoin de se soucier du prix de ces appareils, il n'en va pas de même de l'amateur qui souhaite simplement ajouter un effet à ses instruments. Sans prétendre rivaliser avec les équipements haut de gamme, nous vous proposons de réaliser une mini chambre d'écho numérique qui vous permettra d'ajouter des effets à vos créations, à moindre frais.

Pour en limiter le coût, le montage proposé est monophonique.

Si vous êtes prêts à revoir le tracé du circuit imprimé par vous-même, vous pourrez facilement ajouter une voie supplémentaire pour transformer le montage en système stéréo mais le coût global sera un peu plus élevé.

Le temps de retard de notre chambre d'écho est réglable entre 6,2 ms et 1,5 s avec une bande passante de l'ordre de 12 kHz. Certes, on est bien loin des performances d'un équipement Hi-Fi mais il s'agit d'une réalisation dont le coût reste raisonnable en comparaison des services obtenus.

Schéma

Les schémas de notre montage sont donnés en **figures 1 et 2**. Le cœur du

montage est un microcontrôleur P89V51 qui se charge de cadencer les différentes fonctions.

La mise en œuvre de ce microcontrôleur est très classique. L'horloge interne de U2 est réglée à l'aide du quartz QZ1 et les condensateurs C6 et C7.

La remise à zéro de U2 est confiée à la cellule R1/C1, ce qui est suffisant pour ce type de montage.

Un bloc de 4 micro-switch (SW1) est connecté au port P1 du microcontrôleur pour permettre à l'utilisateur de choisir le temps de retard introduit par le montage. La position des interrupteurs est validée uniquement à la mise sous tension. Nous y reviendrons plus tard.

Pour faire fonctionner la partie active du montage, notre microcontrôleur n'a besoin de piloter que quatre signaux.

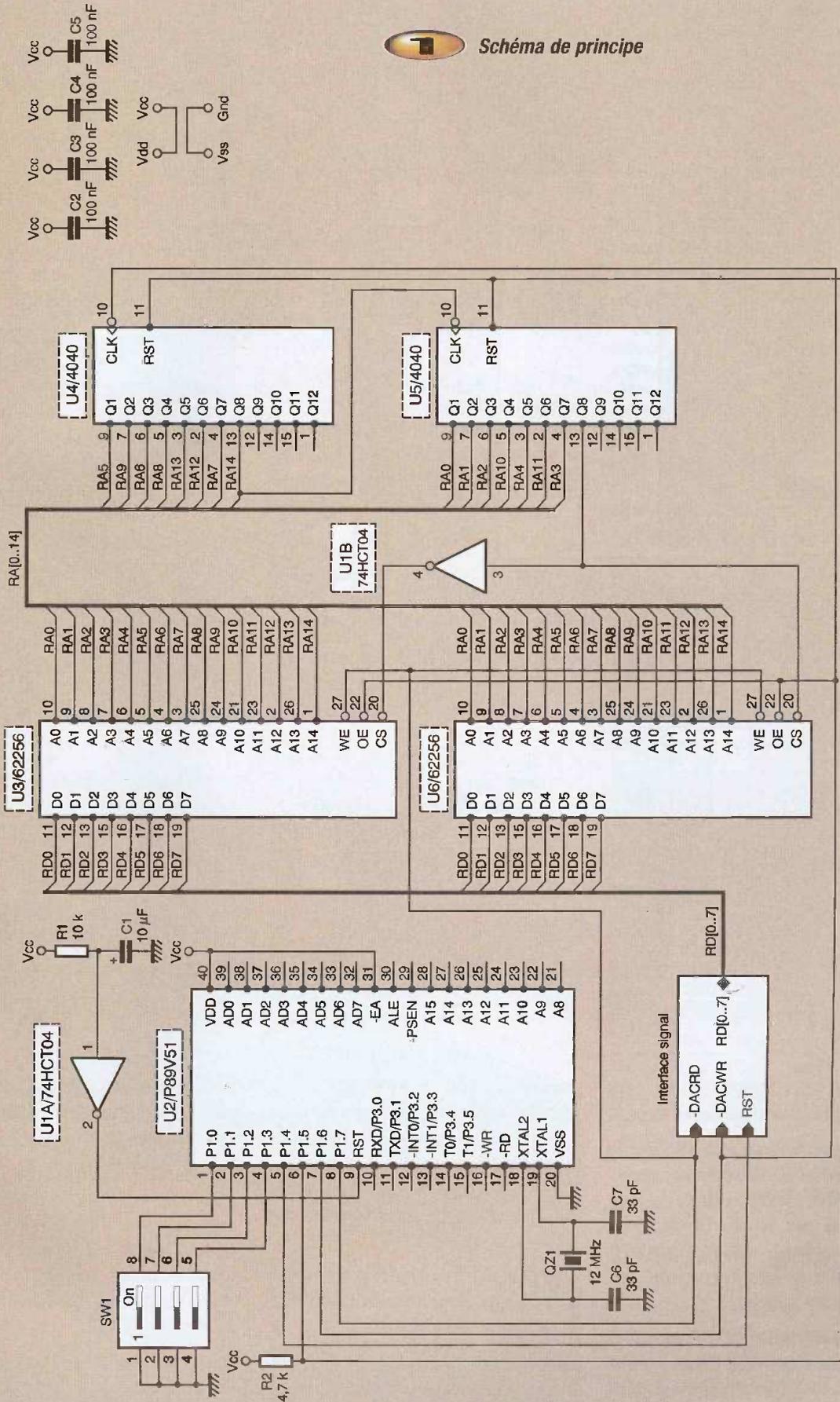
Les signaux DACRD et DACWR permettent de contrôler le sens des échanges qui auront lieu entre les convertisseurs ADC/DAC et la mémoire tandis que deux signaux supplémentaires permettent de remettre à zéro les compteurs et les convertisseurs.

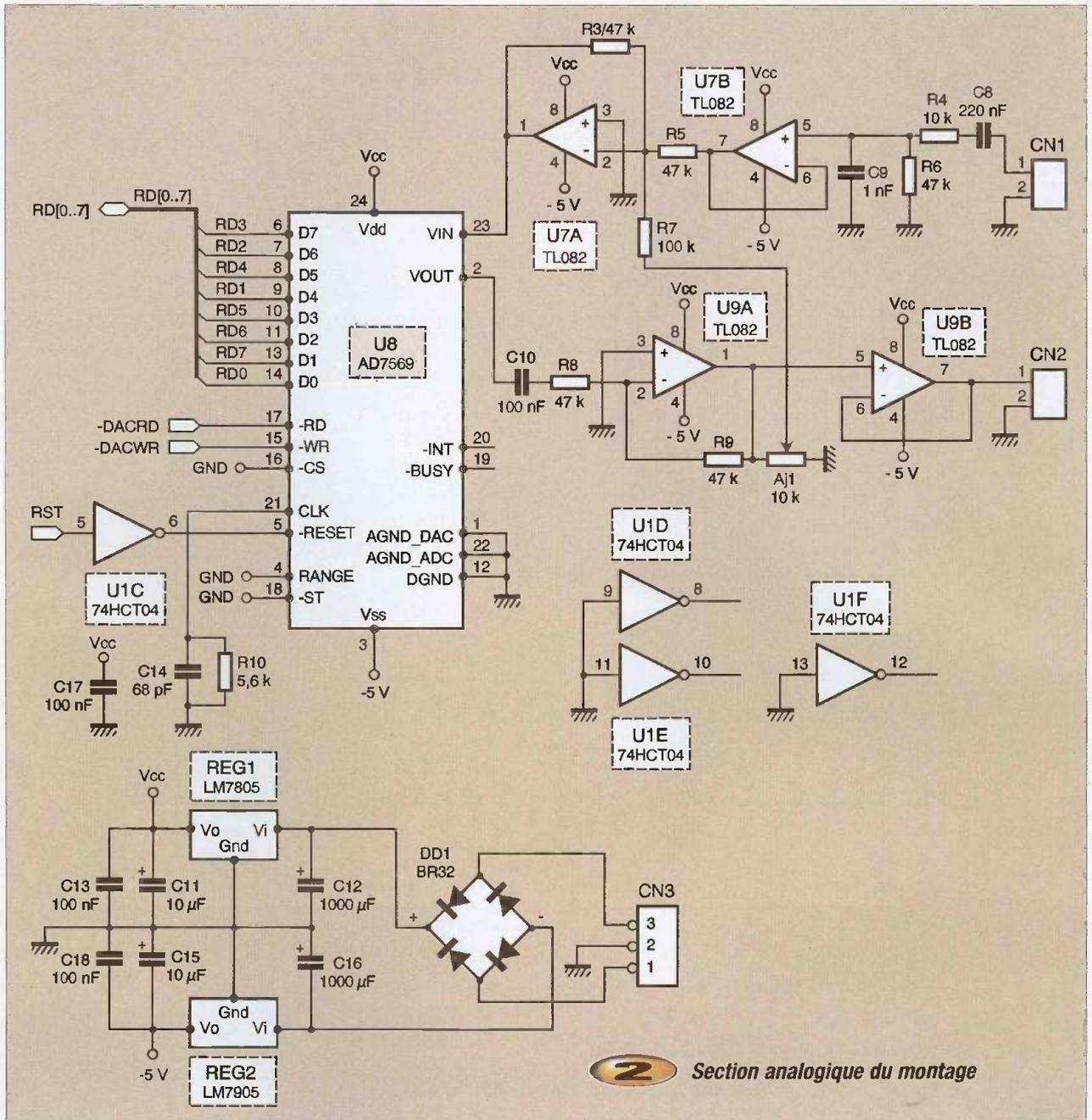
Le bus d'adresse de la mémoire qui servira à stocker les échantillons du signal d'entrée est contrôlé par un compteur 16bits constitué de U4 et U5. Vous noterez que les bus d'adresses et de données sont connectés dans le désordre pour simplifier le routage du circuit imprimé. Cela n'est pas gênant du tout puisque le même désordre est appliqué en écriture et en lecture. L'intégrité des données est donc conservée.

La **figure 2** dévoile la section analogique du montage. Le circuit U8



Schéma de principe





2 Section analogique du montage

contient à la fois un convertisseur DAC et un convertisseur ADC.

Le signal d'entrée appliqué sur CN1 est tout d'abord traité par un filtre d'entrée rudimentaire avant d'être suivi par U7B. Le signal est ensuite mixé avec le retour de l'écho par U7A. La résistance ajustable AJ1 permet de fixer le niveau du signal de retour pour produire des échos multiples.

Enfin, le signal mélangé est échantillonné par le convertisseur ADC intégré dans le circuit U8. L'entrée RANGE du circuit U8 est fixée à la masse de sorte que la plage utile du signal

d'entrée s'étend de $-1,25\text{ V}$ à $1,25\text{ V}$. Ceci est tout à fait adapté pour traiter un signal audio. L'entrée -ST du circuit U8 étant reliée à V_{cc} , les cycles de conversion du convertisseur ADC seront déclenchés par un front descendant appliqué sur la broche 17 (signal DACRD).

Le signal DACRD commande simultanément le démarrage des conversions du circuit U8 et l'écriture en mémoire RAM.

Le temps nécessaire au transfert de la donnée en mémoire RAM sera allongé artificiellement par le microcontrôleur pour permettre

au convertisseur ADC de terminer tranquillement sa conversion avant de terminer le cycle d'écriture en mémoire.

La cellule R10 / C14 détermine le temps de conversion du signal d'entrée. Avec les valeurs retenues, le temps de conversion reste inférieur à 2 ms. Il faudra veiller à respecter les valeurs choisies car le microcontrôleur n'attend que 3 ms pour effectuer le transfert vers la RAM.

Si vous modifiez inconsidérément le temps de conversion, il y a de fortes chances pour que la valeur écrite en RAM corresponde à un

résultat intermédiaire. Ceci produirait le même effet que si vous remplaçiez le convertisseur ADC par un convertisseur de très faible résolution (3 ou 4 bits par exemple). Pour reconstituer le signal de sortie, le cadencement des échanges entre la mémoire et le circuit U8 est plus simple encore.

Dès que le microcontrôleur active la ligne DACWR, la donnée lue en RAM est enregistrée par U8 et la conversion démarre immédiatement. Moins d'une microseconde plus tard, la valeur demandée est effective sur la sortie Vout (broche 2 de U8).

Pour introduire le temps de retard voulu entre l'acquisition du signal d'entrée et la reconstitution du signal de sortie, la méthode choisie est assez simple. Les données sont lues dans la RAM à l'adresse en cours, puis la même case mémoire est utilisée pour enregistrer le résultat d'une nouvelle conversion ADC. Lorsque le compteur sera remis à zéro, les données lues en RAM seront celles mémorisées N cycles plus tôt (N étant le nombre de cycles avant remise à zéro des compteurs d'adresse). Dès lors, le réglage du temps de retard est fixé par le nombre de cycles qui s'écoulent avant de remettre le compteur à zéro sachant que notre système fonctionne avec une fréquence d'échantillonnage fixe de 40 kHz.

Au démarrage du système, le microcontrôleur se charge de vider la mémoire (attente d'un cycle complet avec le signal RST actif) pour éviter d'entendre un bruit désagréable

dû au contenu aléatoire des mémoires RAM à la mise sous tension.

Enfin, précisons que l'alimentation du montage est symétrique pour pouvoir traiter correctement les signaux analogiques (voir la figure 2). Il est fait appel à un schéma classique avec un redresseur double alternance et des régulateurs LM7805 et LM7905.

Réalisation

Le dessin du circuit imprimé est donné en **figure 3** tandis que la vue d'implantation est reproduite en **figure 4**.

Les pastilles seront percées à l'aide d'un foret de 0,8 mm de diamètre, pour la plupart. En raison de la taille réduite des pastilles, il vaudra mieux utiliser des forets de bonne qualité (surtout pour les pastilles associées aux straps).

En ce qui concerne les connecteurs, les régulateurs, et le pont de diodes, il faudra percer les pastilles avec un foret de 1 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. Soyez vigilants au sens des composants et respectez scrupuleusement le découplage des lignes d'alimentations si vous voulez éviter des surprises désagréables. Même avec le découplage que nous venons d'indiquer, il est encore possible

de percevoir la fréquence du cadencement imposé par le microcontrôleur (surtout si le signal d'entrée est faible). Si vous souhaitez parfaire le découplage des alimentations, vous pouvez ajouter un condensateur de 100nF sous chaque circuit intégré.

Vous noterez la présence de 18 straps à implanter sur le circuit imprimé. Pour plus de commodité, il est préférable de débiter l'implantation par les straps. Les régulateurs n'ont pas besoin d'être montés sur des dissipateurs car les puissances qu'ils dissipent restent modestes. Le montage sera alimenté via le connecteur CN3 par un petit transformateur 2 x 9 V (ou 2 x 12 V) d'une puissance de 6 VA environ.

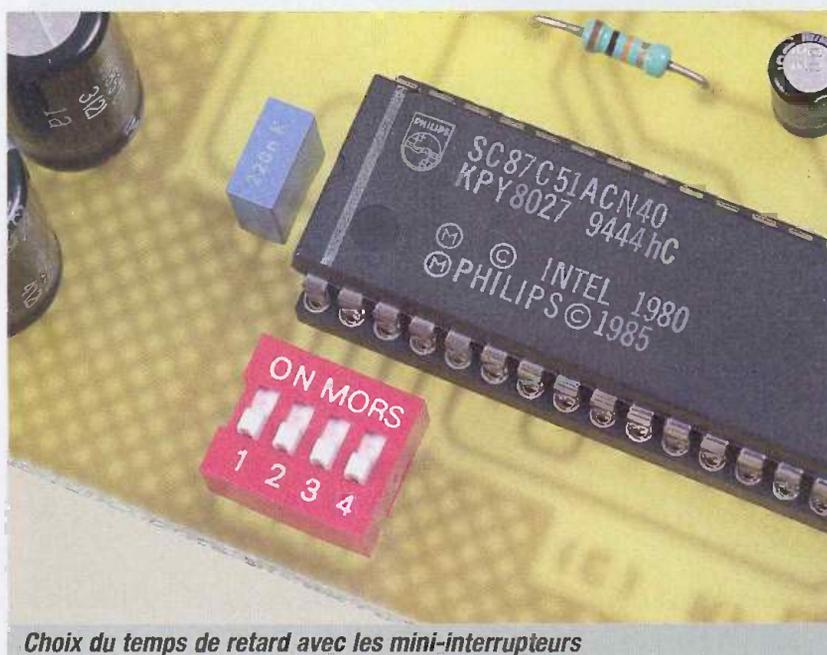
Le point milieu du transformateur sera raccordé au point milieu du connecteur CN3. Enfin, ajoutons que le microcontrôleur sera programmée avec le contenu du fichier 'ECHO.HEX' que vous pourrez vous procurer par téléchargement sur le serveur Internet de la revue.

SW1-1	SW1-2	SW1-3	SW1-4	Délais (en ms)
ON	ON	ON	ON	6.25
OFF	ON	ON	ON	12.5
ON	OFF	ON	ON	25
OFF	OFF	ON	ON	37.5
ON	ON	OFF	ON	50
OFF	ON	OFF	ON	62.5
ON	OFF	OFF	ON	125
OFF	OFF	OFF	ON	250
ON	ON	ON	OFF	375
OFF	ON	ON	OFF	500
ON	OFF	ON	OFF	625
OFF	OFF	ON	OFF	750
ON	ON	OFF	OFF	1000
OFF	ON	OFF	OFF	1250
ON	OFF	OFF	OFF	1500
OFF	OFF	OFF	OFF	1625

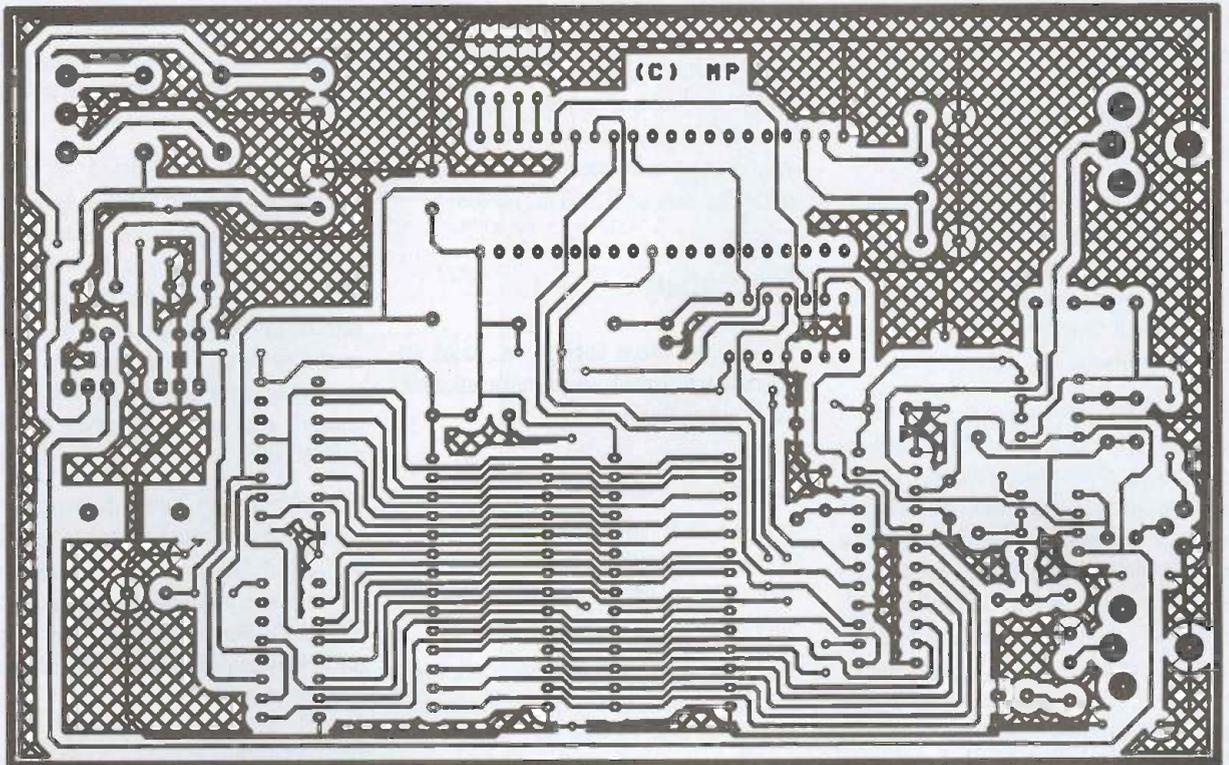
5 Correspondance entre la position des interrupteurs et le temps de retard

Utilisation du montage

L'utilisation du montage est très simple. À la mise sous tension, le montage examine la position des interrupteurs du bloc SW1 pour déterminer le temps de retard souhaité. La **figure 5** vous indique la correspondance

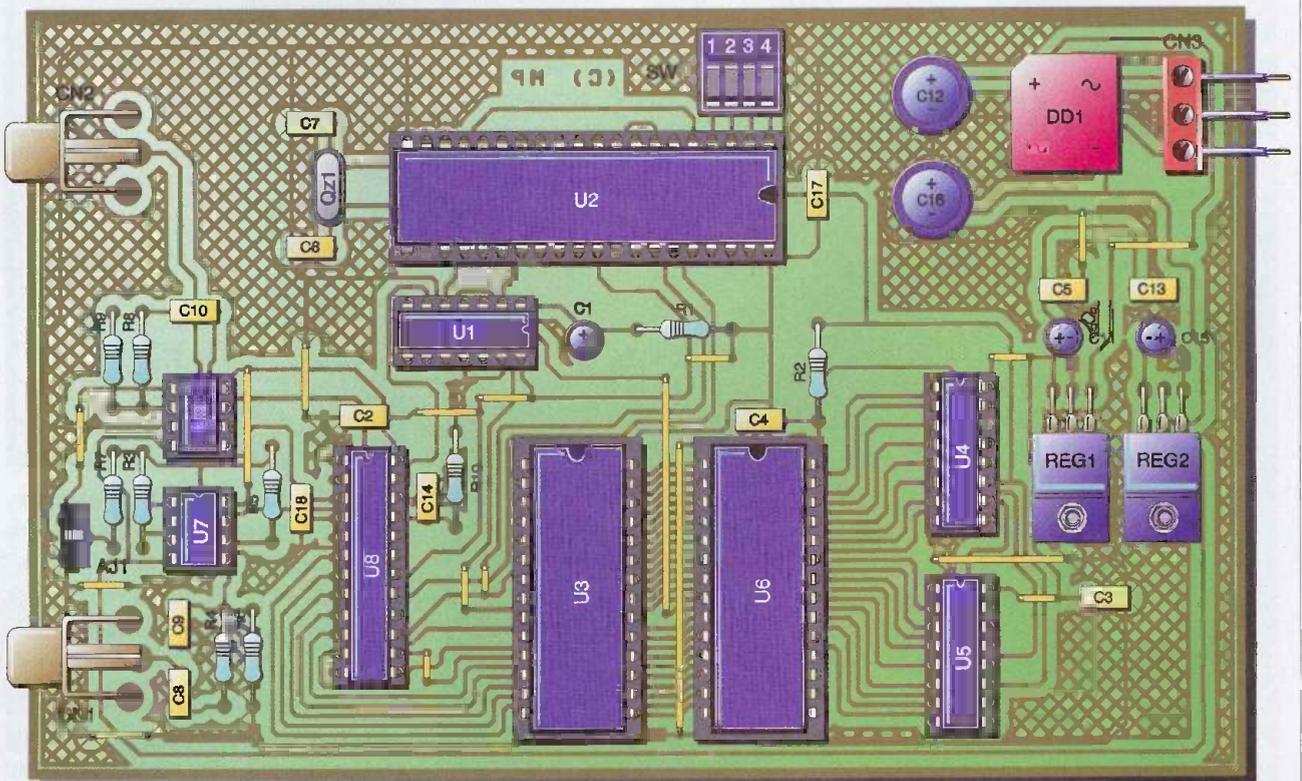


Choix du temps de retard avec les mini-interrupteurs



3 Tracé du circuit imprimé

4 Implantation des éléments



entre la position des interrupteurs et le temps de retard introduit par le montage pour produire l'écho.

