

DVD GRATUIT

# elektor

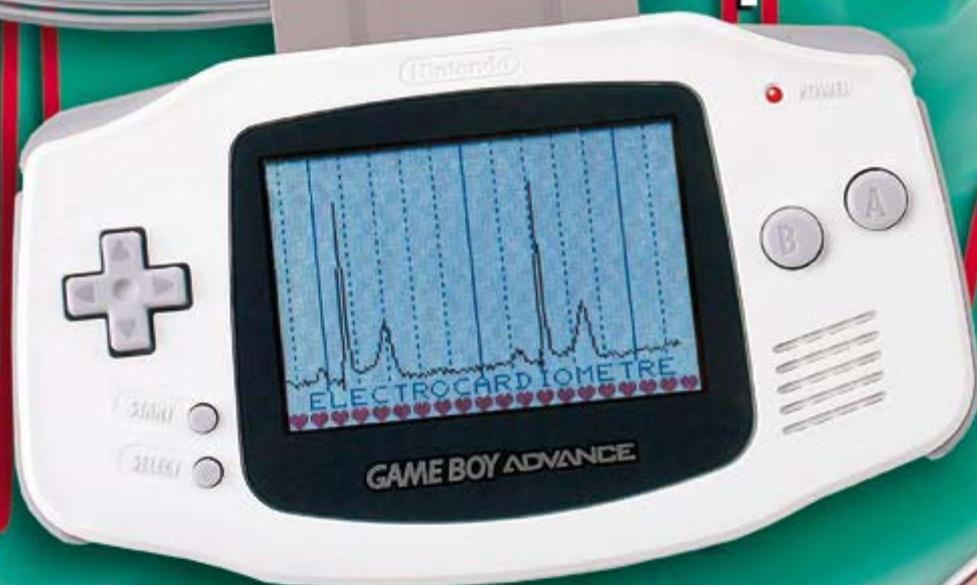
l'électronique imaginative

N° 340  
OCTOBRE 2006  
mensuel

(B) 6,55 € • (CH) 11,30 FS (CAN) 8,35 \$ Can.  
DOM surface 7,00 € • DOM avion 8,75 €  
ISSN 0181-7450  
www.elektor.fr

## ECG SUR VOTRE GAME BOY

Par cartouche interposée

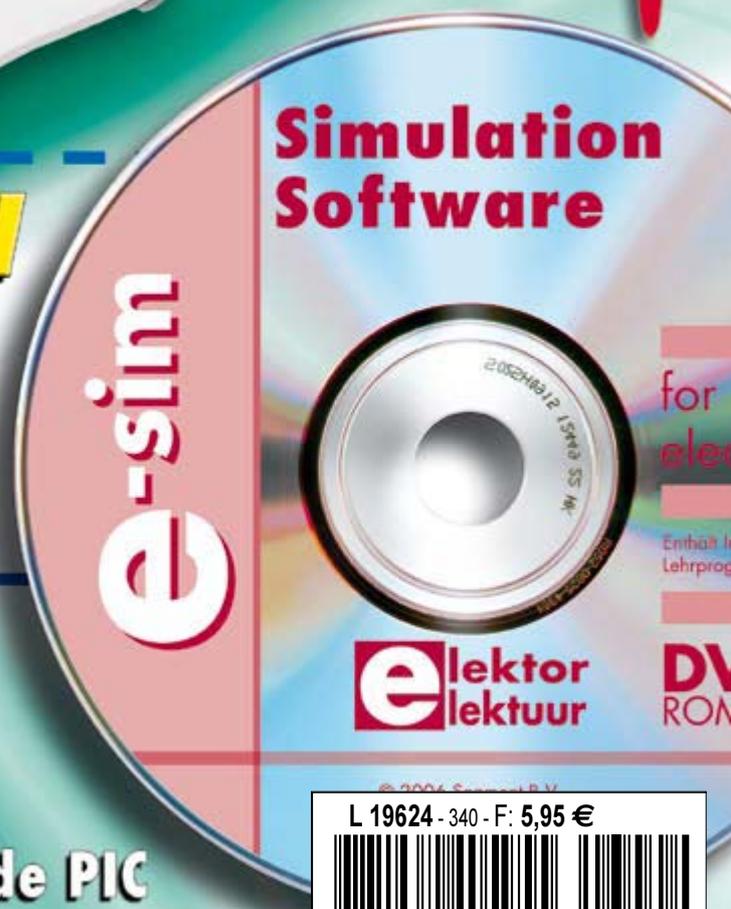


## LA SIMULATION SUR PC

Sur ce DVD GRATUIT :  
plus de 35 programmes

### À faire

- Éclair et tonnerre
- Carte-son en ECGraphe
- Programmeur/débogueur de PIC



L 19624 - 340 - F : 5,95 €



## La simulation sur PC, vous connaissez ?

Non ? Vous n'aurez plus d'excuse !

Ce numéro d'octobre fait la part belle à deux thèmes diamétralement opposés : la simulation sur PC et l'instrumentation médicale (de fabrication maison).

Après le succès indéniable de notre numéro de novembre 2005, accompagné lui aussi d'un DVD, et consacré aux logiciels de CAO sur ordinateur, nous vous proposons ce mois-ci un nouveau DVD, consacré aux logiciels de simulation cette fois.

Comme la fois dernière, nous avons essayé d'être exhaustifs. Ce sont plus de trente programmes qui passent ici la revue. La plupart des majors sont présents. Ceux qui manquent à l'appel ont, pour une raison ou une autre (délai, licence, etc.) raté une occasion rare de se manifester auprès des vrais amateurs d'électronique « créative » (cf. le logo d'Elektor).

Le second thème de ce numéro est la médecine, cardiaque en particulier. Avec GBECG, un ElectroCardioScope pour Game Boy dans la lignée du GBDSO des mois d'octobre/novembre 2000, nous vous proposons à nouveau une carte montée et testée qu'il vous faudra monter dans une cartouche vide pour Game Boy ; il vous restera à disposer 3 électrodes aux points prévus du corps, pour voir apparaître sur l'écran de votre console un électrocardiogramme du plus bel effet.

Nous avons bien entendu également jeté un coup d'oeil à d'autres domaines, celui des microcontrôleurs, par exemple, avec un programmeur/ICD pour PIC, l'une des familles de microcontrôleurs les plus populaires du moment et l'article « Un autre contrôleur pour la carte Flash ». Le domestique n'a pas non plus échappé à nos regards, témoin le « Bon Tuyau », ni même le ludique comme le prouve notre « Chrono de piste auto ».

Bonne lecture.

P.S. Vos remarques, suggestions et autres propositions sont toujours les bienvenues, l'adresse [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr) vous est ouverte 24 heures sur 24, 7 jours sur 7.