La position des interrupteurs n'est examinée qu'une seule fois à la mise sous tension (pour des raisons techniques, la boucle principale du programme a été allégée au maximum afin de garantir une fréquence d'échantillonnage de 40 kHz).

Si vous souhaitez modifier le temps de retard, il faudra remettre le système sous tension pour qu'il prenne en compte la nouvelle position des interrupteurs.

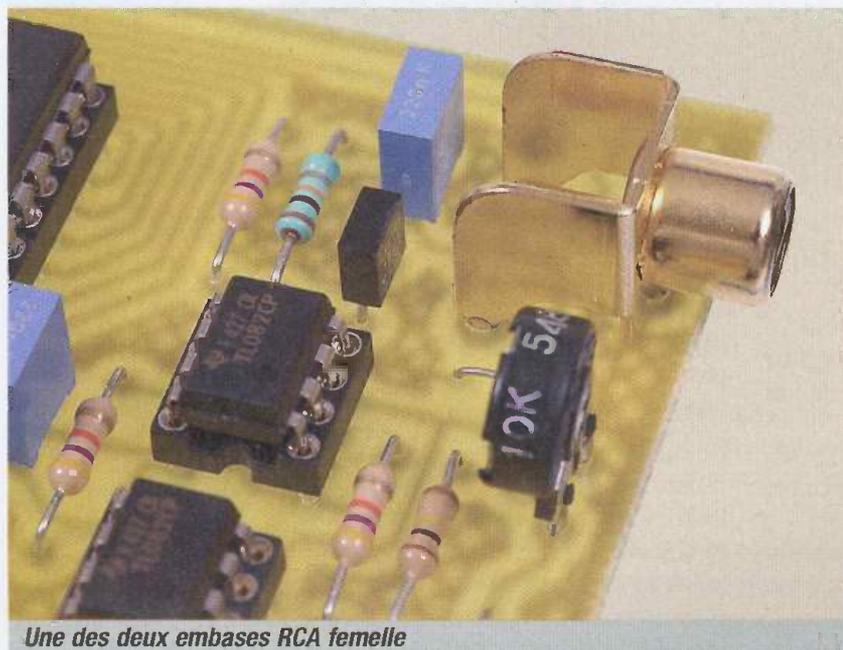
Il ne vous reste plus qu'à raccorder le montage à vos équipements audio (entrée audio sur CN1, sortie sur CN2). L'ajustable AJ1 permet de régler le niveau des échos secondaires. Vous constaterez à l'usage qu'il ne faut pas en abuser car le bruit ajouté au signal utile devient plus important. Avec les valeurs retenues pour les composants de ce montage, le signal ré-injecté va toujours décroissant (de sorte que le système reste stable). Evitez donc de modifier la valeur de la résistance R7 sinon vous risquez de rendre le système instable. Si vous souhaitez supprimer totalement les échos secondaires, vous pourrez retirer AJ1 (ou implanter un interrupteur en série avec R7).

Vous constaterez à l'usage que le bruit ajouté par le montage est relativement perceptible lorsque le niveau du signal d'entrée est faible. La raison principale de ce bruit tient au

cadencement imposé par le microcontrôleur. En découplant un peu plus soigneusement les lignes d'alimentation, on parvient à améliorer un peu les choses, mais avec un circuit imprimé simple face, cela n'est pas facile. Le choix d'un convertisseur 8 bits a aussi sa part de responsabilité dans le bruit généré en raison du principe de quantification.

Le bruit de quantification est malheureusement impossible à réduire à moins de choisir un convertisseur 10 bits ou 12 bits, ce qui aurait de fortes implications sur l'organisation de la mémoire. Dans la pratique, cela donnerait un montage avec au moins 4 boîtiers mémoire. Si le cœur vous en dit, rien ne vous empêche d'adapter le montage dans ce sens (dans ce cas, prévoyez aussi une alimentation séparée pour la partie analogique et soignez particulièrement le chemin de retour des lignes de masse).

P. MORIN



Une des deux embases RCA femelle

Nomenclature

CN1, CN2 : Embase RCA femelle, soudée à 90°, à souder sur circuit imprimé

CN3 : Bornier de connexions à vis, 3 plots, au pas de 5,08 mm, à souder sur circuit imprimé, profil standard.

C1, C11, C15 : 10 μ F / 25 volts, sorties radiales

C2, C3, C4, C5, C10, C13, C17, C18 : 100 nF

C6, C7 : Condensateur céramique 33 pF, au pas de 5,08 mm

C8 : 220 nF

C9 : 1 nF

C12, C16 : 1000 μ F / 25 volts, sorties radiales

C14 : Condensateur céramique 68 pF, au pas de 5,08 mm

DD1 : Pont de diodes BR32, ou équivalent

QZ1 : Quartz 12 MHz en boîtier HC49/U

REG1 : Régulateur LM7805 (5 V) en boîtier TO220

REG2 : Régulateur LM7905 (-5 V) en boîtier TO220

R1, R4 : 10 k Ω 1/4 W 5 %

(Marron, Noir, Orange)

R2 : 4,7 k Ω 1/4 W 5 % (Jaune, Violet, Rouge)

R3, R5, R6, R8, R9 : 47 k Ω 1/4 W 5 %

(Jaune, Violet, Orange)

AJ1 : Ajustable 10 k Ω , montage vertical.

R7 : 100 k Ω 1/4 W 5 % (Marron, Noir, Jaune)

R10 : 5,6 k Ω 1/4 W 5 % (Vert, Bleu, Rouge)

U1 : 74HCT04

U2 : Microcontrôleur P89V51

(ou n'importe quel équivalent du 87C51)

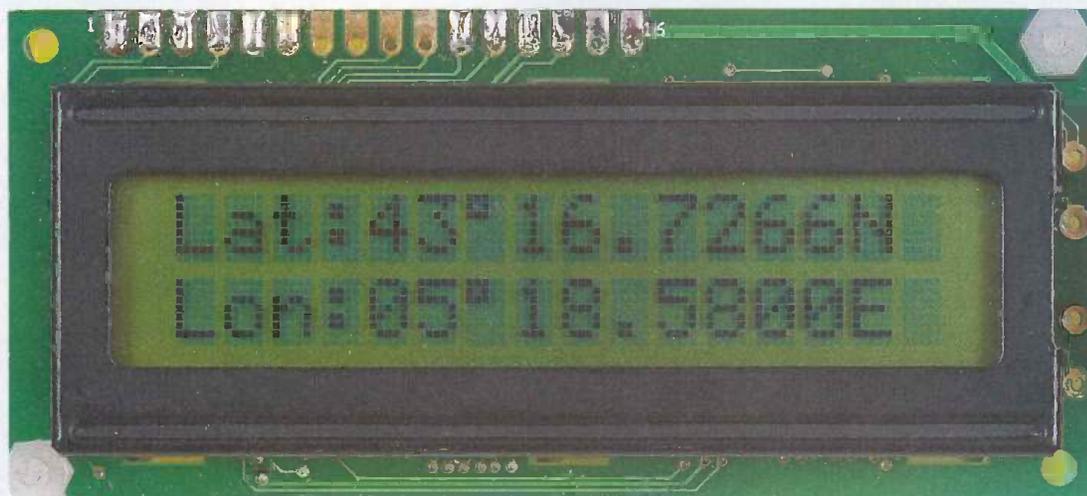
U3, U6 : RAM 62256, temps d'accès 200 ns

U4, U5 : CD4040

U7, U9 : TL082

U8 : AD7569

Un avertisseur de position GPS



Peut être vous demandez-vous de quelles positions il s'agit et pourquoi être averti à l'approche de l'une d'elles ? Pourtant, les applications ne manquent pas. Les automobilistes pourront utiliser le montage pour mieux surveiller leur vitesse dans les zones « dangereuses », ou pourquoi pas être informé de l'approche d'une station service.

Dans le nautisme également, on peut imaginer bien des choses dans la mesure où le montage peut mémoriser un grand nombre de coordonnées associées chacune à un commentaire. À vous de composer votre liste de positions (ou d'en trouver une sur le net...).

À chaque fois que vous approcherez à moins de 2 km d'une position, vous aurez la joie d'entendre le signal sonore de votre choix.

Le reste du temps, le montage permet également de visionner les informations de base, issues de votre récepteur GPS (date, position, vitesse, cap, etc.).

Caractéristiques du montage

- Signale l'approche à moins de 2 km d'une position en mémoire grâce au GPS.
- Possibilité de mémoriser une liste de positions/commentaires d'environ 8 ko.
- Possibilité de personnaliser le son en cas d'alarme (du type wave 8 bits mono à 16 kHz)
- Affichage en continu des informa-

tions GPS de base (latitude, longitude, vitesse, date, heure...)

- Faible consommation.
- Reprogrammable à volonté par liaison série.

La position par GPS (Global Positioning System)

Bien sûr, ce montage ne peut pas lui-même calculer la position, cette mission est effectuée par un récepteur (ou antenne active GPS) dont vous devrez être en possession.

Ces appareils ont tendance à se démocratiser de plus en plus et on trouve maintenant des modules GPS pas plus gros qu'une souris pour une centaine d'euros. Le module devra impérativement disposer d'une sortie NMEA (liaison série à 4800 bauds) pour transmettre les données nécessaires au montage.

Le calcul des coordonnées géographiques n'est pas une mince affaire. L'antenne GPS reçoit en permanence les signaux de tous les satellites qu'elle a en vue (plus il y en a, mieux c'est), afin de pouvoir faire des calculs de triangulation tri-dimensionnels basés

sur la distance entre vous et chaque satellite.

Pour pouvoir mesurer cette distance, le récepteur GPS doit d'abord recalculer en temps réel la position de chaque satellite dans l'espace en utilisant les informations transmises par les satellites eux-mêmes.

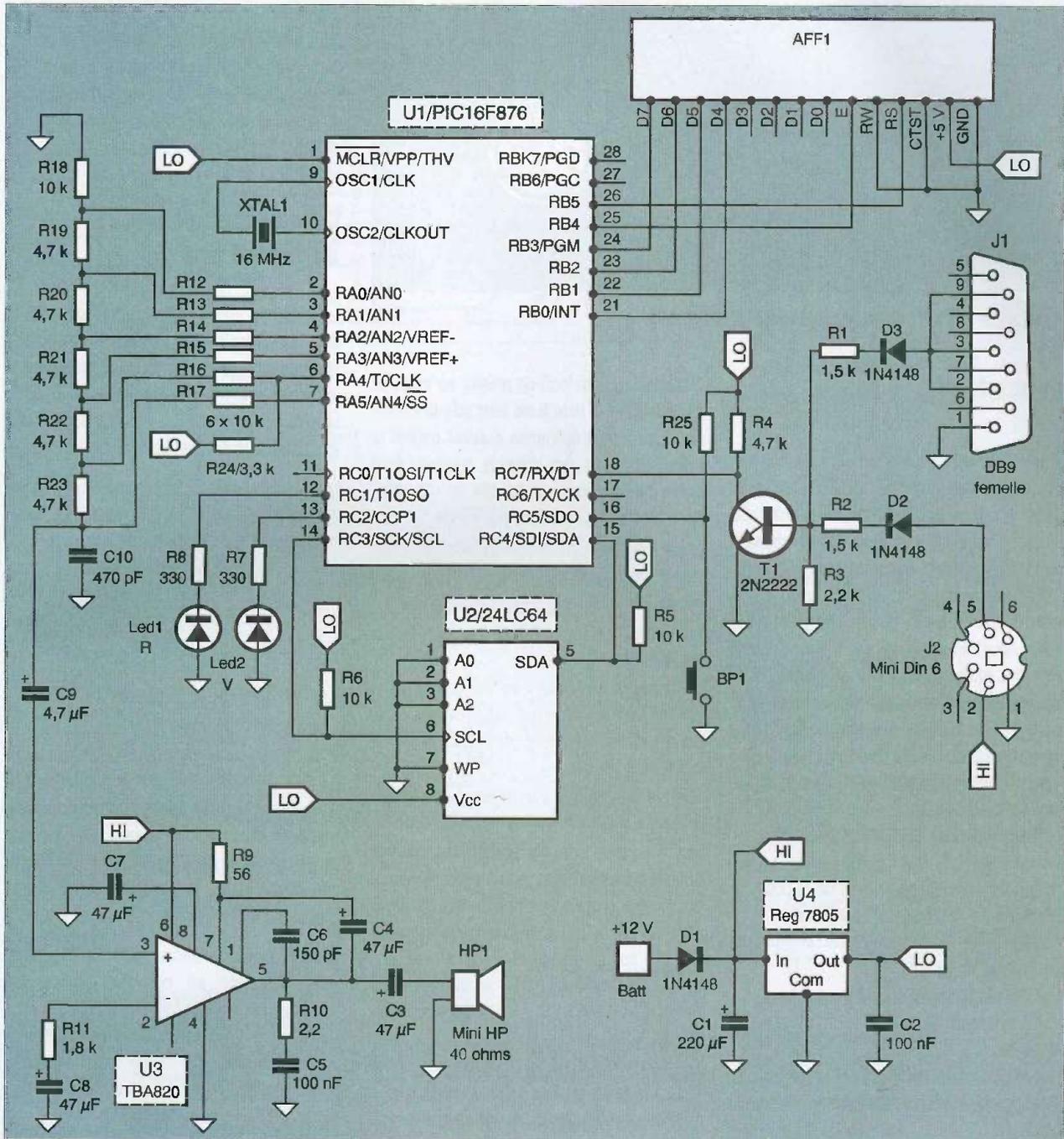
Ceci explique pourquoi ils doivent tous être parfaitement synchronisés par des horloges atomiques, la précision de la mesure en dépend.

Précision et temps de réaction

Peut être avez-vous entendu parler, depuis le 1^{er} mai 2000 et l'annonce du projet européen Galileo.

La précision du système GPS (dont la composante civile était volontairement altérée par le gouvernement américain) est passée de quelques centaines de mètres à environ 25 mètres. Cette précision est ici plus que suffisante car la période de rafraîchissement sur les récepteurs GPS est la plupart du temps de une seconde.

Ce qui signifie que le possible décala-



1 Schéma de principe de l'avertisseur

ge sur l'instant de déclenchement sera de \pm une seconde à 90 km/h. Le programme du PIC se contente ici de calculer la somme des écarts par rapport aux positions en mémoire (valeur absolue écart en latitude + valeur absolue écart en longitude) et de tester si ce nombre est inférieur à une minute d'angle (environ 1,5 km sous nos latitudes). Ainsi, l'avertisseur se déclenchera à l'intérieur d'un rectangle d'environ 3 km de large centré sur la position (environ 1 minute à 90 km/h autour du point cible).

Choix du récepteur GPS et connexion (figure 4)

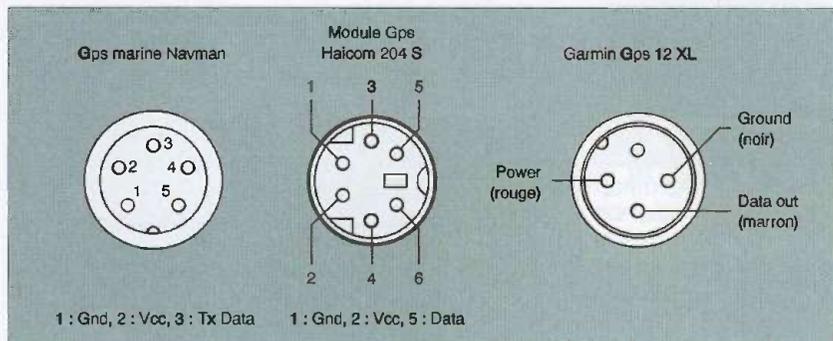
Nous n'avons pas de modèles particuliers à conseiller mais sachez, si vous n'êtes pas déjà équipés, qu'on trouve maintenant des modules GPS à prix modique.

Ces modules plus petits qu'une souris sont équipés d'une sortie série compatible PC. Le circuit imprimé a été dessiné pour recevoir une prise femelle mini-din (comme celle que

l'on trouve sur un HAICOM 204S), en plus de la classique DB9. Dans tout les cas, une sortie NMEA série à 4800 bauds doit être disponible (et pas USB).

Cette sortie est aussi parfois simplement appelée « sortie de connexion pc rs232 ».

Malheureusement, de nombreux autres types de connecteurs existent. Lisez donc attentivement la notice de votre matériel et procurez vous le bon câble avant de brancher quoi que se soit.



4 Choix du récepteur GPS et connexions

Le bus NMEA

Le montage doit recevoir en permanence les données émises par le GPS via le bus NMEA183. Bien que démodé, ce format est toujours disponible sur 95 % des récepteurs GPS. Il s'agit en fait de caractères ASCII émis à 4800 bauds sous formes de trames commençant par « \$GP » et finissant par CR/LF (fin de ligne). Plusieurs types de trames peuvent être émises selon les fabricants ou la configuration du récepteur. Dans notre cas, seule la trame RMC (Recommended minimum Transit data) est exploitée.

Celle-ci contient en effet toutes les informations suivantes :

- L'heure officielle GMT (à la précision atomique GPS).
- L'état de verrouillage ou non de la position (invalide au démarrage du récepteur).
- La latitude et la longitude (avec le système géodésique en cours).
- La vitesse horizontale en noeuds.
- La direction en degrés.
- La date.
- La variation magnétique du lieu (inutilisée ici).
- Une checksum de contrôle (vérifiée par le pic).

La liste des positions

Le fichier contenant toutes les positions pourra être modifié avec un simple éditeur de texte (notepad par exemple) et devra comporter une syntaxe bien précise décrite ci-dessous :

Exemple :

Nom	Latitude	Longitude	Information
"N9 Km 23 Peyriac-de-mer"	43.08278	2.94389	
"A50 Km 68 Tunnel de Toulon"	43.12068	5.9516	
...			

La première ligne sert de préfixe au moment de transférer la liste **il ne faut pas la modifier**. Les lignes suivantes doivent garder la même structure, les champs de texte sont **entre deux apostrophes**, les coordonnées sont données sous **forme décimale**.

(c'est à dire $43^{\circ}20' = 43 + 20/60 = 43.3333$ degrés décimaux avec 4 à 5 décimales maximum).

Les champs seront à chaque fois séparés par **une tab** ou un espace.

La longueur des textes n'est pas limitée, mais bien sûr, plus ils seront longs, moins vous pourrez stocker de points différents, et plus le défilement sera lent.

Chaque ligne doit être terminée par un retour à la ligne (CR/LF).

Une fois votre liste fin prête, vous pourrez enfin la transférer vers le microcontrôleur qui la stockera ensuite vers la mémoire E2PROM 24C64. Pour cela, il suffit que le bouton poussoir BP1 soit appuyé juste après la mise sous tension du montage. Le message « Mode Program Position + sono » doit apparaître sur l'écran signifiant que le PIC est prêt à recevoir des données par le port série. Le transfert se fera alors à 150 bauds (pas de parité, 1 bit de stop) en passant de préférence par le petit utilitaire disponible sur le site internet de la revue.

La vitesse est, il est vrai, assez lente : soyez patient. L'écriture en mémoire flash et eeprom nécessite quelques millisecondes... Pendant que les données transitent, la led rouge doit être allumée et la verte doit clignoter. Si ce n'est pas le cas, c'est que le PIC ne reçoit rien. Vérifiez que votre câble série

est bien croisé, en bon état, et sur le bon port. Dès que le transfert est complet (il peut y avoir un délai supplémentaire à la fin, le temps que le buffer du port COM se vide), le montage doit afficher 'Terminé', et retourner en fonctionnement normal.

Comment envoyer un fichier son ?

La méthode est la même, (BP1 appuyé à la mise sous tension). Lancez alors l'utilitaire de chargement. Quand les données transitent, la led rouge doit s'allumer en plus de la verte. Le son wave est alors reconnu et stocké cette fois, dans la mémoire flash du pic lui-même.

Le son est stocké en réalité sous forme d'échantillons de 6 bits, (plus économiques que 8 bits). La fréquence d'échantillonnage sera de 16 kHz. La durée maximale enregistrable (avec 11 kmots) dépendra directement de ce choix.

Le schéma

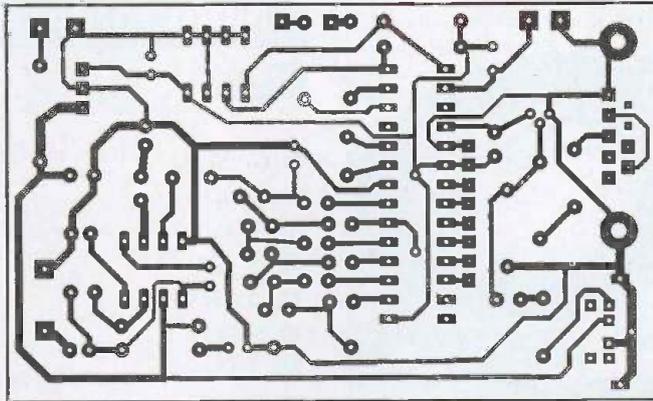
Avec ses 8 ko de mémoire flash et sa simplicité d'utilisation, le PIC16F876 s'est révélé parfait pour ce montage. Le programme frôle allègrement les 4 ko de mémoire ce qui laisse encore environ 4 kmots pour stocker le son wave dans la dernière partie de la mémoire flash programme.

Comme prévu, le microcontrôleur occupe la place centrale du schéma (**figure 1**). L'horloge est fixée par le quartz Q1 à 16 MHz ce qui donne un fonctionnement suffisamment « nerveux », même pour sa faible consommation (4 mA en utilisation normale).

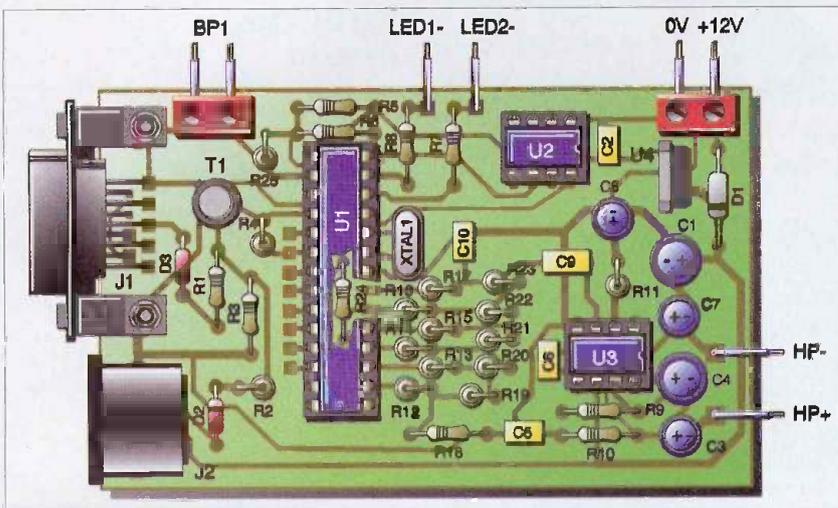
Le signal sonore est généré par le réseau R2R à 6 bits, constitué par les résistances R3-R14. Pour obtenir une meilleure linéarité, les résistances R10 à R14 du prototype ont été faites de deux résistances de 10 kΩ en série.

Le signal obtenu est ensuite amplifié par le TBA820. Le résultat est relativement correct vu le peu de moyens mis en oeuvre (à condition de ne pas monter trop dans les aigus !).

Attention ! : Il y a de légères différences dans les procédures de programmation des PIC16F876 et 16F876A. Le programme fourni est compatible avec les deux modèles mais assurez vous que votre programmeur le soit aussi !



2 Tracé du circuit imprimé



3 Implantation des éléments

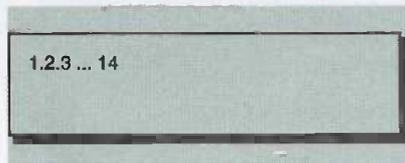
Réalisation

Le circuit imprimé (figure 2) a été dessiné en simple face et ne comporte pas de difficultés particulières. L'implantation des composants est représentée en figure 3.

Une rangée de contacts a été prévue à côté du PIC pour permettre le pilotage (DB0-DB3, RS, EN) de l'afficheur LCD qui est configuré en mode 4 bits ce qui minimise le nombre de liaisons nécessaires.

Le brochage de ce type d'afficheur est standard et valable pour de nombreux modèles

Quand les pattes sont en ligne :



Ou en quinconce sur le côté :

14	13
12	11

2	1

On utilisera le tableau suivant :

- 1 : GND masse du montage
- 2 : 5 V du montage
- 3 : Réglage contraste - Brancher un résistance de 330 ohms à la masse
- 4 : RS - pin 26 du PIC
- 5 : RW - relier à la masse
- 6 : E - pin 25 du PIC
- 7 à 10 : Inutilisé
- 11 à 14 : Datas 4 à 7, pattes 21 à 24 du PIC (respectivement)

Dans le cas où celui-ci est équipé d'un rétroéclairage par led, branchez la patte 15 au 5 V avec une résistance de 220 Ω et la patte 16 à la masse. Les leds LED1 et LED2

seront montées en anodes communes au 0 V du montage. Leurs pattes + sont donc branchées aux emplacements marqués LED1 et LED2. Une prise mini-din à 6 broches a été prévue sur le circuit imprimé dans le cas de l'utilisation d'un module HAICOM. Mais vous n'êtes bien sûr pas obligé de faire le choix de ce type de GPS, et de ce type de connectique !

Mise sous tension

En utilisation normale, il n'y a plus grand chose à faire (le plus délicat étant de programmer le montage).

Le message sonore est diffusé juste après la mise sous tension, pour test. Le PIC teste ensuite le signal NMEA et en l'absence de signal, affiche un message d'avertissement, la led verte reste clignotante.

Lorsque la position est valide, on a pour résumer :

En l'absence d'alarme :

la led verte est allumée (elle clignote tant qu'un signal GPS n'est pas présent ou que le récepteur GPS n'est pas stable) l'afficheur LCD donne les infos GPS, que l'on peut faire défiler avec le bouton poussoir.

En cas d'alarme :

la led passe au rouge clignotant rapide l'afficheur donne les infos associées à la position détectée sous forme de texte défilant.

le signal sonore retentit !

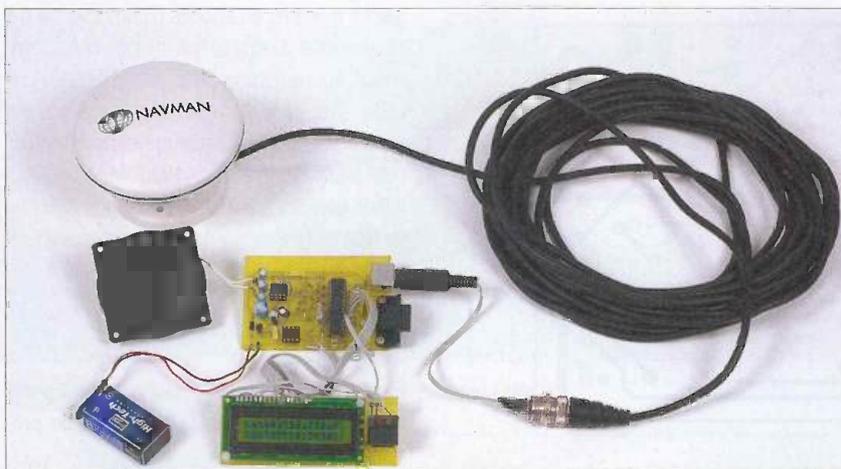
Pendant la programmation (des positions GPS ou du son) :

la led rouge est allumée en plus de la led verte qui doit clignoter.

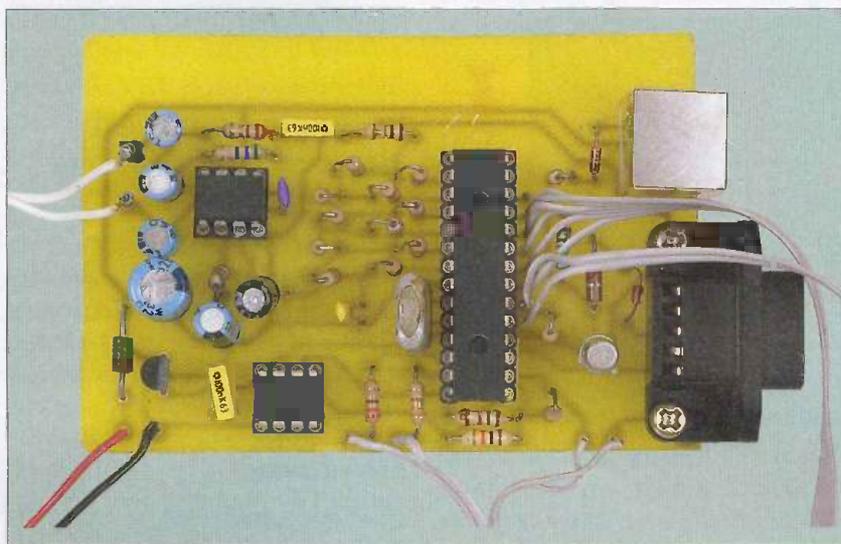
G. SAMBLANCAT
g.samblancat@free.fr

Les bonnes adresses

- <http://www.microchip.com> : fabricant du pic;
- <http://www.nmea.org> : explications sur le standard NMEA.
- <http://gpsinformation.net> : et sur le système Gps.
- <http://www.gpspassion.com> : infos intéressantes et listes de positions.
- <http://www.naturalvoices.att.com/demos> : un synthétiseur vocal interactif, saisissant !



Vue d'ensemble de la réalisation



Gros plan sur la carte principale



Le GPS marine NAVMAN

Nomenclature

Résistances

- R1, R2 : 1,5 k Ω
- R3 : 2,2 k Ω
- R4 : 4,7 k Ω
- R5, R6 : 10 k Ω
- R7, R8 : 330 Ω
- R9 : 56 Ω
- R10 : 2,2 Ω
- R11 : 1,8 k Ω
- R12 à R17 : 10 k Ω
- R18 : 10 k Ω
- R19 à R23 : 4,7 k Ω
- R24 : 3,3 k Ω
- R25 : 10 k Ω

Condensateurs

- C1 : 220 μ F
- C2 : 100 nF
- C3, C4, C7, C8 : 47 μ F (chimiques radiaux)
- C5 : 100 nF
- C6 : 150 pF
- C9 : 4,7 pF
- C10 : 470 pF

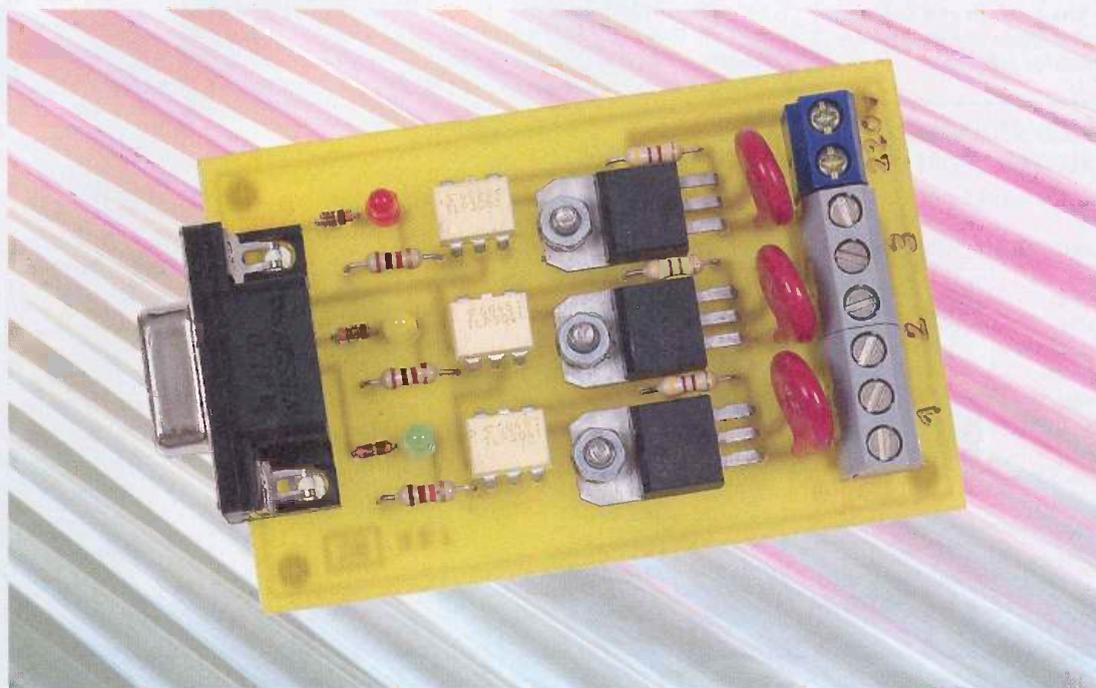
Semi-conducteurs

- D1, D2, D3 : 1N4148
- DEL1 : Led Rouge
- DEL2 : Led Verte
- U1 : PIC16F876
- U2 : 24LC64
- U3 : TBA820
- U4 : régulateur 7805
- T1 : 2N2222

Divers

- XTAL1 : quartz 16 MHz
- AFF1 : Afficheur LCD 2_20 caractères (faible consommation)
- J1 : Connecteur DB9 femelle pour CI.
- J2 : Embase MiniDin 6 broches (si antenne GPS type Haicom...)
- BP1 : Bouton poussoir
- HP1 : Haut parleur miniature 4 Ω .
- Support CI. 8, 16, 28 pattes.

Piloter via internet : 3 sorties sur triac



Le nombre d'utilisateurs sans cesse croissant d'Internet permet aux fournisseurs d'accès de proposer des abonnements ADSL à des prix très abordables. Cette nouvelle technologie autorise une connexion rapide et surtout sans limite de temps. Électronique Pratique saisit cette opportunité pour vous proposer une série de montages qui ouvrent de nouvelles perspectives dans le domaine des télécommandes.

Principe

Il n'est pas possible de passer par un serveur Internet distant pour envoyer des ordres à un ordinateur. Il va falloir configurer votre ordinateur en serveur. Rien de plus simple grâce au package EasyPHP téléchargeable gratuitement

sur Internet via le site www.easy-php.org. D'un simple click de souris, vous allez installer un serveur Apache avec les outils PHP et MySQL.

Tous les fichiers que vous placerez dans le répertoire :

C:\...\EasyPHP\www\ de votre ordinateur deviendront alors accessibles via

Internet. N'importe quel internaute peut venir les consulter pour peu qu'il connaisse votre adresse IP.

Imaginons alors une page HTML qui permette à un internaute de piloter les actionneurs de la carte électronique connectée sur le port série de votre PC...

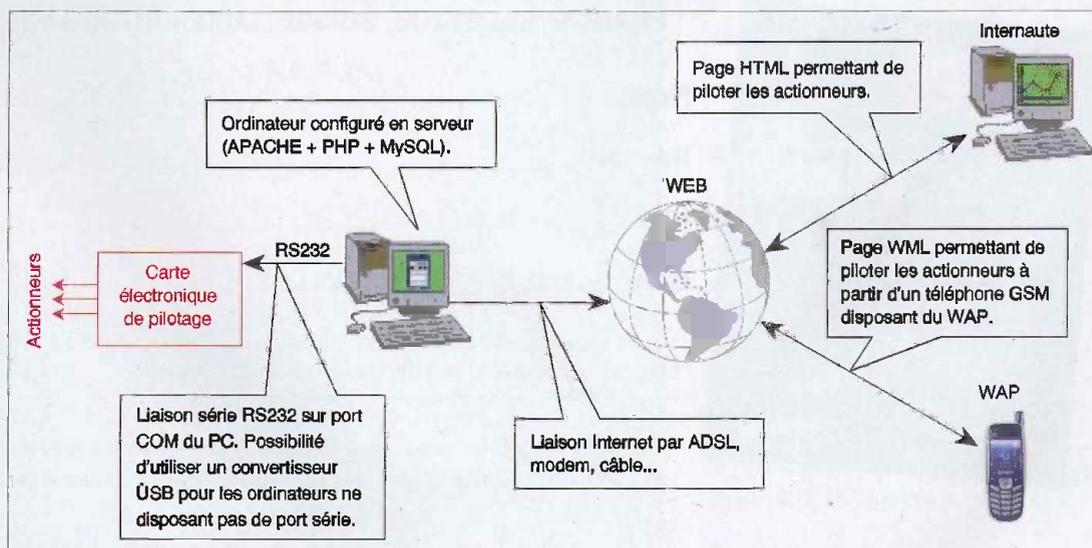


Schéma électrique (figure 1)

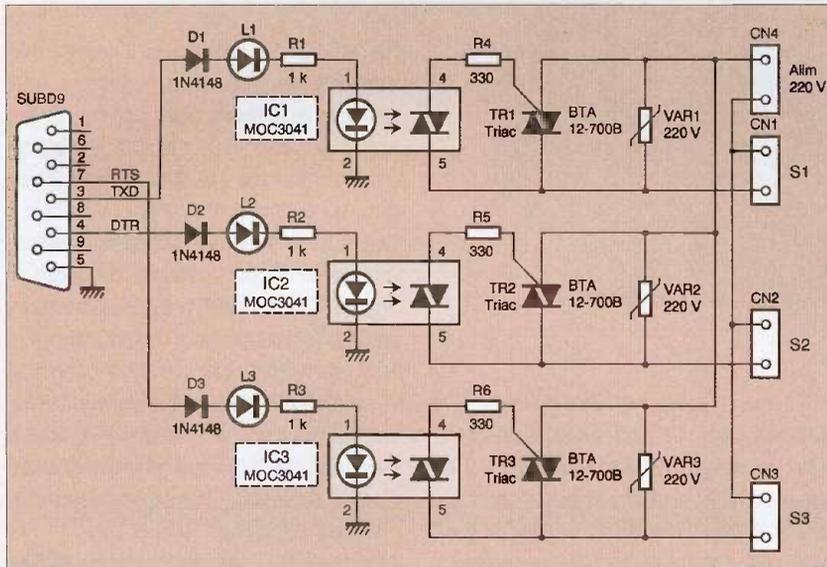
Le pilotage de notre carte s'effectue par trois sorties du port RS232 : DTR (broche n° 4), TxD (broche n° 3) et RTS (broche n° 7). L'utilisation de la tension du secteur nous conduit à réaliser une isolation galvanique afin de protéger correctement l'ordinateur. Cette isolation est effectuée à l'aide d'un optocoupleur (du type MOC3041). Un tel circuit se compose de deux parties distinctes (isolation galvanique de 7500 V) : la première est constituée d'une diode infrarouge qui va venir mettre en conduction le triac contenu dans la deuxième partie. Il est également

l'optocoupleur ($I_{max} = 100 \text{ mA}$) ne permet pas une alimentation directe d'une charge importante. Un deuxième triac mis en cascade permet de disposer d'une puissance beaucoup plus importante. Celui utilisé ici est un BTA 08-700B en boîtier TO 220. Il peut fonctionner sous une tension alternative max. de 700 V et débiter un courant de 40 A ! Si vous utilisez le montage pour piloter des charges inférieures à 100 W (ex : ampoules électriques), on peut se passer d'un dissipateur. Dans le cas contraire, celui-ci devient obligatoire afin d'éviter la destruction du triac. Le composant référencé VAR est une varistance qui permet de protéger le montage lors du pilotage d'une charge inductive, les phénomènes d'auto-induction lors de

composant voit son impédance chuter très fortement en présence d'une surtension (tension > tension nominale de 250 V), protégeant ainsi le circuit placé en aval.

Réalisation

Vous trouverez figures 4 et 5 le tracé et le schéma d'implantation des composants. La réalisation ne doit pas poser de problème. Cependant, gardez à l'esprit que la tension du secteur est présente sur plusieurs pistes de la carte, aussi soyez prudents lors de vos manipulations une fois le montage mis sous tension. Si vous décidez d'utiliser des dissipateurs thermiques, vous serez contraints de déporter les triacs, un cordon de 3 conducteurs permettant alors d'effectuer la liaison au montage. La carte pourra directement être connectée au port série du PC, il est également possible d'utiliser un cordon comportant quatre conducteurs auquel on viendra souder un connecteur mâle coté montage et femelle côté PC.