**Guy Raedersdorf**  
Rédacteur en Chef

# 32 GBECG

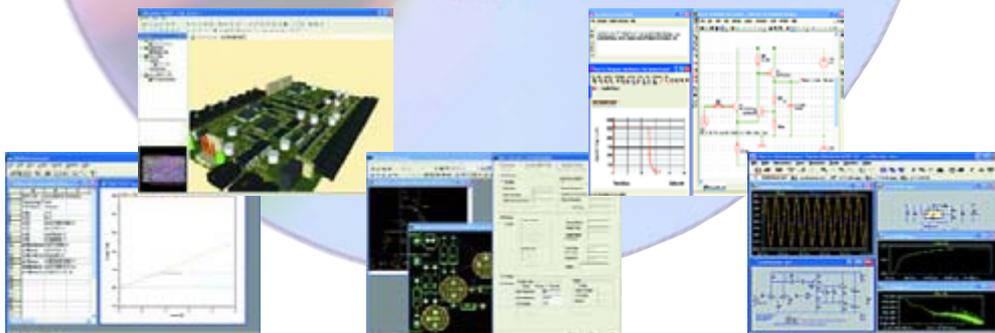
## ÉlectroCardioScope pour la GameBoy

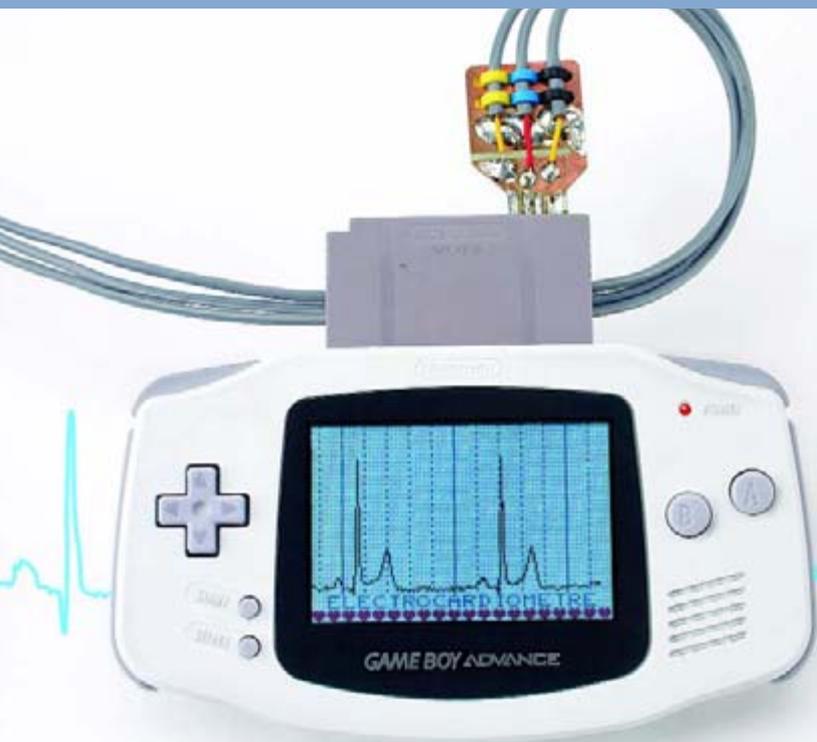
**Quel amateur d'électronique n'a pas projeté de relever un Electro-Cardio-Gramme (ou « ECG ») avec un appareil de sa fabrication ? Soit par curiosité technique, car les problèmes à résoudre sont nombreux pour prélever correctement l'activité électrique du cœur, soit pour permettre une surveillance médicale personnelle sous le contrôle d'un cardiologue, au même titre qu'un tensiomètre vendu dans les pharmacies.**

**Avec DVD-ROM gratuit !**

### 20 Programmes de simulation

Lors du développement de montages électroniques, l'ordinateur joue un rôle de plus en plus important. Des dizaines de fabricants proposent des programmes sophistiqués pour non seulement pour le dessin de platines mais aussi pour la simulation d'un circuit. Vu le succès du DVD de l'an dernier, Elektor a décidé de doter ce numéro d'un DVD-ROM comportant une version de démonstration, d'évaluation, voire complète de la quasi-totalité des programmes de simulation connus.





## théorie

- 28 Le docteur électronique
- 76 Le ZigBee™ avec XBee™

## pratique

- 32 GBECG  
ÉlectroCardioScope pour la GameBoy
- 42 Carte-son pour ECG
- 48 Un bon tuyau  
Commande piézoélectrique de préparation d'eau chaude
- 52 Programmeur/ICD  
Pour microcontrôleurs PIC
- 58 Cours FPGA – 5<sup>ème</sup> Partie  
systèmes de bus et interconnexions
- 62 Éclair et tonnerre
- 66 Un autre contrôleur pour la  
carte Flash
- 70 Chrono de piste auto

## technologie

- 16 Le PC comme plaque d'essai

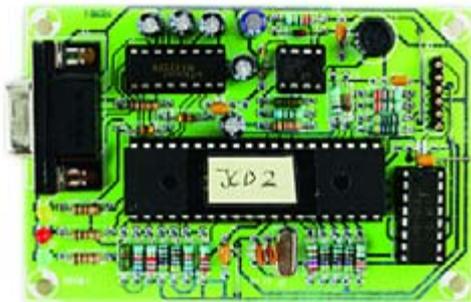
## info & marché

- 6 Ours
- 8 Courrier
- 12 Infos & Actualités
- 20 Programmes de simulation  
(avec DVD)
- 57 Page Sécurité
- 84 Avant-première de  
Novembre