1 Schéma de principe

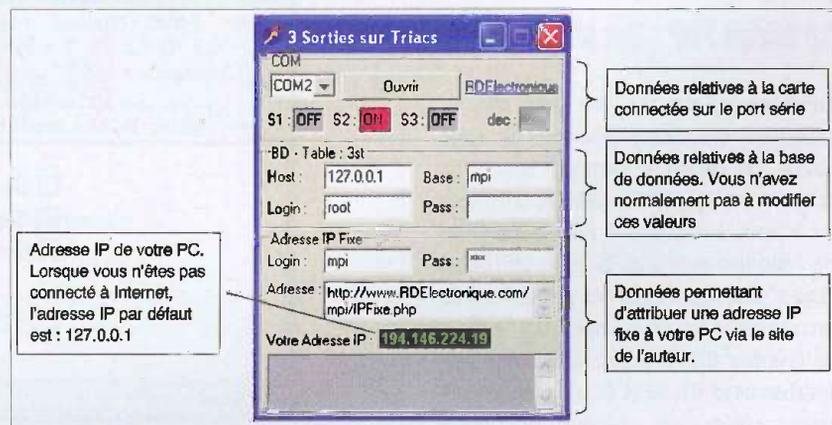
muni d'un dispositif qui détecte le passage à zéro de la tension du secteur afin d'éviter de générer des parasites lors de l'alimentation de la charge. Le courant de l'ordre de 10 mA nécessaire à l'activation de la diode infrarouge est généré par la sortie du port série. La limitation de l'intensité est assurée par une résistance de 1 kΩ. La diode électroluminescente mise en série permet de valider visuellement l'état de la diode interne au circuit. Par précaution, la diode 1N4148 permet d'annuler le courant. Outre la sécurité offerte par les optocoupleurs, leur utilisation nous permet de nous passer d'une alimentation en courant continu. En effet, la diode de commutation est alimentée par le port série et le triac par la tension secteur. Donc nul besoin de transformateur et autre régulateur de tension. La faible puissance du triac interne à

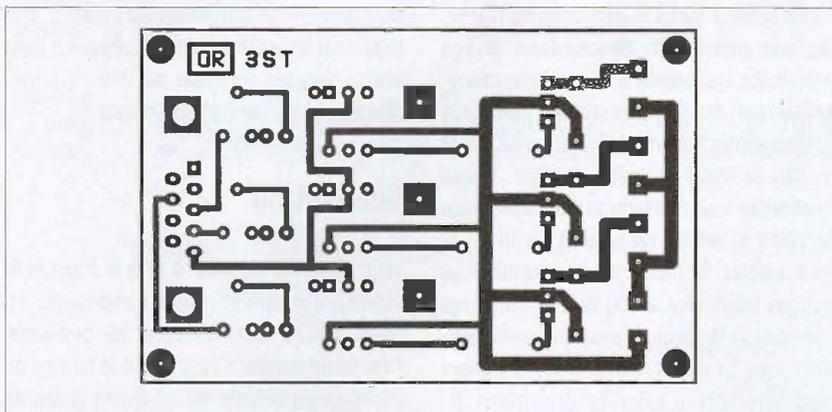
l'établissement et la coupure du courant peuvent détériorer le triac. Chaque triac possède donc une varistance montée en parallèle. Ce

Logiciel : 3ST.exe (figure 2)

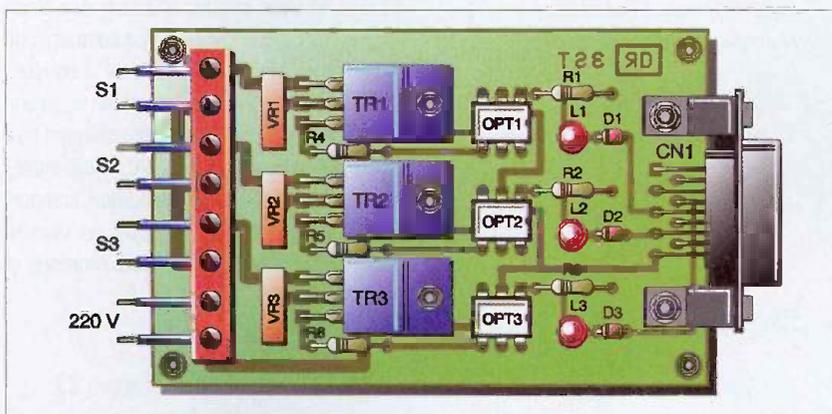
Le logiciel 3ST.exe, développé avec Delphi, sert d'intermédiaire entre la carte et la base de données où est stocké l'état logique des 3 sorties. L'internaute, via une page HTML, envoie l'état logique des 3 sorties à un script PHP chargé d'enregistrer cette information dans la base de données. Le logiciel 3ST.exe scrute en permanence le contenu de la base de données. Dès qu'il détecte un changement, les sorties de la carte sont aussitôt mises à jour. La liaison entre la base de données et le logiciel est assurée par le fichier libmysql.dll qui doit être placé dans le même

2 Vue d'écran du logiciel





4 Tracé du circuit imprimé



5 Implantation des éléments

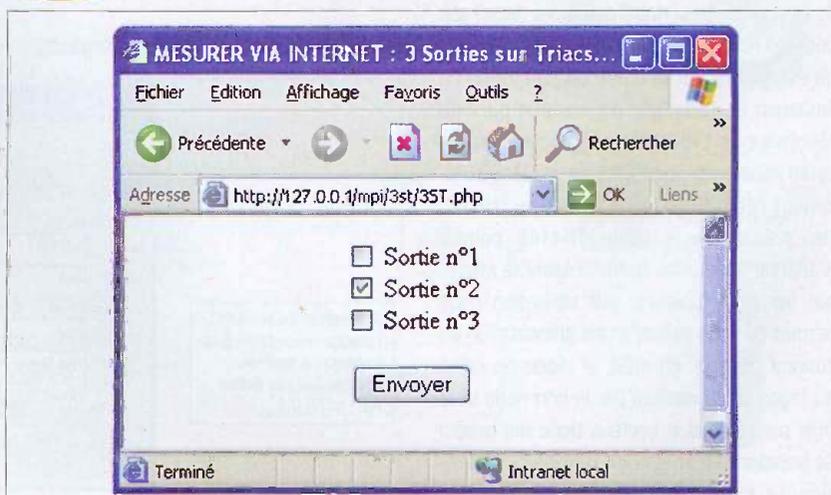
répertoire que l'exécutable. Avant de lancer l'exécution du logiciel, le serveur Apache et la base de données MySql doivent être démarrés. Dans le cadre d'une utilisation dite en local, vous n'avez pas à modifier les paramètres Host, Base, Login et Pass proposés par défaut pour que le logiciel puisse accéder à la base de données. Attention, pour que le logiciel accède à la base nommée mpi, encore faut-il qu'elle existe. Ce ne sera le cas qu'après avoir exécuté au moins une fois le script 3st.php présenté ci-après.

Le script PHP : 3st.php (figure 6)

Le script 3ST.php doit être placé dans le répertoire C:\...EasyPHP\www\ de votre disque dur. Lorsqu'un internaute sollicite ce script, une page HTML s'affiche, constituée de 3 cases à cocher dont l'état est fonction de l'état des sorties de la carte. Le bouton "Envoi" met à jour l'état des sorties. Lors du premier affichage de la page HTML, la base de données mpi contenant la table 3st avec les champs id, S1, S2 et S3 est automatiquement créée par l'appel du script

BDCreation.php. La table contient une seule ligne, par défaut le champ id est égal à 1 et les champs Sx sont positionnés à zéro. Le champ id est un identifiant, on pourrait imaginer piloter plusieurs montages par exemple id=1 identifierait le montage connecté sur le port COM1, id=2 pour le montage sur le port COM2...

3 Vue d'écran (3st.php)



Il est possible de tester le montage localement c'est à dire sans être connecté à Internet. Après avoir activé EasyPHP (menu Démarrer + Programmes + EasyPHP), ouvrez votre navigateur Internet, puis dans la zone adresse tapez <http://127.0.0.1/3st.php> (127.0.0.1 est l'adresse IP par défaut lorsque votre PC n'est pas connecté à Internet) pour activer le script, lancez le logiciel 3ST.exe, sélectionnez le port com utilisé par la carte puis cliquez sur "Ouvrir". Cochez la case Sx, cliquez sur "Envoyer", aussitôt la sortie Sx de la carte doit s'activer (led x allumée).

Lorsque votre PC est connecté à Internet, vous remarquerez que l'adresse IP indiquée par le logiciel 3ST.exe n'est plus égale à 127.0.0.1. Il s'agit désormais de l'adresse IP que votre provider (ex : AOL, Wanadoo,...) vous a attribué, par exemple 194.146.224.19. Désormais, n'importe quel internaute du globe peut accéder à votre montage en utilisant cette adresse IP, par exemple : <http://194.146.224.19/3st.php>. L'inconvénient est que votre adresse IP est dynamique c'est à dire qu'elle va changer à chaque déconnexion / connexion sur Internet. Pour pallier à ceci, à chaque connexion, le logiciel 3ST.exe envoie à destination du serveur de l'auteur votre nouvelle adresse IP. Les Internautes désirant accéder à votre montage se connectent toujours sur le serveur de l'auteur qui dispose d'une adresse fixe, celui-ci redirige de manière transparente et instantanément l'utilisateur vers votre adresse IP. L'adresse à utiliser est dans ce cas : <http://www.RDElectronique.com/mpi/IPFixe.php?LOGIN=x&PASS=y&SCRIPT=3st.php> Les valeurs LOGIN et PASS sont identiques à celles indiquées dans le logiciel 3ST.exe. La

```
#####
# PILOTER VIA INTERNET : 3 SORTIES SUR TRIACS #
# par D.REY le 30/10/2004 #
#####

// CONSTANTES-----
define("bd_Host" , "127.0.0.1"); # adresse de la base de données
define("bd_Login" , "root" ); # login base de données
define("bd_Pass" , "" ); # mot de passe base de données
define("bd_name" , "mpi" ); # nom de la BD

//CONNECTION MySQL-----
$mysql_link=mysql_connect(bd_Host, bd_Login, bd_Pass);
if (!$mysql_link) die("ECHEC : Impossible de se connecter à MySQL.");
mysql_select_db(bd_name) or include("CreationBD.php"); # création de la base si elle n'existe pas

// Mise à jour de l'état des sorties dans la base-----
if ( $_POST['action']=='Envoyer' )
{
$query="UPDATE 3st SET S1='".$$_POST[S1]."', S2='".$$_POST[S2]."', S3='".$$_POST[S3]."'
WHERE id='1'";
if( !mysql_query($query,$mysql_link) ) echo("Impossible de mettre à jour les sorties");
}

// Lecture de l'état des sorties dans la base-----
$query="SELECT S1,S2,S3 FROM 3st WHERE id='1'";
$result=mysql_query($query,$mysql_link);
$sorties=mysql_fetch_array($result);

if ( $sorties[S1]=="1" ) $sorties[S1]="Checked"; else $sorties[S1]="";
if ( $sorties[S2]=="1" ) $sorties[S2]="Checked"; else $sorties[S2]="";
if ( $sorties[S3]=="1" ) $sorties[S3]="Checked"; else $sorties[S3]="";

//Affichage de la page HTML-----

<HTML>
<HEAD>
<TITLE>MESURER VIA INTERNET : 3 Sorties sur Triacs</TITLE>
</HEAD>
<BODY>
<FORM METHOD="post" ACTION="echo($_PHP_SELF."?t=".time())">
<P><CENTER>
<INPUT TYPE="checkbox" NAME="S1" VALUE="1" echo($sorties[S1]) ?> &nbsp;Sortie n°1<BR>
<INPUT TYPE="checkbox" NAME="S2" VALUE="1" echo($sorties[S2]) ?> &nbsp;Sortie n°2<BR>
<INPUT TYPE="checkbox" NAME="S3" VALUE="1" echo($sorties[S3]) ?> &nbsp;Sortie n°3
</CENTER></P>
<P><CENTER>
<INPUT NAME="action" TYPE="submit" VALUE="Envoyer">
</CENTER></P>
</FORM>
</BODY>
</HTML>
```



Isolation galvanique par optocoupleurs

binaire sur 3 digits). Dans l'exemple de la **figure 7**, S1 et S2 vont être positionnées à 0 et S3 à 1. En retour, une page en wml confirme l'état des sorties demandé.

<http://www.RDElectronique.com/w/ip.php?l=x&p=y&s=3st-w.php&e=001>

Petit coup de pub bien mérité pour l'opérateur SFR pour son forfait formule PERSO 1H30 + 10 SMS + 2options.

Parmi les options proposées, on trouve un Forfait multimédia illimité de quoi piloter son montage sans contrainte financière !

D. REY

www.RDElectronique.com

valeur SCRIPT indique quel est le script qui doit être appelé lors de la redirection.

Dans cet exemple, le script doit être placé directement dans le répertoire C:\...\EasyPHP\www\ de votre PC.

Utilisation avec un téléphone GSM (figure 7)

Il est également possible de piloter les sorties de votre montage via un téléphone GSM disposant du WAP.

Comme il n'est pas aisé de saisir sur un clavier de téléphone portable et que l'espace mémoire disponible est relativement restreint, nous utilisons volontairement une adresse simplifiée.

L'utilisation des formulaires en WML n'est pas simple et diffère apparemment d'un navigateur à l'autre.

Pour faire simple, nous avons fait le choix de passer l'état des sorties directement dans l'adresse grâce au paramètre "e" suivi de l'état logique des 3 sorties. Si ce paramètre est omis, le script retourne l'état actuel des sorties de la carte.

Le script 3st-w.php est à placer dans le répertoire :

C:\...\EasyPHP\www\ de votre ordinateur. Pour accéder à ce script via votre GSM, vous utiliserez une adresse fixe grâce au site de l'auteur :



7 Vue de l'écran GSM

<http://www.RDElectronique.com/w/ip.php?l=x&p=y&s=3st-w.php&e=z>

(x est votre login, y votre mot de passe, z est l'état des sorties de la carte désiré codé en

Nomenclature

R1 à R3 : 1kΩ 1/4 W

R4 à R6 : 330 Ω ou 47 Ω 1/4 W

D1 à D3 : 1N4148

L1 à L3 : led Ø 3mm

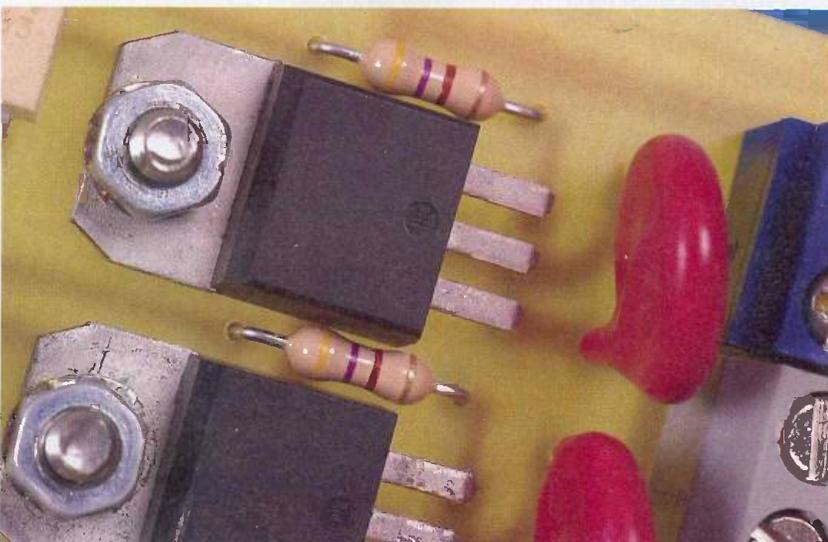
IC1 à IC3 : MOC3041

TR1 à TR3 : BTA 12-700B

VAR1 à VAR3 : varistance 220 V

CN1 à CN4 : bornier à vis 2 plots

SUBD9 : connecteur SUBD 9 broches / femelle / coudé 90°



Des varistances protègent les triacs



La temporisation est assurée par un 555

Temporisation

Le circuit intégré IC1 est un 555, composant bien connu de nos lecteurs. Il délivre sur sa sortie un signal en forme de créneau dont la fréquence peut prendre deux valeurs.

Si on appuie sur le bouton-poussoir BP1, la période du signal délivré s'exprime par la relation :

$$T = 0,7 (R1 + 2 R4) C5$$

En effet, la valeur relativement faible de R1 par rapport à celle de R3, permet de négliger cette dernière dans le calcul. Dans le cas présent, cela correspond à une période de l'ordre de 80 μ s, soit environ 12,3 kHz.

Si le bouton-poussoir n'est pas sollicité, seule R3, de valeur beaucoup plus importante entre en ligne de compte. La période obtenue est alors d'environ 2,3 ms, soit une fréquence de l'ordre de 430 Hz.

Dans les deux cas, les créneaux délivrés par IC1 sont dirigés sur l'entrée « Clock » d'un compteur référencé IC2. Il s'agit d'un compteur comportant 12 étages binaires montés en cascade. Si « t » est la période du signal présenté sur l'entrée de comptage, la période du signal carré disponible sur la sortie Q12 s'exprime par la relation :

$$T_{12} = 2^{12} \times t = 4096 t$$

Ainsi, si on appuie sur le bouton-poussoir, la période du signal sur la sortie Q12 est d'environ 0,3 seconde. Si le bouton poussoir n'est pas appuyé, cette période atteint 9,5 secondes.

Dans le premier cas, en appuyant sur BP1, le

compteur IC2 réalise environ trois rotations complètes par seconde. Cette disposition permet de positionner le compteur IC2 sur une position intermédiaire donnée par le hasard. Il en résulte qu'une fois le bouton-poussoir relâché, le sujet testé ignore totalement à quel moment se présentera un front montant sur la sortie Q12. Cette durée peut en effet varier de 0 à 9,5 secondes.

Déclenchement

L'ensemble C3, R5 et D1 forme un circuit dérivateur. En effet, lors du front montant du signal issu de la sortie Q12, la charge rapide de C3 à travers R5 a pour conséquence l'apparition d'une brève impulsion positive sur la cathode de D1. Cette impulsion est dirigée sur l'entrée d'une bascule R/S constituée par les portes NOR I et II de IC3. Une telle bascule se caractérise par un fonctionnement très simple : dès qu'un état haut, même très bref, se présente sur l'entrée 1, la sortie 4 passe à un état haut stable, à condition toutefois que l'entrée 5 soit soumise à un état bas.

On remarquera que si on n'appuie pas sur le bouton-poussoir BP2, les entrées réunies de la porte NOR IV de IC3 restent soumises à un état bas. Il en résulte que l'entrée 5 de la bascule R/S est soumise à un état haut. La bascule R/S reste insensible aux éventuelles impulsions positives issues du système dérivateur qui l'alimente. Cette situation est d'ailleurs celle qui existe lors de l'appui sur BP1, c'est à dire lors de la mise en action de la fonction « hasard » quant à la position du

compteur IC2. En revanche, en appuyant sur BP2, la bascule R/S devient opérationnelle, étant donné que l'entrée de contrôle 5 est alors soumise à un état bas. Au bout d'une durée variable (0 à 9,5 secondes), la sortie de la bascule passe à l'état haut. Cela a deux conséquences :

- La sortie de la porte NAND II de IC4 passe à l'état bas, ce qui active le compteur IC5, comme nous le verrons par la suite
- La sortie de la porte NAND I de IC4 passe à l'état haut, ce qui provoque l'allumage de la LED L

Chronométrage du temps de réflexe

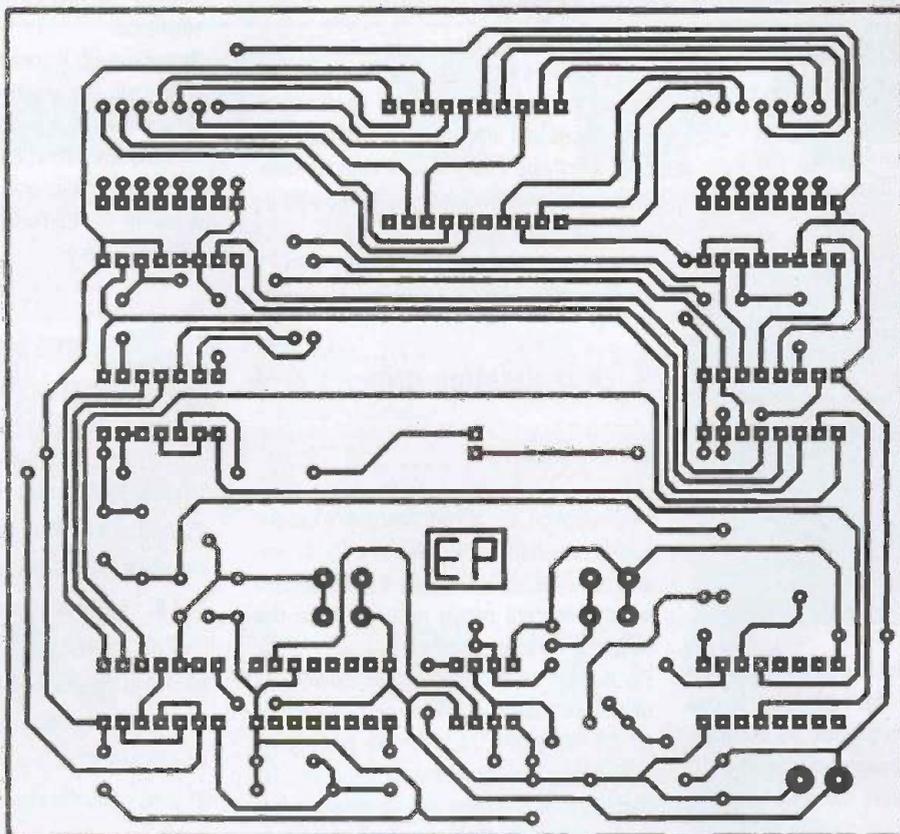
Le circuit intégré IC5 est un CD 4060. Il s'agit d'un compteur comportant 14 étages binaires montés en cascade. Il contient en plus un oscillateur interne dont la période dépend de la valeur de C8 et surtout de la position angulaire de l'ajustable A. Tant que l'entrée « Reset » est soumise à un état haut, le compteur est bloqué : toutes ses sorties présentent un état bas. Cette situation est celle qui existe lors de la durée d'attente du déclenchement de la bascule R/S.

Dès que l'entrée « Reset » de IC5 passe à l'état bas, l'oscillateur entre en action. Suivant la position angulaire du curseur de l'ajustable A, la période relevée sur la broche 9 (\emptyset) peut varier de 10 μ s à 0,35 ms. Mais c'est sur la sortie Q5 que les signaux de comptage sont recueillis. La période de base s'en trouve multipliée par 25, soit 32. En définitive, les signaux de chronométrage délivrés par IC5 se caractérisent par une période de l'ordre de 2 ms pour une position médiane du curseur de l'ajustable A. Nous verrons ultérieurement comment réaliser pratiquement le réglage de la position du curseur.

Le chronométrage cesse dès que le sujet testé relâche BP2. C'est en effet à ce moment que l'entrée de contrôle de la bascule R/S est de nouveau soumise à un état haut. Il en résulte le passage à l'état bas de la bascule et le blocage de IC5.