## récréation

- 74 Rétronique – CDP1802  
le 1<sup>er</sup> µP dans l'espace
- 73 Hexadoku

## 52 Programmeur/débugueur de PIC



Les microcontrôleurs 8 bits PIC des séries 16F et 18F constituent l'intelligence et le cœur de nombreux appareils. Nos lecteurs aussi les apprécient beaucoup. Ils requièrent cependant une électronique permettant d'y transférer les programmes et un ICD (In-Circuit-Debugger = débogueur en circuit) pour la recherche d'erreur. Le présent projet remplit ces 2 fonctions, étant de plus compatible, sur la plupart des points, avec le module ICD2 de Microchip mais à un coût moindre.

Le présent projet remplit ces 2 fonctions, étant de plus compatible, sur la plupart des points, avec le module ICD2 de Microchip mais à un coût moindre.

## 76 Le ZigBee™ avec XBee™

De nos jours, il n'est plus de secret pour personne, que le « sans fil » a pris une importance capitale dans nos vies. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder autour de soi pour découvrir les innombrables applications qui nous entourent au quotidien telles que, téléphones portables, systèmes d'alarme, portes de garage, claviers et souris, etc.





29<sup>ème</sup> année, N° 340 octobre 2006

ISSN 0181-7450

**ELEKTOR / SEGMENT B.V.**  
c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye • BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : (+33) 01.49.19.26.19  
Fax : (+33) 01.49.19.22.37  
Internet : [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

Numéro de compte : 002-007-69-901  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 6990 192  
BIC : ABNAFRPP  
Monnaie : Euro – Branche ABN AMRO : Paris, France

*Elektor désire être une source d'inspiration pour ses lecteurs, les intéresser à l'électronique, par la description de projets à faire soi-même, et les tenir au courant des développements en électronique et en micro-informatique.*

Elektor paraît 11 fois, le numéro de juillet/août est un numéro double. Il existe, sous le nom Elektor, des éditions anglaises, allemande et française, et sous celui d'Elektuur, une édition néerlandaise. Elektor est vendu dans plus de 50 pays.

*Conformément à la loi "Informatique et Liberté", vous bénéficiez d'un droit d'accès et de rectification des données vous concernant. Sauf refus écrit de votre part auprès du service abonnement, ces informations pourront être utilisées par des tiers.*

**Rédacteur en chef international :** Mat Heffels

**Rédacteur en chef France :** Guy Raedersdorf ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr))

**Rédactions :** Harry Baggen, Thijs Beckers, Jan Buiting, Ernst Krempelsauer, Jens Nickel

Il est possible de faire démarrer un abonnement à tout moment. Nous vous rappellerons en temps utile l'approche de la fin de votre abonnement. La méthode la plus rapide et la moins chère de vous abonner est de le faire par le biais de notre site Internet [www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo), mais vous pouvez également le faire à l'aide du bon de commande se trouvant en fin de magazine. Il est possible de commander d'anciens numéros dans la limite de leur disponibilité (cf. le bon de commande, leur prix est celui d'un numéro à l'unité).

Veuillez SVP nous fournir un changement d'adresse au moins 3 semaines auparavant en mentionnant votre numéro d'abonnement (cf. le label accompagnant votre magazine), l'ancienne et la nouvelle adresse.

**Le département Clients est accessible du lundi au jeudi de 8h30 à 17h00 et le vendredi de 8h30 à 12h30.**

Si vous avez des questions concernant votre abonnement, vous pouvez appeler ce département au numéro 01.49.19.26.19

Pour le traitement de votre abonnement, Elektor vous demande des données personnelles. Conformément à la loi « Informatique et Liberté », vous bénéficiez d'un droit d'accès à ces données et vous pouvez en demander la rectification. Sauf refus écrit de votre part auprès du service Abonnement, ces informations pourront être utilisées par des tiers.

**Secrétariat de rédaction :**  
Hedwig Hennekens

**Rédaction technique :**  
Karel Walraven, Ton Giesberts,  
Paul Goossens, Luc Lemmens

**Maquette et graphisme :**  
Ton Gulikers, Giel Dols

**Directeur/éditeur :**  
Paul Snakkers

**Responsable du marketing :**  
Carlo van Nistelrooy

**Responsable des ventes :**  
Margriet Debeij

**Administration des ventes :**  
([ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr))

**Publicité :**  
SL Régie - Sophie Lallonder  
Tél : 01.53.41.07.55  
Fax : 01.42.52.20.80  
E-mail : [sophie.lallonder@wanadoo.fr](mailto:sophie.lallonder@wanadoo.fr)

**Abonnements Suisse :**  
Sono Light Import  
Champs-Montants 16b  
CH-2074-Marin-Epagnier  
Tél : 032-710.16.60  
Fax : 032-710.16.63  
E-mail : [admin@sonolight.ch](mailto:admin@sonolight.ch)

**DROITS D'AUTEUR :**

© 2006 Segment B.V.  
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont

autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 - art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.

Elektor est édité par Segment B.V.  
Siège social : Peter Treckpoelstraat 2-4 6191 VK Beek (L), Pays-Bas  
RC Heerlen, nr. 35306

Imprimé aux Pays-Bas par  
hoontetijl – Zwolle

Distribué en France par M.L.P.  
et en Belgique par A.M.P.

#### Prix au numéro

France	5,95 €
DOM Surface	7,00 €
DOM Avion	8,75 €
Belgique	6,55 €
Suisse	11,25 FS
Canada	8.35 \$Can

#### Abonnement d'un an standard

France	62,50 €
Belgique	68,90 €
Suisse	117 FS
DOM Surface	82 €
DOM Avion	107 €

#### Étudiant

France	50 €
Belgique	55,12 €

#### Abonnement de 2 ans standard

France	112,50 €
Belgique	124,02 €
Suisse	210,60 FS
DOM Surface	147,60 €
DOM Avion	192,60 €

#### Étudiant

France	90 €
Belgique	99,22 €

#### Abonnements

E-mail : [abonnements@elektor.fr](mailto:abonnements@elektor.fr)

#### Commandes/Ventes

E-mail : [ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)

#### Abonnement PLUS d'un an

France	72,45 €
Belgique	78,85 €
Suisse	139 FS
DOM Surface	91,95 €
DOM Avion	116,95 €

#### Étudiant

France	59,95 €
Belgique	65,07 €

#### Abonnement PLUS de 2 ans

France	132,40 €
Belgique	143,92 €
Suisse	254,60 FS
DOM Surface	167,50 €
DOM Avion	212,50 €

Sous réserve de modification de prix.



**Anciennes réalisations Elektor**

J'ai récupéré une montagne de composants électroniques et de circuits divers (merci à la veuve explorée !) parmi lesquels j'ai pu identifier des circuits imprimés issus d'Elektor, bien sûr sans la doc. associée. Pouvez-vous me dire à quoi correspondent les circuits imprimés immatriculés EPS 81170-1 et -2 EPS 86115-1 et -2 ? Dans quels numéros de votre revue les articles correspondants sont-ils parus ? Ces numéros, ou leur équivalent sur CD sont-ils disponibles ? D'avance merci. PS: les circuits intégrés récupérés ont au minimum 10 ans d'âge (et +, confère une centaine de transistors germanium), mais les montages que l'on peut élaborer avec permettent, même s'ils sont moins compacts ou moins performants, aux débutants de comprendre le fonctionnement de leur circuit. L'analogique à amplis op. et la HF à transistors ne sont pas encore morts, et foin des microcontrôleurs, la logique câblée, même en TTL, a son charme.

**Dominique Roesch**

*Il existe plusieurs moyens de savoir à quel montage correspond une platine donnée. Si le numéro de la platine*