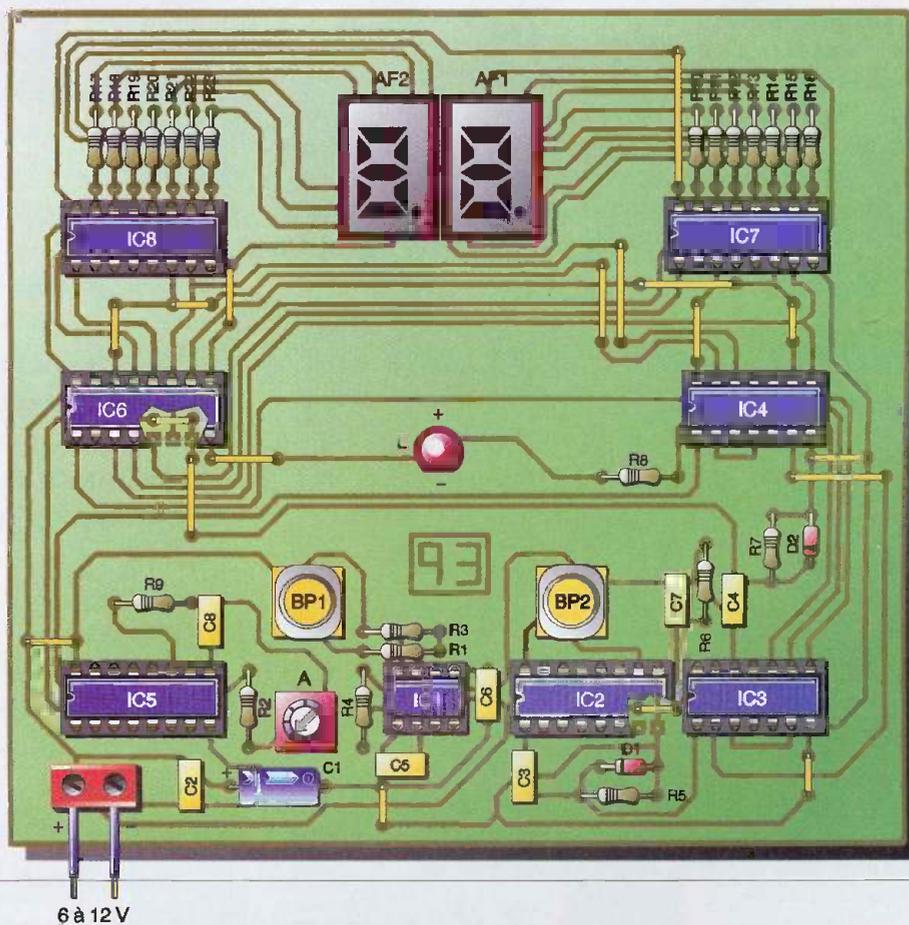
Comptage numérique

Le circuit intégré IC6 est un double compteur BCD. Le compteur A, dont l'entrée de comptage est la broche 2 (ENABLE A) est affecté au comptage des unités. Quant au compteur B, son entrée de comptage 10 (ENABLE B) est reliée à la sortie Q4A du compteur A. Il est



2 Tracé du circuit imprimé

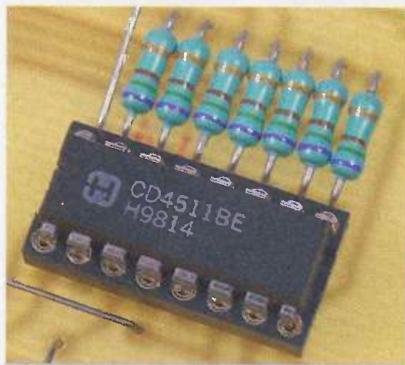
Implantation des éléments **3**



6 à 12V

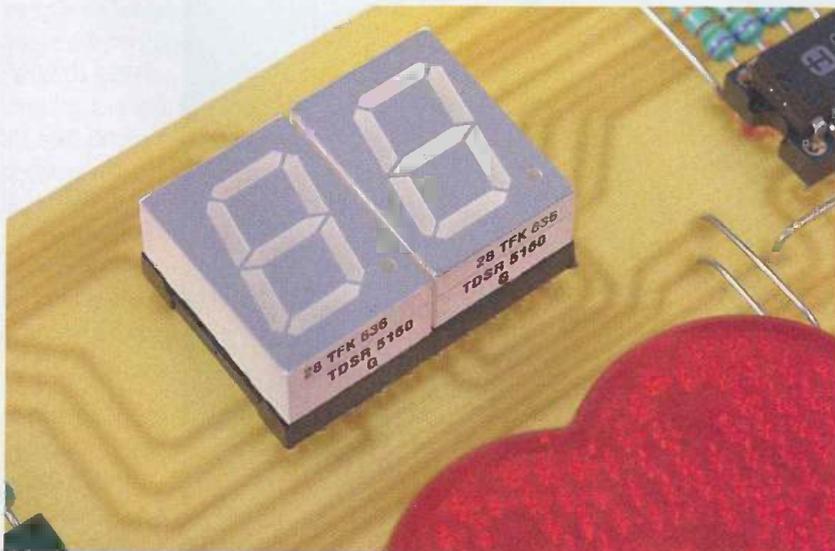
destiné au comptage des dizaines. Au moment où le sujet testé appuie sur BP2, le dispositif dérivateur C4, R7 et D2 transmet une brève impulsion positive sur les entrées RESET des deux compteurs A et B, ce qui assure leur initialisation à zéro.

Les compteurs A et B sont seulement opéra-



Décodeur BCD → 7 segments

tionnels si leurs entrées CLOCK A et CLOCK B sont soumises à un état bas. C'est le cas général. Toutefois, lorsque les deux compteurs atteignent simultanément la position 9, (1001 en notation binaire sur les sorties Q), c'est à dire la position 99, considérée comme position extrême de capacité de comptage, les portes NAND III et IV de IC4 présentent simultanément un état bas sur leur sortie. La sortie de la porte NOR III de IC3 passe alors à l'état haut, ce qui soumet l'entrée CLOCK A au même état logique, d'où le blocage du comptage sur la position 99. Cette valeur indique que les possibilités de mesure de l'appareil sont dépassées. Elle indique surtout que le niveau de réflexe du sujet testé est lamentable...



Les afficheurs 7 segments

Affichage du résultat

Les circuits intégrés IC7 et IC8 sont des décodeurs BCD → 7 segments. Leurs sorties sont reliées aux entrées correspondantes de deux afficheurs 7 segments à cathode commune par l'intermédiaire des résistances de limitation R10 à R23.

Le résultat du test s'affiche aussitôt que BP2 a été relâché.

3. La réalisation (figures 2 et 3)

Le module

La réalisation du circuit imprimé n'appelle pas de remarque particulière. Une fois la gravure achevée, on implantera les composants en commençant par la mise en place des straps de liaisons.

Par la suite ce sera le tour des diodes, des résistances, des supports de circuits intégrés et des capacités. Attention au respect de l'orientation des composants polarisés. On terminera le montage par la soudure des boutons-poussoir. Dans un premier temps, le curseur de l'ajustable sera placé en position médiane.

Mise au point

Le seul réglage à effectuer consiste à placer le curseur de l'ajustable déterminant la période des signaux de chronométrage dans la position convenable. Il est nécessaire de procéder par essais successifs... en considérant

que son propre niveau de réflexe est la référence.

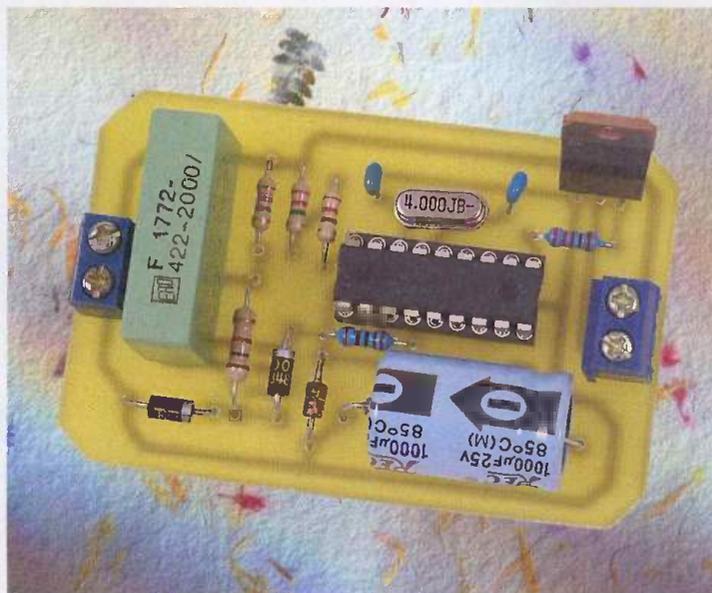
Pratiquement, il convient de placer le curseur dans une position telle que la valeur affichée lors d'essais successifs et répétés, se situe entre 70 et 85. Si la valeur affichée a tendance à être trop faible, le curseur est à tourner légèrement dans le sens horaire et inversement.

R. KNERR

Nomenclature

- 118 straps (8 verticaux, 10 horizontaux)
- R1 et R2 : 2 x 4,7 kΩ (jaune, violet, rouge)
- R3 : 680 kΩ (bleu, gris, jaune)
- R4 à R7 : 4 x 10 kΩ (marron, noir, orange)
- R8: 220 Ω (rouge, rouge, marron)
- R9: 470 kΩ (jaune, violet, jaune)
- R10 à R23 : 14 x 750 Ω (violet, vert, marron)
- A : Ajustable 47 kΩ
- D1 et D2 : 2 diodes signal 1N 4148
- L : LED rouge Ø 5 – haute luminosité
- AF1 et AF2 : 2 afficheurs 7 segments à cathode commune (TOSR 5160 G)
- C1 : 47 µF / 16 V Electrolytique
- C2 à C4 : 3 x 0,1 µF Céramique multicouches
- C5 : 4,7 nF Céramique multicouches
- C6 : 1 nF Céramique multicouches
- C7 : 0,1 µF Céramique multicouches
- C8 : 1 nF Céramique multicouches
- IC1 : NE 555 (Timer)
- IC2 : CD 4040 (Compteur binaire 12 étages)
- IC3 : CD 4001 (4 portes NOR)
- IC4 : CD 4011 (4 portes NAND)
- IC5 : CD 4060 (Compteur binaire 14 étages + oscillateur)
- IC6 : CD 4518 (Double compteur BCD)
- IC7 et IC8 : 2 x CD 4511 (Décodeur BCD → 7 segments)
- 1 support 8 broches
- 2 supports 14 broches
- 5 supports 16 broches
- 2 barrettes 10 broches (afficheurs)
- BP1 et BP2 : 2 boutons-poussoir pour circuit imprimé
- Bornier soudable 2 plots

Simulateur d'aube à pic



Le montage proposé ici est un gradateur de lumière programmé pour produire automatiquement un éclairage progressif simulant un lever de soleil. Cette mission originale a été confiée à un microcontrôleur PIC16F628 dont la tâche principale est la commande d'un triac destinée à faire varier l'intensité lumineuse de 0 à 100% en 30 minutes.

Le programme du microcontrôleur est d'un niveau facile et utilise deux TIMERS dont un sous interruption, manière idéale donc pour s'initier à ces composants.

Les bases scientifiques

Qui n'a jamais ressenti un sentiment de déprime pendant les mois hivernaux? Rien d'anormal nous répond la médecine, le manque de lumière produit des réactions biochimiques dans notre organisme. Découverte depuis des siècles, la luminothérapie ou photothérapie est une méthode qui utilise la lumière pour traiter cette déprime saisonnière. Dans cette optique, le simulateur d'aube installé dans une chambre à coucher permet un éclairage progressif ressemblant à un lever de soleil en été. La sortie du sommeil est ainsi moins traumatisante que celle provoquée par la sonnerie du réveil-matin.

Schéma électrique

Après cette introduction qui peut donner l'envie d'essayer, il suffit de jeter un coup d'œil sur le schéma électrique de la **figure 1** pour remarquer que le montage est en plus fort simple, le

programme intégré dans le PIC16F628 se chargeant de tout ou presque. Il est vrai aussi que notre montage n'effectue que la fonction de gradateur et qu'il doit être associé à un programmeur pour sa mise en fonction 30 mn avant l'heure de réveil prévue. L'alimentation en 5 V est extraite directement du secteur, la chute de tension étant effectuée par le condensateur C1 présentant à la fréquence de 50 Hz, une impédance d'environ 14 k Ω ($Z=1/2 \times \pi \times F \times C$). L'intensité efficace est alors de 220/14000 soit 15 mA, petite mais suffisante pour alimenter le PIC et le triac. La tension continue de 5 V est obtenue par la cellule de redressement constituée des trois diodes et du condensateur de filtrage C2 de 1000 μ F. La résistance R1 assure la décharge du condensateur C1 en cas de déconnexion de la prise branchée sur le secteur. Notre montage a besoin de connaître les instants de passage à zéro des alternances du secteur, c'est le but des résistances R2 et R3 connectées à RA1. Pour cette chute de tension, il est

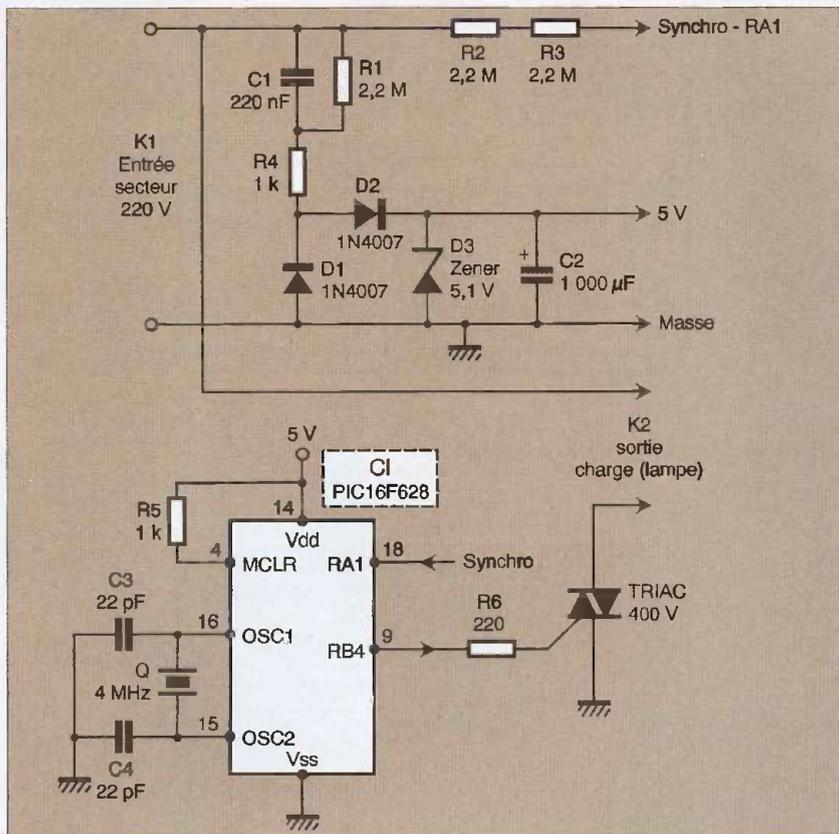
préférable de mettre deux résistances en série qu'une seule, les résistances 1/4 W ne supportant pas, ou difficilement, une différence de potentiel à leurs bornes supérieure à 250 V.

Le fonctionnement et le rôle du triac sont décrits **figure 2** : un triac est rendu conducteur par une impulsion sur la gâchette. Plus cette impulsion a lieu tôt dans chaque demi-période du secteur et plus la charge sera alimentée (plus la luminosité sera élevée), plus cette impulsion a lieu tard et moins la charge sera alimentée (plus la luminosité sera faible).

Le rôle du PIC sera donc de détecter les passages à zéro de la tension du secteur et d'envoyer des impulsions sur la gâchette à des instants précis. Au moment de la mise en route, à l'instant où le programmeur alimente le montage, les impulsions sont envoyées un peu avant la fin de la demi-période, le filament de la lampe est alors à peine incandescent. Au bout de 15 minutes, les impulsions sont envoyées à la moitié de la demi-période et au bout de 30 minutes, les impulsions seront envoyées dès le début de la période, la lampe étant alors à son maximum de luminosité.

Aspects particuliers du programme du PIC

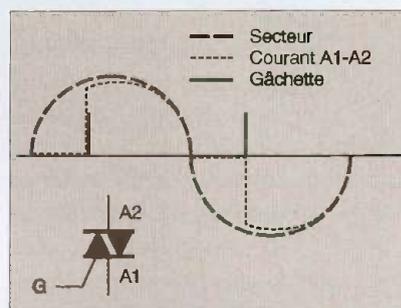
Déclenchement des impulsions gâchette sur RB4 : la fréquence du courant étant de 50 Hz, chaque période dure 20 ms et donc chaque demi-période dure 10 ms. Suivant la luminosité voulue, les impulsions sur la gâchette sont donc envoyées après un temps compris entre 0 et 10 ms après chaque passage du secteur à 0. La durée de 10 ms correspond à 10 000 cycles avec un quartz à 4 MHz, difficiles à compter avec les registres 8 bits du PIC16F84. Ce comptage du



1 Schéma de principe du simulateur

temps écoulé depuis le passage à 0 sera donc confié au compteur TMRO avec le prédiviseur réglé à 64. Sur chaque alternance, TMRO variera donc de 0 à $10\ 000/64=156$. Le moment de l'impulsion représenté par une variable (appelée TOP) devra être de même compris entre 0 et 156 et à chaque alternance, quand TMRO sera supérieur ou égal à TOP, une impulsion sera envoyée sur la gâchette. En fait, quand l'impulsion a lieu trop près de la fin de la demi-période, la lampe n'émet aucune lumière: la première valeur de TOP est donc fixée arbitrairement à 145 puis décroîtra d'une unité périodiquement. Diminuer de 145 à 0 en 30 minutes, c'est diminuer d'une unité toutes les 12 secondes (environ). Une seconde représentant un million de cycles avec un quartz à 4 MHz, douze secondes représentent 183 débordements du compteur TIMER1, qui passent donc pendant cette durée 183 fois à sa valeur maximum de 65536 avec retour à 0. Pour faire simple, il faudra que le TIMER1 s'incrémente d'une unité à chaque cycle, prévoir une interruption à chaque fois que le TIMER1 atteint son maximum, augmenter d'une unité une variable qu'on pourra appeler NB_DEB_T1 (nombre de débordements

du TIMER1) et diminuer TOP d'une unité à chaque fois que NB-DEB_T1 vaudra 183.



2 Fonctionnement et rôle du triac

Le programme

Sur le site d'Electronique Pratique, vous trouverez le programme AUBE_PIC en BASIC, assembleur et hexadécimal. Les quelques commentaires qui suivent expliquent les « secrets » de ce programme.

1 : le mot de configuration. L'horloge du PIC16F628 est confiée à un quartz. La broche MCLR est utilisée pour le RESET. Le WATCHDOG n'est pas utilisé.

2 : déclaration des étiquettes, des variables et des tableaux. Pour utiliser des variables dans le programme, il faut les déclarer en tête de programme. Pour une meilleure lisibilité du programme, le nom d'une variable doit être si possible en rapport avec sa fonction. SAV_W et SAV_STATUS sont les variables dans lesquelles sont sauvegardés le registre de travail et le registre d'état, sauvegardes nécessaires lors d'utilisation d'interruptions.

3 : sous-programme d'interruption TMR1. Comme expliqué plus haut, ce sous-programme est exécuté tous les 65536 cycles et toutes les 183 fois, TOP est décrémenté d'une unité. Quand TOP égale 0, donc quand la luminosité est à son maximum, il ne faut plus décrémenter TOP qui passerait alors à 255.

4 : Initialisation. Cette partie est importante puisque y sont définis les fonctionnements des ports A et B. Seule la broche RA1 est une broche d'entrée: c'est en effet elle qui est chargée de détecter les passages à 0 V du secteur. Dans OPTION_REG est défini le diviseur à 64 du TIMER0. Les autres instructions précisent l'emploi du TIMER1 et l'activation de l'interruption de débordement de ce compteur.

5 : attente d'un passage à 0 du secteur pour lancer le programme principal.

6 : attente de la demi-période positive. TMRO est mis à 0 immédiatement en début de demi-période.

7 : pendant cette demi-période, TMRO est comparé à TOP et une impulsion envoyée si TMRO est supérieur à TOP.

8 et 9 : traitement identique pendant la demi-période négative.

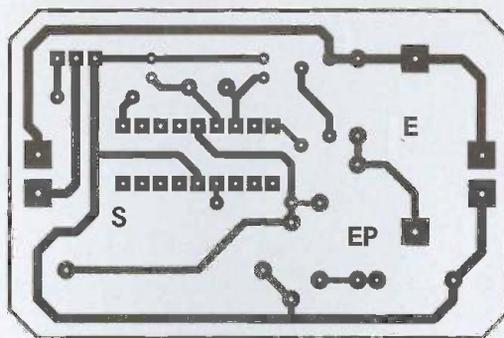
10 et 11 : sous-programmes habituels de sauvegarde et restitution du registre d'état et du registre de travail.

Réalisation

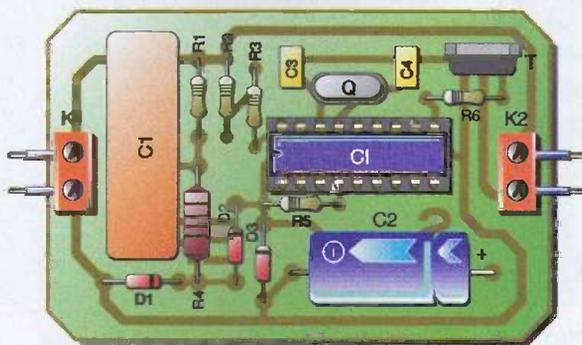
Le circuit imprimé a été dessiné dans le but de faire tenir le montage dans un boîtier en ABS, offrant isolation et solidité, de dimensions 75 x 50 x 27. Vu sa taille, le TIC225M sera légèrement incliné pour permettre la fermeture du couvercle. Deux trous sont percés de chaque côté du boîtier pour le passage des fils secteur et charge. Le dessin du circuit imprimé est présenté **figure 3** et celui de l'implantation **figure 4**. Vu le faible nombre de composants nécessaires, la réalisation ne devrait poser aucun problème. Le condensateur C1 sera obligatoirement de type X2 : les

condensateurs de ce type sont autocicatrisants et n'induisent pas de court-circuit quand ils deviennent défectueux. On veillera comme d'habitude à respecter la bonne orientation des supports et des composants polarisés, diodes et condensateurs.

Sur le bornier K1(E), connectez un câble muni d'une prise mâle destiné à être branché sur un programmeur. Sur le bornier K2 (S), connectez le câble relié à la lampe de chevet à commander. N'utilisez pas une ampoule de forte puissance, 100 W paraissent un maximum pour un réveil en douceur. Si vous réalisez des essais avant la mise en coffret, rappelez-vous que la masse du circuit est commune avec une des lignes du réseau 220 V. Ces éventuels essais devront donc être effectués avec beaucoup de précautions sur un support isolant.



3 Tracé du circuit imprimé



4 Implantation des composants

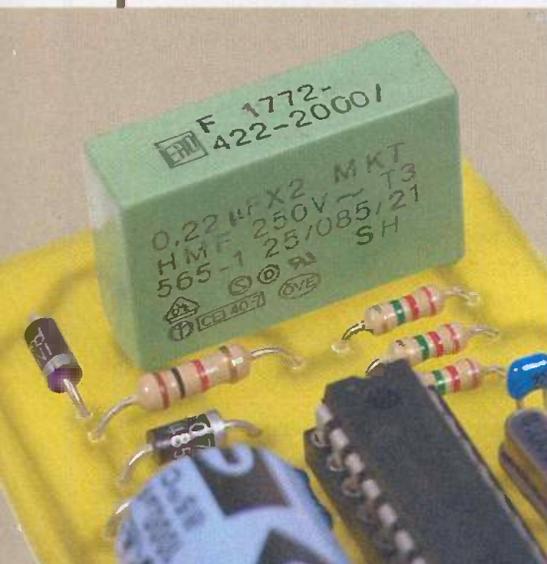
Utilisation

Le montage est immédiatement utilisable. Réglez votre programmeur 30 minutes avant votre heure habituelle de réveil. Enfichez la prise mâle du simulateur d'aube dans votre programmeur. Le lendemain matin, à l'heure prévue, la lumière s'allume-

ra progressivement et atteindra son maximum 30 minutes plus tard à l'heure du réveil. Il n'est pas prévu que le simulateur stoppe l'éclairage à un moment prédéterminé.

C'est à vous de l'arrêter par action sur le programmeur.

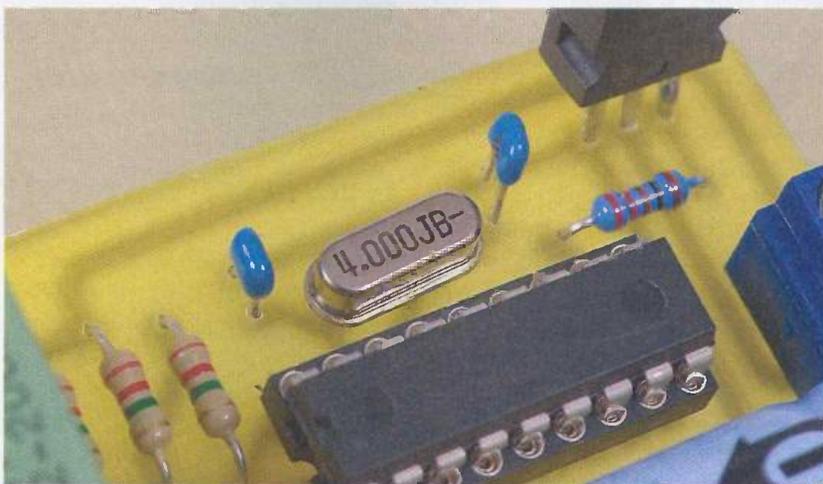
A. REBOLUX
alain.reboux@wanadoo.fr



Le condensateur C1 du type autocicatrisant

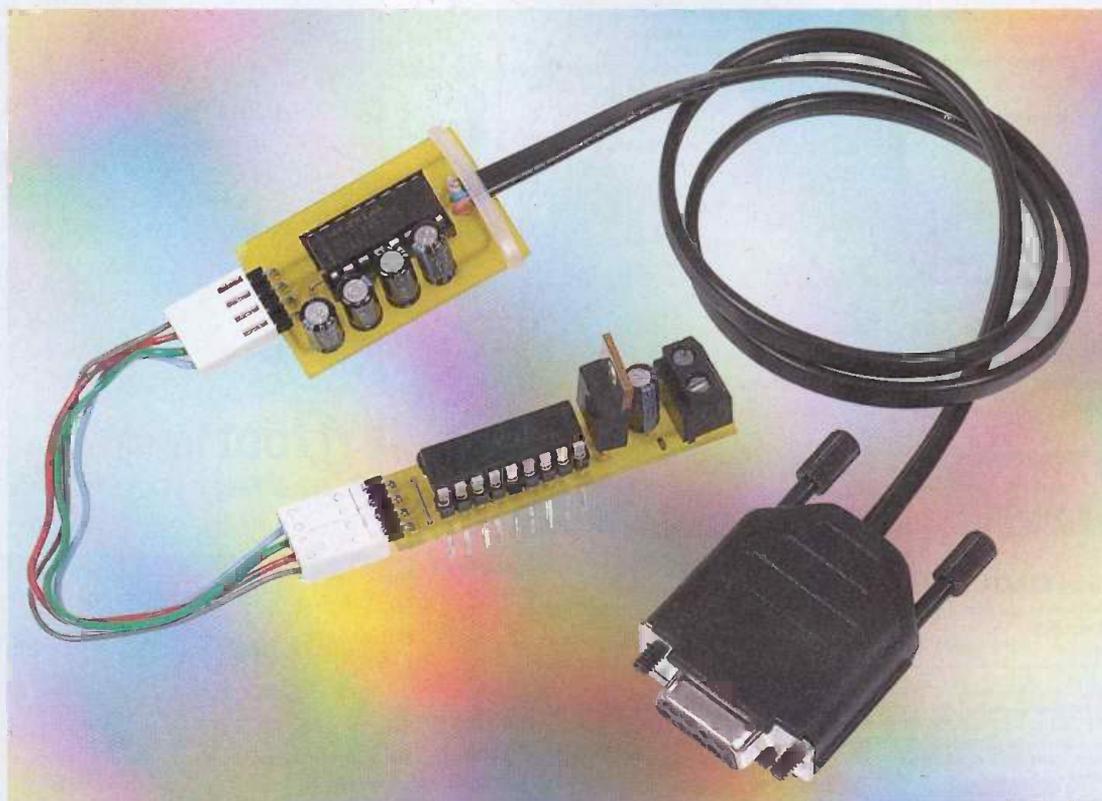
Nomenclature

- C1 : PIC16F628
- T : TIC225M (triac 400 V)
- Q : quartz 4 MHz
- R1, R2, R3 : 2,2 MΩ
- R4 : 1 kΩ / 0,5 W
- R5 : 1 kΩ
- R6 : 220 Ω
- C1 : 220 nF/250 V X2 autocicatrisant
- C2 : 1000 µF/25V axial
- C3, C4 : 22 pF
- D1, D2 : diode 1N4007
- D3 : ZENER 5,1 V
- K1, K2 : borniers d'alimentation



Le PIC et son quartz 4 MHz

Découvrir le PIC 16F88 et MikroBasik



Le 16F88, successeur des 16F84 et du 16F628 est probablement le plus puissant de la gamme des petits microcontrôleurs de MICROCHIP. Il regroupe toutes les fonctions de ses prédécesseurs plus une foule d'autres qui le rendent apte à réaliser les projets les plus complexes. À cela, il faut ajouter que son prix n'a rien à voir avec celui du 16F84.

Nous nous proposons dans cet article de vous faire découvrir ses principales caractéristiques et les moyens qui vous permettront d'en faire un outil de développement rapide et puissant pour vos futures applications.

Caractéristiques (figure 1)

Voici ce qui fait du 16F88 un microcontrôleur 18 pattes de « compétition » :

- 16 entrées/sorties dont 7 entrées analogiques 10 bits,
- Oscillateur intégré jusqu'à 8 MHz,
- Reset interne ou externe,
- Liaisons I2C esclave, SPI et UART,
- Instructions d'écriture et de lecture dans la mémoire flash,

- Mode basse consommation,
- 4096 mots de mémoire flash,
- 368 octets de mémoire RAM.

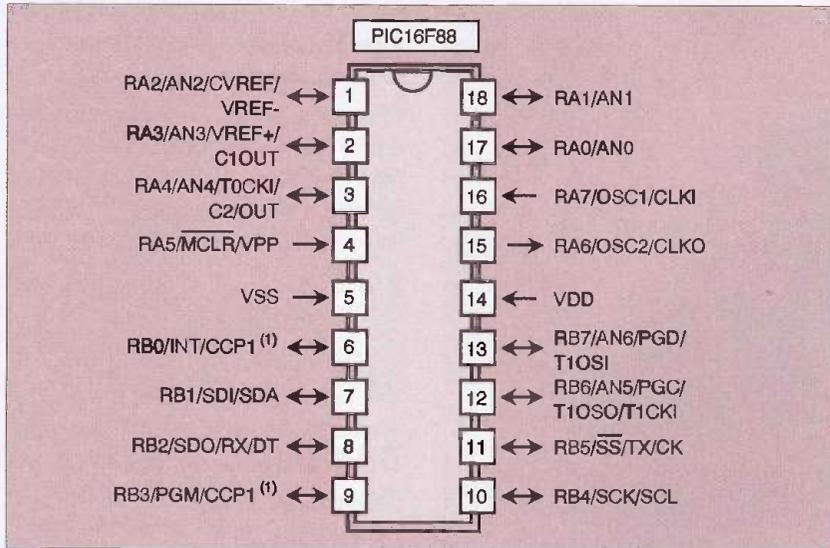
L'oscillateur intégré et la possibilité de programmer un reset interne font du 16F88 un processeur « stand-alone » c'est à dire qu'il peut fonctionner sans addition de composants externes. De plus, les fonctions de programmation de la flash permettent de le doter d'un bootloader et ainsi de le programmer via l'UART directement sur la carte cible.

La platine d'essai que nous vous proposons dans cet article vous permettra de démarrer avec le 16F88 en mode « stand-alone » à 8 MHz et de l'équiper de tous les outils de développement

gratuits que nous avons pu trouver pour ce processeur sur le web. Nos plaques d'essai pour PIC sont utilisables sur des plaques tests standard et permettent de réaliser des montages qui seront ensuite finalisés sur circuits imprimés. Il ne s'agit pas là d'une initiation à la programmation des PIC que d'autres auteurs ont déjà traitée mais de la mise en oeuvre d'un nouveau processeur et des outils qui vous permettront de l'utiliser vite et bien.

Le BOOTLOADER de SPARKFUN

Première étape pour pouvoir travailler avec un processeur, trouver un boot-



1 Brochure du PIC 16F88

loader qui permettra de le programmer par la liaison série. Rappelons les principes d'un bootloader et son utilité. Un bootloader est un programme généralement composé d'une partie en assembleur ou en C écrite pour le processeur cible et d'une autre partie pour le PC. Le programme pour le processeur analyse au démarrage ce qui se passe sur l'UART ou envoie un caractère spécifique.

Le programme sur le PC, lorsqu'il reçoit cette information, engage un dialogue avec le processeur et lui transfère le programme à écrire dans la flash.

Ceci permet d'éviter, à chaque modification dans le programme, de remettre le processeur sur le programmeur.

Pour le 16F88, nous avons trouvé peu de bootloaders dans le domaine public et celui de SPARKFUN nous a donné toutes satisfactions moyennant quelques modifications et aménagements.

Ce bootloader pourra être téléchargé à l'adresse suivante:

<http://www.sparkfun.com/tutorial/Booader/bl oader.htm>

Il est composé d'un programme pour le PC, Screamer V1.4 (figure 2), et de plusieurs programmes écrits en C avec CC5X. Celui qui nous intéresse est le Bloader-F88-Internal8MHz.c

Ce programme a été écrit pour un 16F88 avec oscillateur interne à 8 MHz et un reset externe. Nous avons apporté quelques modifications à ce programme pour qu'il fonction-

ne avec le reset interne du PIC. Vous trouverez la nouvelle version en téléchargement sur le site d'électronique pratique dans la rubrique téléchargement.

Pour ceux qui souhaitent modifier le source et recompiler avec CC5X, il s'agit de modifier dans le source la ligne correspondante à la configuration du processeur en remplaçant la valeur 0x3F22 par la valeur 0x3F10. Cette modification a pour effet de sélectionner le reset interne du PIC au lieu du reset externe MCLR.

Après avoir téléchargé le fichier HEX corres-

pondant ou compilé le programme en C modifié, il faudra le programmer dans le PIC. Le programme Screamer devra être accessible et configuré pour le PIC 16F88 et le port COM sur lequel sera raccordé votre PIC.

Dans le menu Comm, sélectionnez le port COM sur lequel est raccordé votre PIC, puis sélectionnez 16F88 dans le menu CHIP et 8 MHz dans le menu OSCILLATOR. À noter que ce bootloader fonctionne également avec les processeurs de la série 16F87X mais nous ne l'avons pas testé.

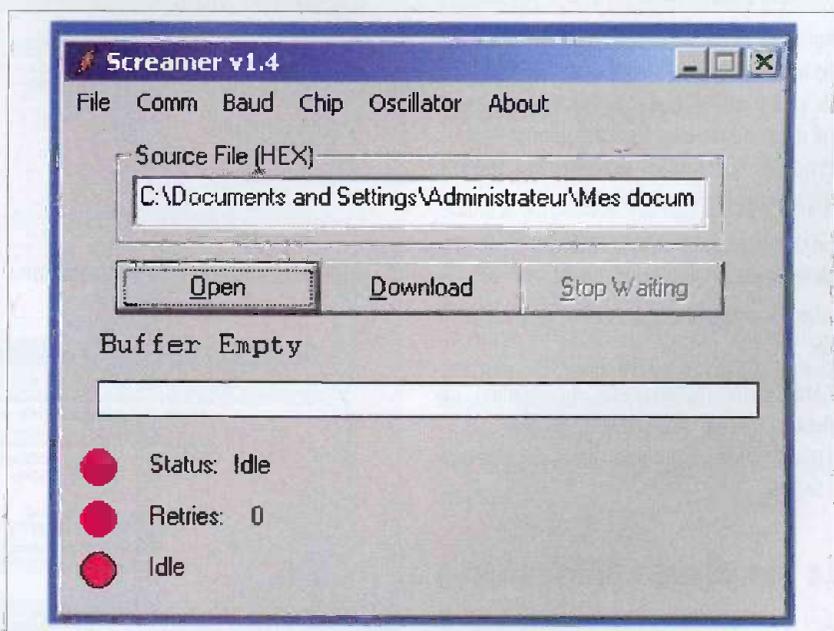
En cas de problème, visitez le site de SPARK-FUN sur lequel vous trouverez un forum dans la rubrique TECHNICAL SUPPORT qui vous permettra de trouver un certain nombre de réponses sur les problèmes les plus couramment rencontrés.

Programmer le 16F88

Il s'agit maintenant de programmer le 16F88 avec le fichier HEX du bootloader. C'est là que se pose le problème du logiciel à utiliser.

En effet, la plupart des programmeurs sont livrés avec le logiciel ICPROG de Bonny Gijzen, malheureusement celui-ci ne supporte pas le PIC 16F88.

Pour tous ceux qui utilisent des programmeurs qui tournaient avec ICPROG il faudra se tourner vers WINPIC qui supporte le 16F88.



2 Screamer V1-4



Vue du convertisseur RS232/TTL

Ce logiciel pourra être téléchargé à l'adresse suivante :

<http://www.qsl.net/d14yh/winp1cpr.html>

Il est tout de même important de lire la FAQ du site car il semble que certains programmeurs ne fonctionnent pas pour le 16F88.

Un autre logiciel que nous n'avons pas testé se trouve à l'adresse suivante :

<http://www.oshonsoft.com/picprog.html>

En ce qui concerne le programmeur PICS-TART PLUS de MICROCHIP, celui-ci ne permet pas de programmer le 16F88 mais il y a tout de même une possibilité en utilisant un processeur qui est presque identique, le 16F819. Seul problème, le 16F819 n'a que 2 kmo de mémoire programme.

Après de multiples essais, nous avons modifié le fichier de configuration du 16F819 pour lui « faire croire » que le 16F819 avait 4 kmo de mémoire programme. Ceci permet de programmer le 16F88 en sélectionnant 16F819 dans la device list de MPLAB.

Le détail de cette modification est sur le site de l'auteur à l'adresse suivante :

<http://jmandon.free.fr/picstart88/picstart88.htm>

Après avoir réalisé cette modification du fichier source, nous avons programmé le 16F88 sans problème en sélectionnant 16F819.

Le compilateur BASIC

Afin que la découverte de ce processeur soit accessible au plus grand nombre, nous avons

décidé de faire les premiers essais avec un compilateur basic. Celui de mikroelektronika nous a semblé séduisant.

D'abord, parce qu'une version de démonstration peut être téléchargée sur leur site à l'adresse suivante :

<http://www.mikroelektronika.co.yu/english/product/compiler/compiler.htm>

Ensuite parce que l'environnement de développement de Mikroelektronika est simple à utiliser et est doté d'outils comme par exemple un terminal RS232 intégré.

La version de démonstration est limitée à 2 kmo de programme mais c'est largement suffisant pour la plupart des applications.

Le compilateur génère un fichier HEX qui est destiné à être transféré dans le processeur à l'aide du bootloader. Seul problème, le fichier généré par le compilateur n'est pas compatible avec le bootloader de SPARKFUN.

Nous vous proposons, avant de le télécharger dans le PIC, d'utiliser cet utilitaire que nous avons écrit pour rendre MikroBasic compatible avec le bootloader de SPARKFUN.

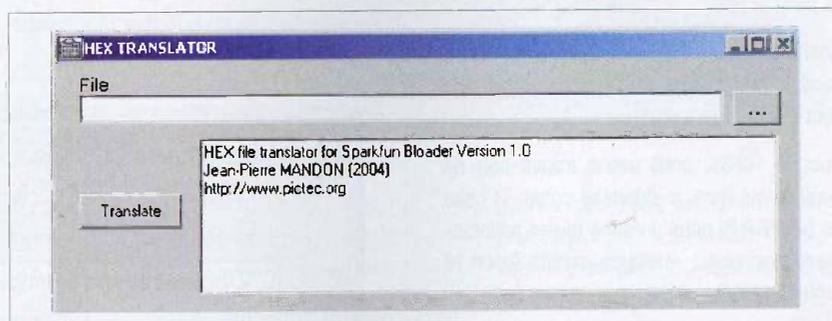
TRANSLATOR, un convertisseur de fichier HEX

Bien que le programme que vous écrivez soit fonctionnel si vous programmez un 16F88, les impératifs d'utilisation du bootloader font que le programme généré par MikroBasic n'est pas directement téléchargeable.

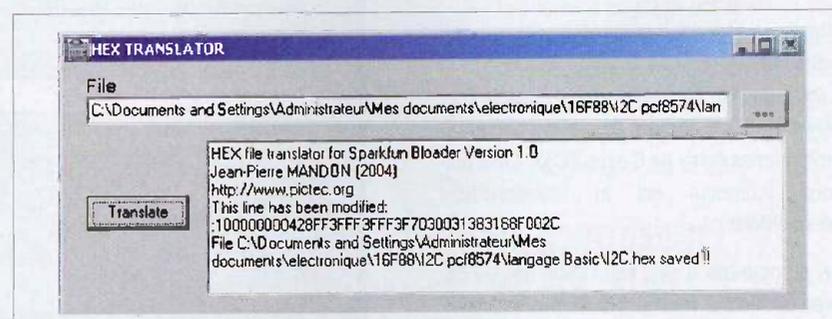
Nous avons écrit un utilitaire qui modifie le fichier HEX généré par le compilateur et qui le rend compatible avec le bootloader.

Ce programme, que nous avons appelé TRANSLATOR peut être téléchargé sur le site de l'auteur à l'adresse suivante :

<http://jmandon.free.fr/translateur/translateur.php>



3 Lancement du translator



4 Pratique de la sélection

Il se présente sous la forme d'un exécutable que vous pourrez placer dans un dossier de votre disque. Créez un raccourci sur le bureau vers ce programme. Au lancement l'écran de la **figure 3** apparaîtra :

Sélectionnez le fichier à convertir, puis cliquez sur le bouton « TRANSLATE », vous verrez apparaître l'écran de la **figure 4**.

Une ligne du fichier HEX est modifiée par TRANSLATOR. Il faudra utiliser TRANSLATOR chaque fois que vous compilerez votre programme basic avant de le télécharger avec le bootloader. À défaut, SCREAMER vous indiquera que le fichier n'est pas compatible avec le bootloader.

Pour ceux qui veulent en savoir plus sur les raisons de cette incompatibilité, nous conseillons la visite du site PICTEC sur lequel vous trouverez un certain nombre d'articles consacrés au 16F88 et aux outils permettant de développer des applications sur ce processeur.

Une platine de test

Pour pouvoir développer rapidement des applications de test, nous avons construit une platine de test destinée à être utilisée sur plaque d'essais du type de celles commercialisées par LABTEC. Le support du PIC sur cette platine est du type à wrapper ce qui permet de placer la platine d'essai directement dans la plaque contact. Il s'agit ensuite de travailler comme d'habitude avec une pla-

tine de test, à savoir soit avec des fils de câblage soit en plaçant directement les composants.

Cette platine très simple à réaliser est équipée d'un régulateur 5 V (ce qui permet de l'alimenter avec un bloc secteur du commerce) et d'un connecteur sur lequel sont disponibles les broches d'alimentation et le TX et RX de l'UART du PIC. Le téléchargement du programme sera réalisé via cette liaison à l'aide d'un convertisseur RS232/TTL que nous décrivons également.

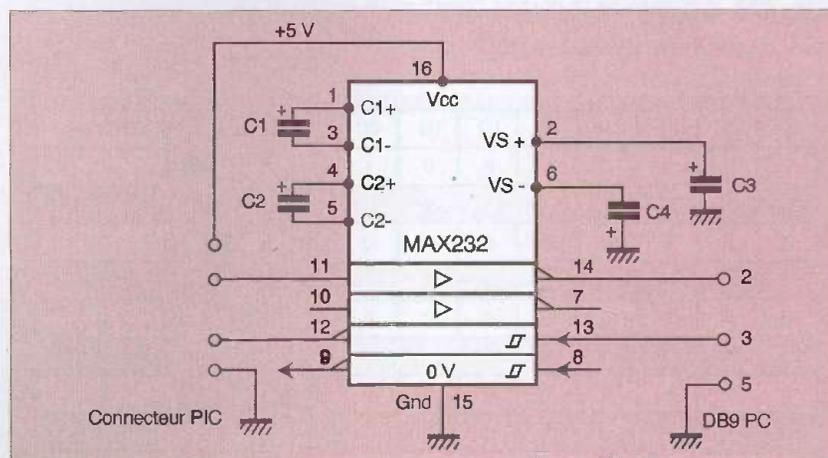
Le schéma de cette platine de test (**figure 5**)

platine à des fréquences d'horloge variant de 100 kHz à 8 MHz.

Le dessin du circuit imprimé et l'implantation associée de la platine test sont représentés **figures 6 et 7**.

Les trous des pastilles du PIC seront d'abord percés à 0,8 mm puis agrandis avec un foret de 1 mm pour permettre le passage des pattes du support à wrapper. Ne pas oublier de souder le condensateur de 100 nF avant de souder le support à wrapper. Une led "présence tension" pourra être ajoutée sur la platine.

On veillera à placer sur le fil d'alimentation un

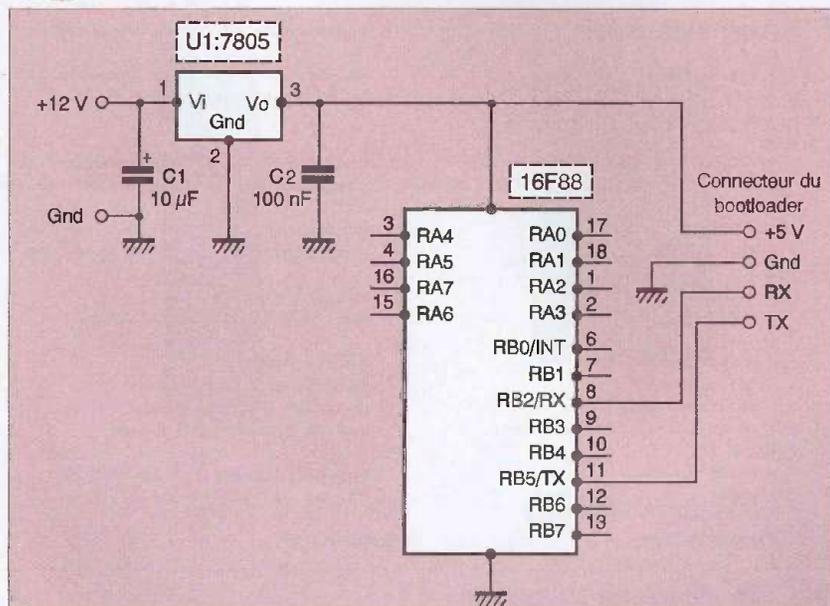


8 Schéma de l'interface RS232/TTL

est on ne peut plus simple puisque le PIC est utilisé sans reset externe et avec l'oscillateur intégré. On pourra donc travailler avec cette

interrupteur car le reset du PIC n'étant pas disponible sur cette platine, la remise à zéro du PIC sera réalisée en coupant l'alimentation et cette manipulation devra être faite chaque fois que le programme sera téléchargé dans le 16F88.