*commence par 85 ou plus, ce montage date de l'année 1985. Dans ce cas-là, il est possible d'utiliser notre programme EIT (Elektor Item Tracer) vendu sur disquette et qui donne tous les articles de 1985 à 2003, avec les composants délicats, les EPS que requiert chacune de ces réalisations. Si le montage est plus ancien, cela requiert des recherches manuelles qui prennent un certain temps. Normalement, il est risqué de se lancer dans une réalisation vieille de plus de 5 ans à moins que l'on ne soit assuré de pouvoir disposer de tous les composants spéciaux requis, GAL, EPROM, transistors, etc. Nous allons voir de quoi il retourne dans votre cas. Vous aviez raison en affirmant que « les circuits intégrés récupérés ont au minimum 10 ans d'âge » mais en fait ils en ont près de 20 (86115-1 et -2) et 25 (81170-1). Je ne sais pas si vous pouvez vous souvenir de la situation à cette époque, le PC n'existait pas encore, si ce n'est sous la forme d'un PET, TRS-80 ou Apple II... Le 86115 provient d'un télérupteur universel publié dans le numéro de novembre 1986 à la page 51 et suivantes... Le 81170 est un montage extraordinaire, le chronoprocresseur qui donnait l'heure atomique émise par DCF77 ou France Inter... Il a été publié dans le numéro d'octobre 1981 à partir de la page 58... Ces numéros ne sont malheureusement plus disponibles, et une version numérique de ces articles n'existe bien entendu pas non plus. Vous pouvez commander une pho-*

*tocopie de ces articles, mais étant donné le temps nécessaire, cette opération coûte 5,95 par article (le prix d'un magazine) port compris (heureusement). En ce qui concerne votre dernier paragraphe, nous sommes d'accord avec vous mais souhaitons réunir les 2 mondes antique de l'analogique à ampli op et la HF à transistors et moderne des microcontrôleurs. Tout le monde y trouvera son bonheur.*

**À la recherche de l'aiguille...**

Bonjour, je ne suis pas un lecteur assidu d'Elektor, mais j'achète la revue lorsque le contenu m'intéresse. J'achète également le n° double d'été, car il contient beaucoup de petits montages qui sont autant de sources d'inspiration ! Je vous écris cet E-mail pour faire suite à l'article d'introduction « A la recherche de l'aiguille... » paru justement dans le n° de cet été. C'est vrai qu'il est de plus en plus difficile de trouver les composants au détail (faute de... détaillant). Je pense qu'il serait intéressant d'interroger les lecteurs sur des sites de vente de composants sur Internet, afin de compléter la liste fournie. Voici quelques sites que je fréquente (je n'y suis aucunement affilié) : – Sander Electronic (DE) [www.sander-electronic.de/](http://www.sander-electronic.de/), avec une large sélection de micro-

contrôleurs Atmel AVR, Philips LPC et TI MSP430, mais aussi un fabuleux joystick miniature ([www.sander-electronic.de/be00044.html](http://www.sander-electronic.de/be00044.html)) – CSD Electronics (DE+GB) [www.csd-electronics.de/eng/index.htm](http://www.csd-electronics.de/eng/index.htm), avec des composants introuvables ailleurs (composants CMS, quartz à diverses fréquences...) – Digikey Belgique (<http://be.digikey.com/>), pour commander en euros – Mouser (US) [www.mouser.com/index.cfm?handler=home](http://www.mouser.com/index.cfm?handler=home) En ce qui concerne la réalisation des PCBs (et malgré votre partenariat avec ThePCBShop.com...), voici quelques liens utiles : – Olimex (BU) [www.olimex.com/pcb/index.html](http://www.olimex.com/pcb/index.html) double face, RoHS, 160x100, trous métallisés etc. à 33 \$ – PCB Pool [www.pcb-pool.com/ppfr/info.html](http://www.pcb-pool.com/ppfr/info.html) à 49 € – Gold Phoenix (CN) [www.goldphoenixpcb.biz/index.php](http://www.goldphoenixpcb.biz/index.php) 100''sq à 80 \$ Voilà, j'espère que ces quelques liens seront publiés dans le magazine, pour le plus grand bénéfice des lecteurs. **Cordialement, Michel Stempin**

*Le message est passé. Nous sommes bien entendu ouvert à toutes les informations concernant des adresses où l'on vend des composants exotiques. P.S. À l'intention de ceux qui cher-*



chent le TA3020 Tripath, le site [www.41Hz.com](http://www.41Hz.com) nous a proposé de le fournir.