5 Schéma de la platine "test"



Le convertisseur RS232/TTL

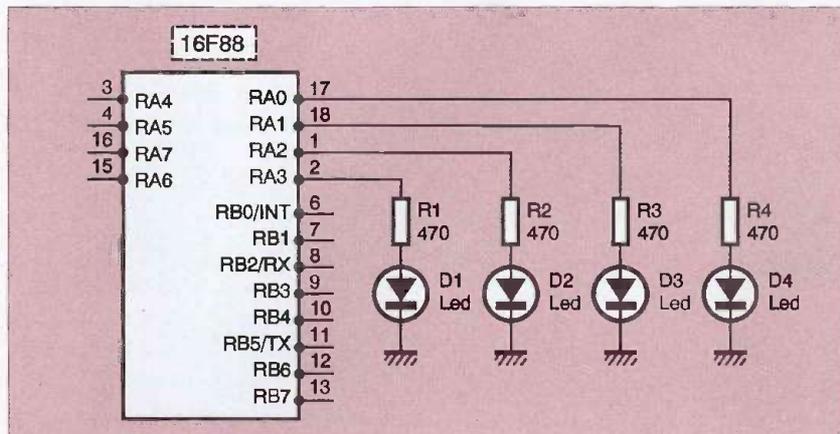
Le convertisseur RS232/TTL est construit autour d'un MAX232 selon le schéma donné par MAXIM. Il est alimenté par la carte du PIC via un connecteur à 4 broches. Le schéma est donné **figure 8**.

Le dessin du circuit imprimé et l'implantation associée du convertisseur RS232/TTL sont donnés **figures 9 et 10**.

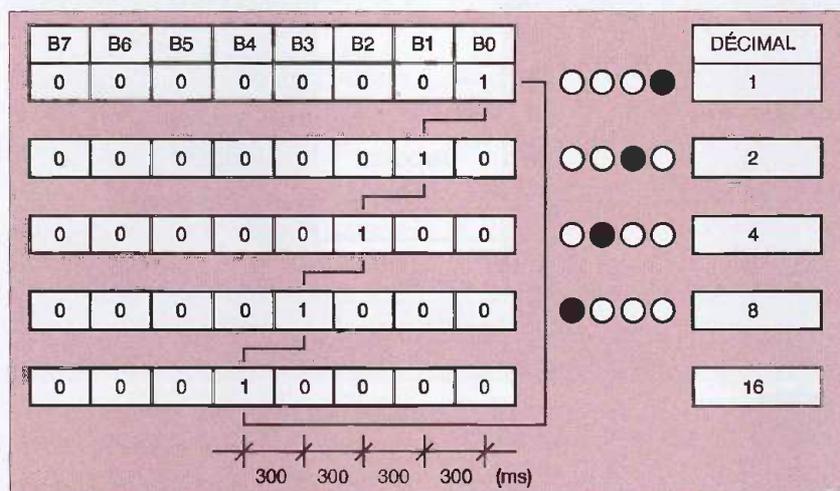
La liaison du convertisseur RS232 au PIC sera réalisée à l'aide d'un câble droit à quatre conducteurs.

Application pratique

Il est temps maintenant de passer à la première application de nos outils de développe-



11 Schéma de la platine "test" avec ses quatre leds



12 Principe du décalage

ment. Pour cela, nous allons réaliser un chénilard avec 4 leds connectées sur le port A du PIC et les faire allumer séquentiellement les unes après les autres.

Cette application nous permettra de tester le fonctionnement du compilateur BASIC, du traducteur de fichier et du bootloader.

Il s'agira ensuite de se familiariser avec le compilateur pour passer à des réalisations plus « musclées » et exploiter toutes les possibilités de ces outils.

Le schéma de la platine de test avec ses quatre leds et ses résistances est donné **figure 11**.

Les quatre leds sont raccordées sur le port A au travers d'une résistance de 470 Ω.

Chaque ligne du PORT A étant capable de fournir un courant de 20 mA, il n'y a aucun risque de créer une surcharge sur les lignes de sortie du PIC.

Le montage pourra être réalisé directement sur la platine d'essai.

Le programme

Le programme écrit avec MikroBASIC utilise les fonctions de temporisation intégrées dans le compilateur.

On définit une variable valeur qui servira à calculer la valeur résultante du décalage d'un bit vers la gauche. Il s'agit ensuite de réaliser une boucle en décalant un bit vers la gauche.

Nous avons réalisé ce décalage en multipliant par 2 la valeur précédente de l'octet. En effet, un décalage binaire vers la gauche est équivalent à une multiplication par 2 (**figure 12**).

Le programme est donné **figure 13**.

Les lignes 9 et 10 sont spécifiques au 16F88. La ligne 9 permet de choisir la valeur de la fréquence d'horloge, la ligne 10 permet d'attendre que l'oscillateur se stabilise au démarrage du PIC ou en cas de reset.

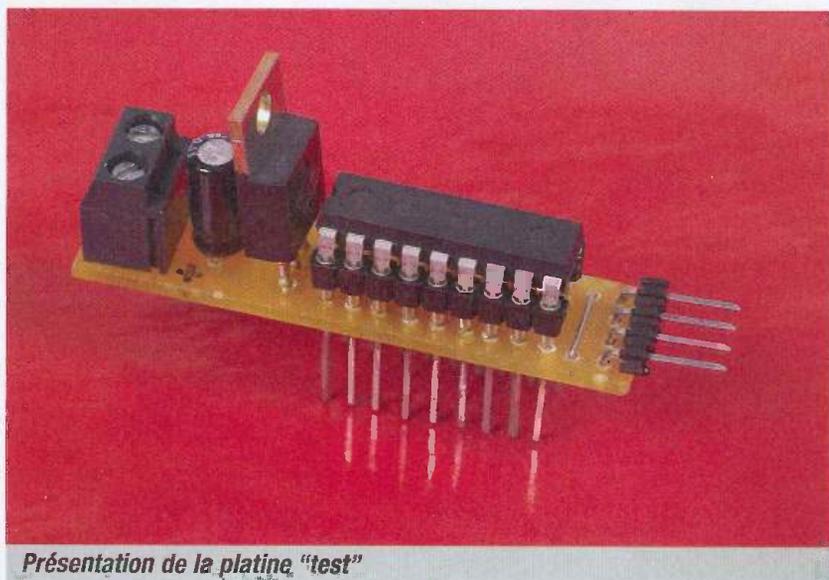
La ligne 12 permet de configurer le PORT A en tout ou rien (mode digital), ce port étant par défaut configuré comme port d'entrées analogiques.

Les lignes 18 à 24 sont la traduction en basic de la séquence binaire décrite ci-dessus.

```

application.pbas
1 program application
2
3 dim valeur as byte           ' variable de calcul du décalage
4
5 org $0004                   ' adresse de début pour compatibilité avec
6                               ' le bootloader de SPARKFUN
7 main:
8
9 OSCCON=$70                  ' configuration horloge interne 8 Mhz
10 while testbit(OSCCON,IOFS)=0 wend ' attente stabilisation horloge interne
11
12 ANSEL=0                    ' configuration du PORT A en digital
13 TRISA=$00                  ' configuration du PORT A en sortie
14
15 valeur=1                   ' valeur initiale
16 PORTA=valeur               ' sur le PORT A ( led 1 allumée )
17
18 while true                 ' boucle sans fin
19 delay_ms(200)              ' temporisation décalage
20 valeur=valeur*2            ' décalage à gauche de la valeur
21 if valeur=16 then valeur=1 ' valeur limite pour 4 leds
22 end if
23 PORTA=valeur               ' nouvelle valeur sur le PORT A
24 wend                       ' fin de la boucle sans fin
25
26 end.
    
```

13 Programme du montage



Présentation de la platine "test"

Après avoir compilé le programme avec MikroBasik, on le convertira à l'aide de l'utilitaire translator puis on le téléchargera à l'aide du bootloader dans la platine d'essai.

Conclusion

Cette platine d'essai vous permettra soit de vous initier au 16F88 si vous débutez en programmation, soit de construire rapidement des applications de tests si vous êtes déjà familier des PIC.

Pour moins de 30 euros, vous disposerez de tous les outils logiciels pour éditer, compiler et programmer des 16F88 avec en plus la possibilité de câbler des applications d'essais en 5 minutes. Utilisant cette technique depuis plusieurs années pour l'enseignement et même des montages plus importants, elle me permet de valider le fonctionnement des applications avant de me lancer dans la fabrication d'un circuit imprimé.

Références sur le web

Les datasheets du 16F88 pourront être téléchargées sur le site de Microchip :

www.microchip.com

Le compilateur basic de MikroElektronika :

www.mikroelektronika.co.yu

(La version de démonstration est limitée à 2 k de code).

Le bootloader de SPARKFUN :

www.sparkfun.com

L'utilitaire de translation des fichiers HEX :

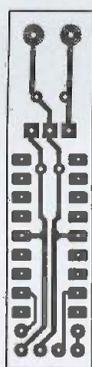
<http://jmandon.free.fr/translateur/translateur.php>

Et de nombreuses autres applications et platines d'essais pour tous les PIC sur :

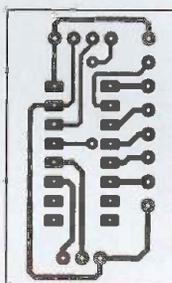
www.pictec.org

Enfin, je répondrai à toutes les questions techniques qui me seront adressées.

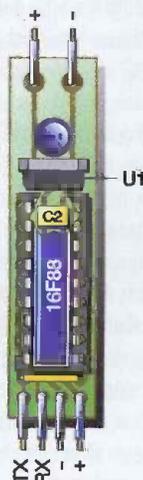
JP. MANDON
jp.mandon@free.fr



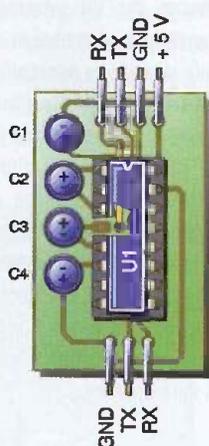
6 Tracé du circuit imprimé de la platine test



9 Tracé du circuit imprimé du convertisseur RS232/TTL



7 Implantation des éléments



10 Implantation des éléments

Nomenclature

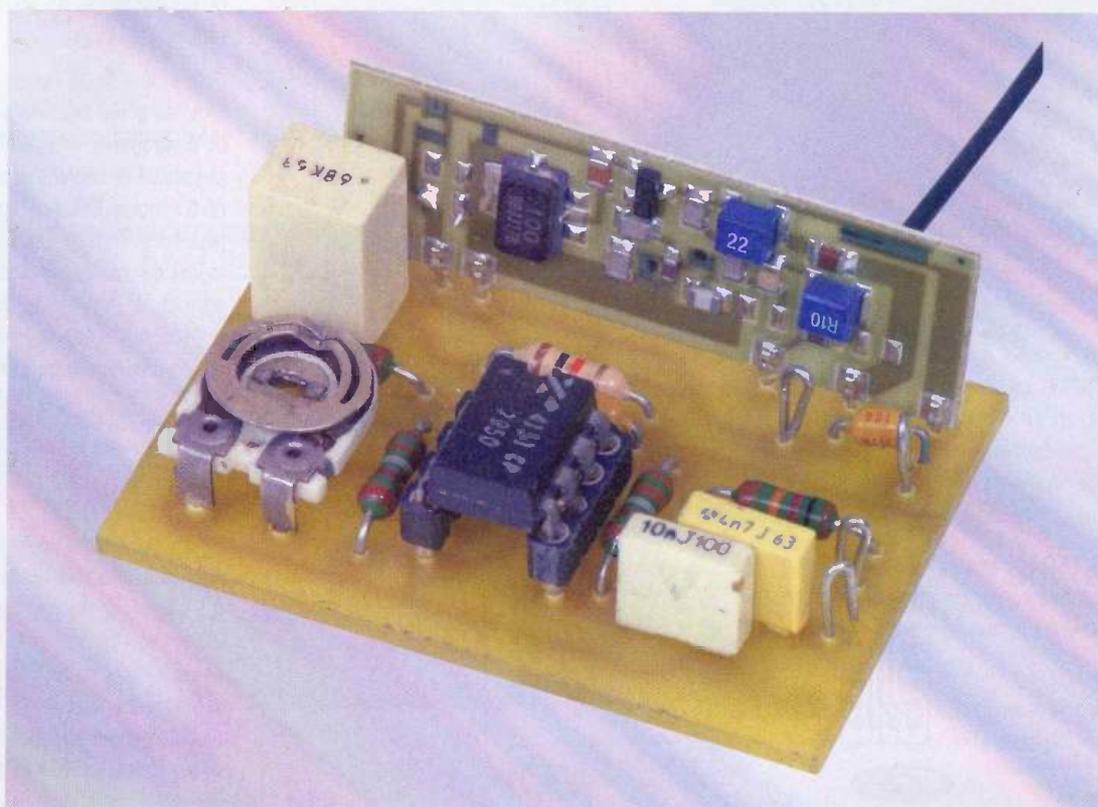
Nomenclature de la platine de test :

- C1 : 10 μ F 25 V
- C2 : 100 nF 16 V
- U1 : 7805
- Support à wrapper 18 points
- Circuit 16F88
- Bornier à visser 2 points

Nomenclature du convertisseur RS232/TTL :

- C1, C2, C3, C4 : 10 μ F 25 V
- U1 : MAX232

Transmission de tension sans contact



Transmettre simplement une tension continue, nous ne parlons pas de puissance mais de télémesure, demande une conversion. Même si on peut bien sûr le faire en numérique en utilisant des convertisseurs analogiques numériques, il existe une autre méthode que nous allons utiliser ici, par exemple pour transmettre l'état des batteries d'alimentation d'un mobile.

Nous avons choisi pour cet exemple d'utiliser la méthode du convertisseur tension/fréquence. Cet élément reçoit une tension et sort une fréquence dont la valeur est proportionnelle à la tension d'entrée. On voudra bien sûr avoir la meilleure linéarité possible, une bonne stabilité en fréquence et en température et aussi vis à vis de fluctuations de la tension d'alimentation, paramètre pouvant être utile dans un système embarqué alimenté par la batterie de bord. Si on alimente le circuit au travers d'un régulateur de tension, on va perdre de l'énergie. Donc si on peut se passer de ce régulateur, ce n'est pas plus mal.

La transmission directe d'une tension analogique est facile mais pour l'envoyer sans contact, ou même au travers d'un transformateur capable

d'assurer l'isolation nécessaire, il faut passer par un intermédiaire donc transformer la grandeur en une grandeur périodique susceptible de traverser un transformateur ou un système radio. Cette grandeur ne doit pas subir de dégradation lors d'un transport à distance. La fréquence est un paramètre plus facile à récupérer qu'une amplitude. En effet, si l'amplitude d'un signal alternatif change facilement, sa fréquence reste une constante et il n'y a guère que l'effet Doppler qui puisse la faire changer.

Le convertisseur fréquence/tension.

Plusieurs fabricants de circuits intégrés proposent des convertisseurs

assurant cette fonction, en conservant une haute linéarité dans la conversion. Un célèbre fabricant américain d'appareils de mesure audio, Audio Precision, utilise ce type de convertisseur comme interface entre les circuits de mesure et le système d'affichage sur ordinateur. Le processeur transforme la fréquence en une donnée convertie en volts, dBu, % etc, en fonction du paramétrage de l'équipement d'analyse.

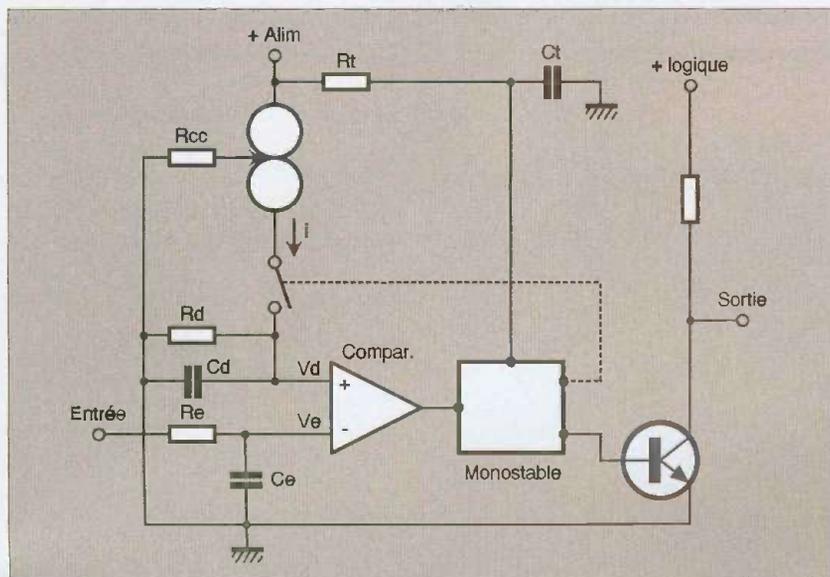
Ces convertisseurs ont une fréquence maximale relativement faible, (une centaine de kilohertz), et une linéarité qui peut atteindre avec des composants périphériques 0,01 %. Notre ambition n'ira pas jusque là, les convertisseurs tension/fréquence sont généralement du type mono tension et l'ampli opérationnel qu'il faut ajouter

demande une alimentation symétrique pas toujours disponible à bord d'un mobile.

Le principe de base

La **figure 1** donne le principe d'un convertisseur tension/fréquence. Ce type de composant est proposé par différents fabricants et certains ont la bonne idée d'avoir utilisé la même implantation.

constante de temps du monostable. Le courant i charge alors le condensateur C_d . La tension aux bornes de C_d va alors augmenter jusqu'à ce que la période du monostable soit achevée. Si la tension V_d est inférieure à celle d'entrée V_e , le monostable se re-déclenche pour continuer la charge de C_d . Si la tension V_d est supérieure à V_e , le monostable ne se re-déclenche pas et le condensateur C_d se décharge au travers de R_d jusqu'à ce que



1 Schéma de principe du convertisseur tension/fréquence.

Nous avons employé ici un XR4151 d'Exar que l'on peut trouver notamment chez Arquié Composants et qui a pour équivalents de brochage les LM 131, 231 et 331 de National Semiconductors. Ces trois dernières références ont toutefois l'avantage de performances globalement supérieures, qu'il s'agisse de la linéarité ou d'une consommation inférieure. En outre, ils peuvent travailler avec une tension d'alimentation de moins de 5 V contre 8 V pour le XR 4151 plus ancien. Analog Devices propose plusieurs convertisseurs, certains avec une linéarité atteignant 0,002 %, d'autres ayant une configuration proche de celle aux modèles NS mais avec un brochage différent.

L'entrée reçoit une tension continue filtrée éventuellement par le circuit RC qui élimine les fluctuations rapides. Cette tension est comparée à la tension présente sur l'autre entrée du comparateur. Si la tension d'entrée est supérieure, le comparateur déclenche le monostable. Sa sortie commande simultanément le transistor de sortie et un interrupteur relié à un générateur de courant à courant constant. L'interrupteur est fermé pendant la

tension V_d soit inférieure à V_e . À l'équilibre, le courant qui traverse R_d est égal à V_d/R_d . Comme V_e est sensiblement égal à V_d , il est égal à V_e/R_d . Nous avons ici un courant de charge de C_d proportionnel à la fréquence d'activation du monostable. Comme le courant de décharge est proportionnel à la valeur de la tension d'entrée divisée par la valeur de la résistance de décharge, la fréquence de déclenchement du monostable sera proportionnelle à la tension d'entrée.

Le schéma

La **figure 2** donne le schéma de principe que nous avons essayé.

Le XR 4151 fonctionne à partir d'une tension de 8 V. Si vous ne disposez que de 5 V, vous pourrez utiliser un doubleur de tension style 7660. Le circuit fonctionne aussi au-dessous de cette tension, il délivre toujours une tension mais devient sensible à la valeur de la tension d'alimentation tandis que la linéarité et la stabilité ne sont plus assurées. Le LM 331 de NS est supérieur sur ce plan. Les valeurs des composants ont été choisies pour avoir une fréquence maximale de 3,5 kHz pour une tension d'entrée de 7 V, ce qui nous donne un rapport simple. Il suffit de multiplier la fréquence en kHz par 2 pour retrouver la tension...