## Câble USB en mode télécommande

Fidèle lecteur (abonné) depuis longtemps. Parmi les divers montage électroniques simples touchant la technologie quotidienne, j'ai été amené à vouloir faire plus avec un APN en USB en mode télécommande, pour de la photo animalière. Des rallonges « amplifiées » et chères ne marchent pas ! Ce câble compensé, <http://perso.orange.fr/dominique.leveque/textes/photo-numerique-rallongeUSB.PDF> est un début rustique mais intuitif. ELEKTOR pourrait certainement se pencher là dessus, en passif ou en actif. Le sujet devrait intéresser largement...

**Dominique Leveque**

*La rédaction a transmis le message au spécialiste USB du magazine.*

## BUZ41

J'aimerais réaliser le montage Jouvence pour accu de votre numéro d'octobre 2001. Il m'est malheureusement impossible de mettre la main sur le transistor BUZ41 préconisé. Quel autre type de transistor puis-je utiliser pour le remplacer.

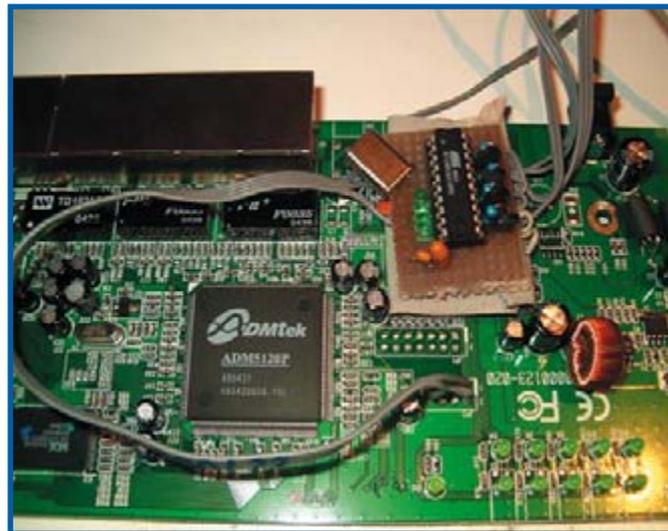
**Michael Stahl**

*Le choix du transistor est relativement peu critique. On pourrait fort bien utiliser également un BUZ10 ou BUZ100.*

## Modification du routeur

L'article décrivant la conversion (modding) d'un routeur (bon marché) dans le numéro de mai est indéniablement très intéressant, mais ceci n'empêche pas qu'après avoir lu toute l'histoire j'ai senti le besoin d'effectuer ce modding de façon plus professionnelle.

La construction décrite est parfaite, mais sa reproductibilité peut poser des problèmes. Il est en outre relativement facile de trouver les composants manquants, même les embases USB qui tombent juste dans les orifices percés dans la platine (disponible chez l'Allemand Segor Electronics). Si, de plus, il n'est plus nécessaire de dissiper la moitié de la puissance dans un 7805, il est possible, par le biais de la fiche d'alimentation secteur, d'alimenter la totalité de l'appareil ainsi que les embases USB rajoutées. J'ai déjà modifié 2 exemplaires avec succès. Voici la liste des composants nécessaires (toutes les résistances sont du type 0603) :



U10 = MC34063AD-CMS  
D14 = SS12 ou 10BQ100

R16 = 1 k $\Omega$   
R115/116/127/128 = 15 k $\Omega$   
R117/120/129/130 = 22  $\Omega$   
R118/R119 = 0  $\Omega$   
R121 à R124 = 1  $\Omega$   
R125 = 3k $\Omega$ 6/1%  
R126 = 1k $\Omega$ 2/1%

C13 = 100 nF (0603)  
C14 = 1 nF (0603)  
C15 = 100 nF (0603)  
C91 = 470  $\mu$ F/16 V  
C92 = 47  $\mu$ F/16 V  
C93 = 470 pF (0603)  
C88/C94 = 10  $\mu$ F/16 V

L4 = 1  $\Omega$   
L11/12/14/15 = noyau ferri-

te 1206 tel que, par exemple, BLM31B601S  
L13 = 220  $\mu$ H (tel que, par exemple, HSD3606, Kessler)

U11/12 = USB-A BU/V (Segor)  
X1 = oscillateur à quartz 48,0 MHz DIP8/4

Peut-être que cela peut intéresser d'autres lecteurs  
**Olivers Scholz**

## Liens Web

Nombre de vos articles comportent une mention de liens URL pour des informations additionnelles. Excellent si tant est qu'ils fonctionnent, mais malheureusement cela n'est,

souvent, pas le cas. Faites-vous tant d'erreurs au niveau de ces URL ou cela tiendrait-il à autre chose. J'ai fait vérifier par plusieurs personnes l'URL que j'ai entré pour être certain de ne pas avoir fait de faute de frappe.