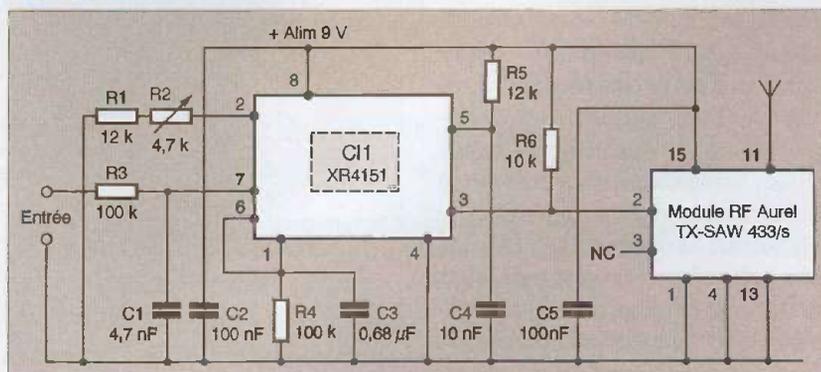
La fréquence maximale est déterminée par la constante de temps $1,1 \times R_5 \times C_4$. Si on augmente la tension d'entrée, le monostable se déclenche de façon imprévisible et la fréquence de sortie ne suit pas. Le coefficient liant la tension et la fréquence dépend du rapport $R_1 + R_2/R_4$ selon la formule :

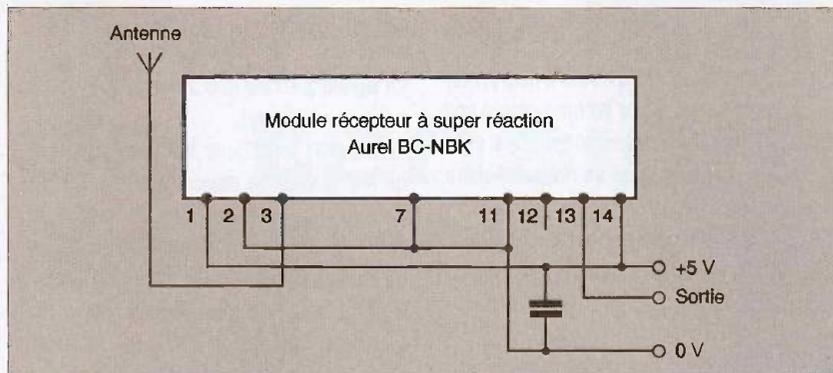
$$F_o = \text{Tension d'entrée} \times 0,486 \times (R_1 + R_2/R_4)/R_5 \times C_4$$

La résistance variable R_2 permet un ajustement du coefficient de transfert. La résistance R_5 peut varier entre 6,8 k Ω et 680 k Ω , C_4 sera compris entre 1 nF et 1 μ F. Pour une utilisation avec un module émetteur travaillant en modulation d'amplitude et dont la fréquence est limitée, il est préférable d'éviter de travailler au-dessus de 4 ou 5 kHz. La fréquence est transmise à l'entrée de modulation d'un émetteur. La valeur de la résistance de rappel R_6 permet d'envoyer sur le module émetteur une tension maximale de 5 V.

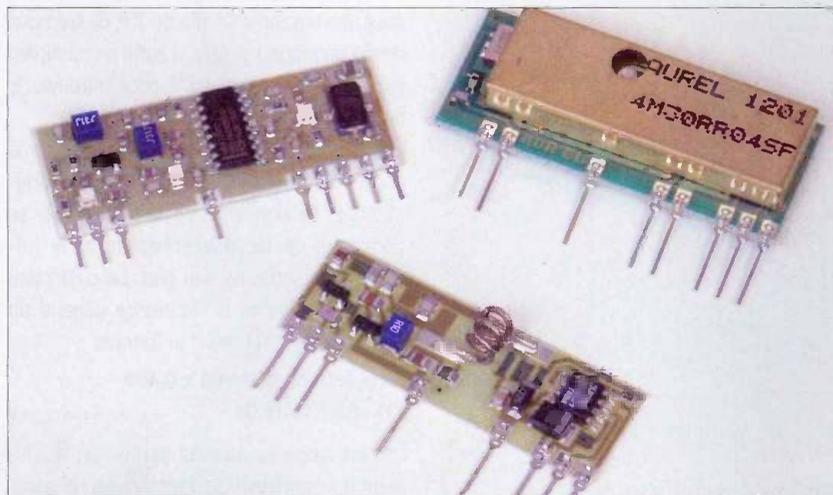
La **figure 3** donne le schéma du récepteur, il s'agit là d'un grand classique, nous n'avons

2 Schéma d'application à la transmission sans fil





3 Schéma de câblage d'un récepteur permettant de recevoir la fréquence



Présentation de différents modules de réception

ici que le schéma d'application typique d'un module récepteur, tous ont pratiquement le même brochage.

Réalisation

La **figure 4** donne le schéma du circuit imprimé qu'on réalisera suivant des méthodes classiques. Le circuit est d'une taille réduite, vous pourrez toujours, si vous avez peur de faire des courts-circuits entre les pastilles refaire votre implantation en éloignant les composants les uns des autres.

La **figure 5** donne l'implantation des composants. Il n'y a pas de conditions particulières à respecter, à part l'orientation du circuit intégré C1 que nous avons installé sur un support. Les résistances seront de préférence à couche métallique et d'une précision de 1 %, vous utiliserez les valeurs les plus proches de celles données ici, vous pouvez aussi utiliser des résistances à couche métallique à 2 %. Le montage fonctionne en principe sans problème si vos pistes ne sont pas en court-cir-

cuit, ça arrive ! Un test d'isolement à la sonnette permettra de vérifier la qualité du circuit imprimé. Attention aussi aux coupures de pistes toujours possibles... Le test de transmission s'effectuera obligatoirement avec une antenne, sans elle, certains modules émetteurs ne fonctionnent pas.

E. LEMERY



L'ajustable 4,7 kΩ (piste Cernet)

Nomenclature

Résistances 1/4W

- R1 : 12 kΩ (marron, rouge, orange) 1%
- R3 : 100 kΩ (marron, noir, jaune) 1%
- R4 : 100 kΩ (marron, noir, jaune) 1%
- R5 : 12 kΩ (marron, rouge, orange) 1%
- R6 : 10 kΩ (marron, noir, orange) 5%

Condensateurs

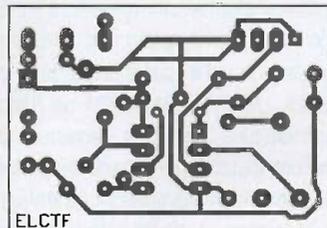
- C1 : 4,7 nF céramique ou MKT
- C2, C5 : 100 nF Céramique ;
- C3 : 0,47 à 1 µF MKT
- C4 : 10 nF, polystyrène, polycarbonate

Semi-conducteurs

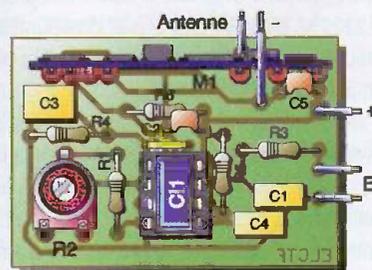
- C11 : XR 4151 Exar (Éventuellement LM 331 National Semiconductors)

Divers

- R2 : Potentiomètre ajustable horizontal 4,7 kΩ ; piste Cernet
- Module RF Aurel TX-SAW 433/s
- Module récepteur Aurel 433 MHz BC-NBK

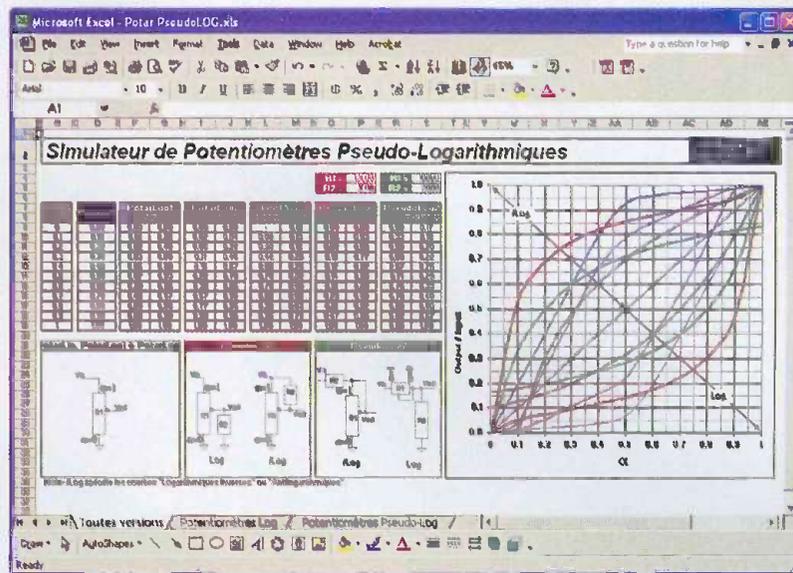


4 Le circuit imprimé



5 Implantation des composants

Potentiomètres Pseudo-Logarithmiques



Fichier de simulation (Excel®)

Certaines réalisations nécessitent l'usage de potentiomètres logarithmiques. Et bien entendu, on ne dispose jamais de la bonne valeur en stock... Dans le présent article, nous allons vous expliquer comme réaliser un potentiomètre pseudo-logarithmique grâce à un potentiomètre linéaire et une résistance.

Les potentiomètres sont très utilisés en électronique. Ils permettent de régler un courant ou une tension par l'intermédiaire d'une résistance variable. Cette résistance variable dispose de deux bornes et d'un curseur. Pour un potentiomètre linéaire, la valeur de la résistance entre le curseur et une borne augmente linéairement, autrement dit, pour un même déplacement du curseur, on a la même différence de résistance. Par ailleurs, il est parfois nécessaire d'utiliser un potentiomètre logarithmique. Ce type de potentiomètre a entre ses deux bornes une variation de résistance qui répond à une loi quasi logarithmique. En effet, il ne s'agit pas d'une variation réellement logarithmique car la réalisation serait trop compliquée donc coûteuse. Ce type de potentiomètre est utilisé pour la linéarisation ou le contrôle de signaux issus de grandeurs physiques spécifiques. Ces potentiomètres sont reconnaissables

par un repérage particulier, nous dirons même très particulier. En effet, les repères sont A ou B mais il faut préalablement connaître le pays d'origine pour pouvoir identifier le type de potentiomètre. Les repères sont inversés entre l'Europe et le Japon (voir **Tableau 1**).

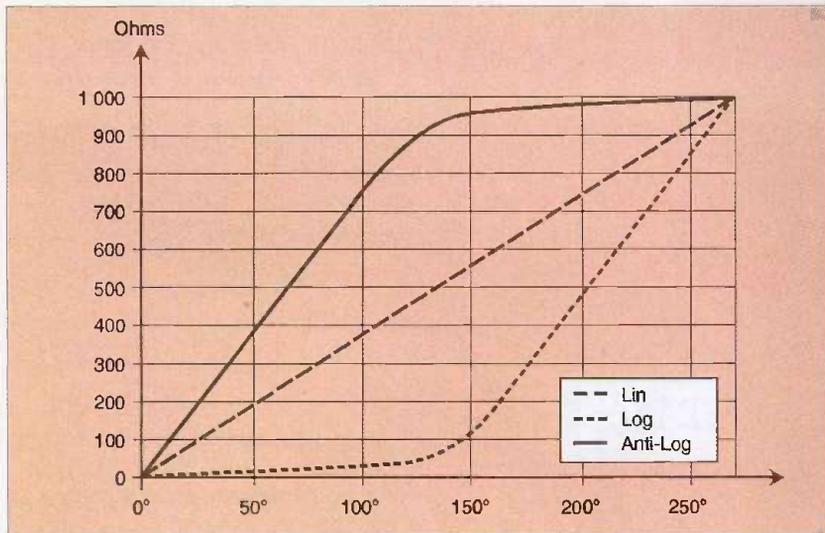
Néanmoins, bien que ce ne soit pas une règle, on s'aperçoit depuis quelques années que si le potentiomètre possède un repère (A ou B), il s'agit d'un potentiomètre logarithmique. À contrario, s'il n'y a rien, il s'agit d'un potentiomètre linéaire. En cas de doute, la meilleure solution est d'utiliser un multimètre et de mesurer la résistance à mi-course. Si entre l'une des deux bornes et le curseur, la

résistance vaut environ la moitié de la résistance totale (valeur notée sur le potentiomètre), il s'agit d'un potentiomètre linéaire. Par contre, si elle est inférieure à 25 % ou supérieure à 85 % de la résistance totale, il s'agit d'un potentiomètre logarithmique.

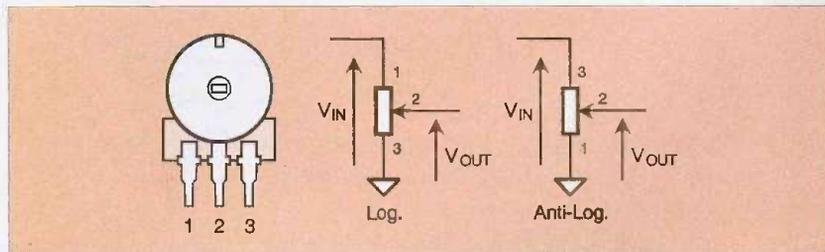
En effet, sur la **figure 1**, on peut voir un exemple de variation de la résistance d'un potentiomètre en fonction de la position du curseur. Sur cette figure, on notera la courbe anti-logarithmique (également appelée inverse logarithmique). On obtient la courbe logarithmique ou anti-logarithmique en choisissant l'une ou l'autre des deux bornes du potentiomètre par rapport au curseur ce qui est représenté sur la **figure 2** (attention : il ne s'agit

	A	B
Europe / US	Linéaire	Logarithmique
Japon	Logarithmique	Linéaire

Tableau 1
Lettre de repérage des potentiomètres



1 Variation de la résistance en fonction de la position du curseur

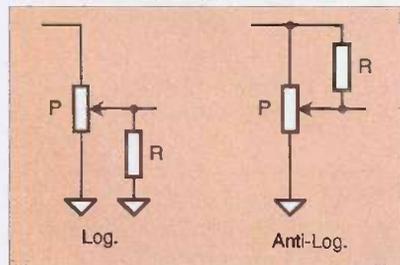


2 Choix Log ou Anti-Log

que d'un exemple de brochage, la position de la borne 1 peut changer en fonction du fabricant).

Comme nous l'avons dit dans l'introduction de cet article, lorsque l'on a besoin de ce type de potentiomètre, il est très courant de ne pas trouver la bonne valeur ou de ne pas en avoir du tout. Fort de ce constat, nous vous proposons une solution pour palier à ce manque. En effet, en utilisant un potentiomètre standard (linéaire) auquel on ajoute une résistance, on peut réaliser très facilement un potentiomètre logarithmique. Nous vous proposons deux solutions de câblage pour réaliser ce potentiomètre « pseudo-logarithmique ». La première est représentée

3 Schéma de la première solution



sur la **figure 3**. Elle consiste à connecter la résistance entre le curseur et l'une des deux bornes du potentiomètre.

On notera α la position relative du curseur par rapport aux butées du potentiomètre. :

Soit, par exemple à mi-course :

La réponse en tension de ce premier type de câblage est la suivante :

$$\alpha = \frac{\text{Position du curseur}}{\text{Angle de rotation total}}$$

$$\alpha = \frac{135^\circ}{270^\circ} = 0,5$$

(pour le montage Logarithmique)

Et

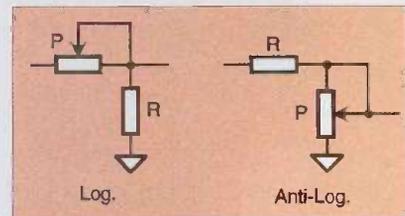
$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{\alpha \cdot P \cdot R}{\alpha \cdot P + R + (1 - \alpha) \cdot P + \frac{\alpha \cdot P \cdot R}{\alpha \cdot P + R}}$$

$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{\alpha \cdot P}{\alpha \cdot P + (1 - \alpha) \cdot P + R}$$

(pour le montage Anti-Logarithmique).

Ce qui permet de tracer la loi de variation

La seconde solution est représentée sur la **figure 5**. Elle permet d'obtenir une variation logarithmique en plaçant le potentiomètre en série dans le circuit (montage rhéostatique).



5 Schéma de la seconde solution

La réponse en tension de ce second type de câblage est la suivante :

$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{R}{(1 - \alpha) \cdot P + R}$$

(pour le montage Logarithmique)

Et

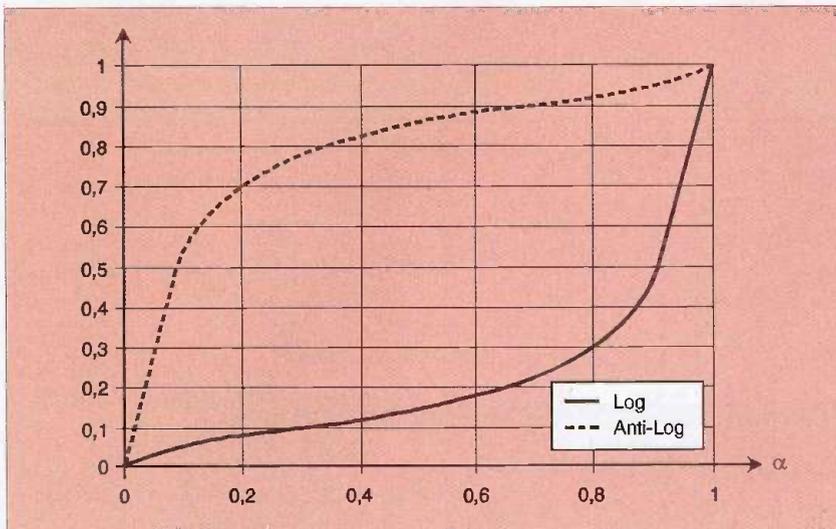
$$V_{OUT} = V_{IN} \frac{\alpha \cdot P}{\alpha \cdot P + R}$$

(pour le montage Anti-Logarithmique).

Comme on peut s'en rendre compte sur les **figures 3 et 5**, le câblage ne présente aucune difficulté particulière. Seul le choix du rapport entre la valeur du potentiomètre et la résistance peut être un peu délicat. En effet, lorsque l'on modifie ce rapport, la réponse change comme représenté sur la **figure 7**. Afin de rendre plus facile l'adaptation entre la réponse de ce potentiomètre et le besoin de la réalisation, nous vous proposons un fichier Excel®. Ce fichier vous permettra de simuler la réponse avec différentes valeurs de potentiomètre et/ou résistances. De même, vous pourrez les comparer avec la réponse d'un potentiomètre logarithmique et/ou celle de la courbe théorique d'une fonction logarithmique.

Une petite astuce permet de rapidement savoir si une réponse est logarithmique. Il suffit de modifier l'un des deux axes en échelle logarithmique (abscisses pour la fonction Log et ordonnées pour la fonction Anti-Log). Après cette modification, si la réponse est une droite, la fonction est réellement logarithmique (voir photo d'ouverture).

Ce fichier sera disponible sur le site Internet d'Électronique Pratique. Il n'est pas verrouillé, vous pourrez le modifier à votre gré ou réutiliser les formules dans d'autres fichiers.



50 mm de course signifie que le curseur se trouve à 40 mm de la position initiale.

- $V_{out}/V_{in} = 0,6$ pour un potentiomètre de $10\text{ k}\Omega$ signifie que l'impédance est de $6\text{ k}\Omega$ entre la borne de référence et le curseur puis de $4\text{ k}\Omega$ entre l'autre borne et le curseur. Dans le cas d'un montage potentiométrique, la tension de sortie sera les six dixièmes ($6/10$) de la tension d'entrée ($V_{in}=5\text{ V} \Rightarrow V_{out}=3\text{ V}$).

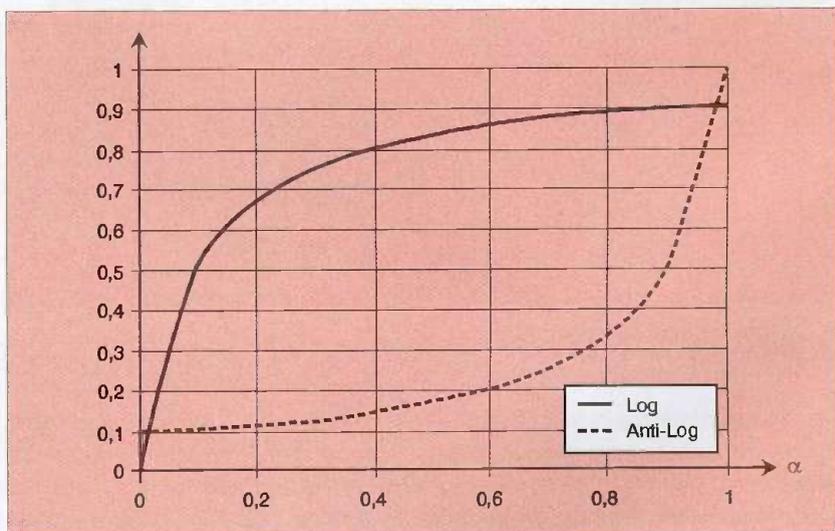
4

Courbe de réponse de la première solution

Les abscisses et les ordonnées sont relatives, il suffit juste de multiplier la valeur affichée par la valeur maximale de la grandeur concernée.

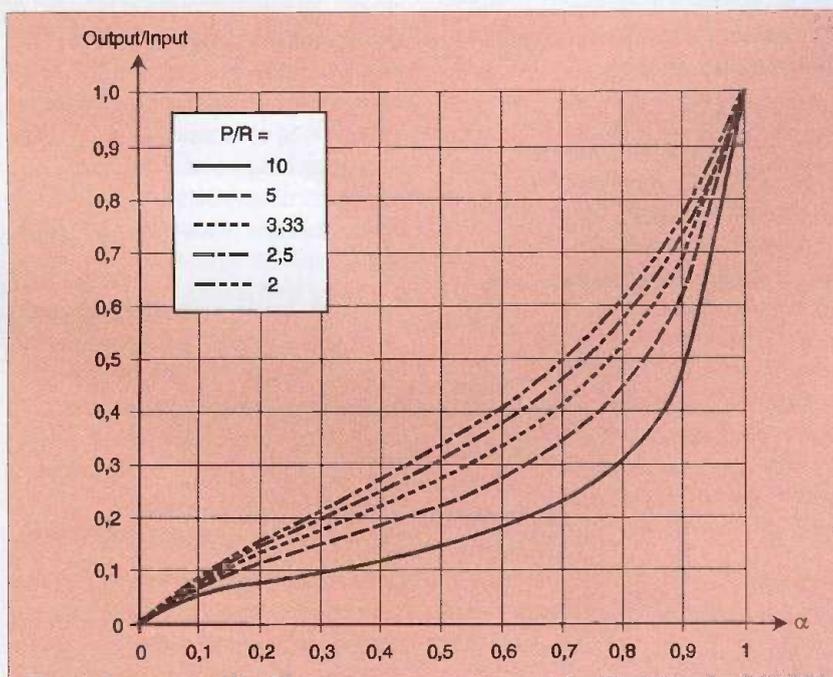
En effet, voici quelques exemples :

- $a = 0,3$ sur un potentiomètre rotatif possédant une course de 270° signifie que le curseur se trouve à 81° de la position initiale.
- $a = 0,8$ sur un potentiomètre rectiligne de



6

Courbe de réponse de la seconde solution



Pour conclure, ces deux solutions permettent avantageusement de remplacer un potentiomètre logarithmique par un potentiomètre linéaire. D'une part, elles permettent de diminuer le risque de ne pas disposer du bon potentiomètre et d'autre part, elles permettent de régler la réponse en fonction du besoin, ce qui n'est pas possible avec un potentiomètre logarithmique.

PH. ANDRÉ

7

Exemple de modification du rapport P/R avec la première solution