**Edward Dudart**

*Il va sans dire que nous vérifions à chaque fois l'exactitude des liens avant mise en page de l'article. Il peut arriver, à la suite de problèmes de césure, qu'un lien se trouve mutilé au point qu'il n'est plus évident ce qu'il faut entrer pour aller sur le site en question. Nous essayons de remédier à ce problème lorsque possible, mais il arrive que nous n'y réussissions pas. Si vous êtes intéressé par un lien, nous vous conseil-*

*lons de faire un tour sur notre site, d'y rechercher l'article en question (Magazine). Sur la page au descriptif succinct de l'article vous trouverez les liens correspondants. Il suffit de cliquer sur celui qui vous intéresse.*

## Bit de configuration

J'ai une question concernant la Serrure à code du numéro double de 2001. J'ai tenté de programmer le PIC moi-même, mais lorsque j'active le bouton Write je vois apparaître un message d'erreur : Config word error. J'ai évoqué le problème avec d'autres collègues et ils sont d'avis qu'il est dû à une erreur du programme. Si nous faisons fi du mot de configuration, nous arrivons à finaliser la programmation mais la serrure à code ne fonctionne pas. Ils me suggèrent en outre de remplacer l'oscillateur de 10 MHz par une combinaison d'une résistance de 3k $\Omega$ 3 et d'un condensateur de 27 pF. La grande majorité des processeurs modernes comporte des bits de configuration qu'il faut mettre dans un état donné. Dans le cas du PIC16F84 ce paramétrage concerne, entre autres, le choix du type d'oscillateur. Si les dits bits ne sont pas paramétrés comme il faut, le processeur ne fonctionnera pas ou travaillera sur une fréquence erronée.

Il n'existe malheureusement pas de technique standard pour la programmation de ces bits de configuration. Les données du programme se trouvent, par exemple, dans un fichier .hex ou binaire, types de fichiers parfaitement définis. Les données des bits de configuration se trouvent, dans le cas d'un PIC16F84, physiquement à l'adresse 2007H, mais dans le fichier de donnée .hex souvent à l'adresse 4000H.

Il se peut que votre programme s'attende à trouver les bits de configuration à cette adresse (voire à une autre). Il ne les trouve pas d'où son message d'erreur.

Si vous faites fi de la configuration, vous arriverez à mettre le fichier .hex dans la mémoire de programme, ce qui est parfait, mais il faut également procéder à la programmation des bits de configuration. C'est la raison pour laquelle la quasi-totalité des programmes comportent une option permettant la lecture des bits de configuration, leur modification et leur (re)programmation. Recherchez cette option dans le logiciel de programmation que vous utilisez et paramétrez les bits correctement.

En ce qui concerne l'oscillateur : comme nous le disions, le PIC peut travailler avec différents oscillateurs. L'oscillateur RC interne constitue la solution la moins chère mais présente l'inconvénient d'une fréquence moins précise. La serrure à code ne requiert pas de fréquence précise, inutile donc de dépenser de l'argent pour un oscillateur à quartz. Pour utiliser l'oscillateur interne il faut paramétrer les bits de configuration pour l'oscillateur sur RC (sur HS dans le cas d'un quartz travaillant à 8 MHz ou plus).

Les 2 bits de poids faible du mot de configuration, les bit 1 et bit 0 définissent le type d'oscillateur : pour un oscillateur HS, le bit 0 doit être mis à « 0 », le bit 1 à « 1 ».

11 = oscillateur RC  
10 = oscillateur HS  
01 = oscillateur XT  
00 = oscillateur LP.  
Le bit 2 est celui du chien de garde WDTE, « 0 » signifie désactivé, le plus souvent ce bit doit être désactivé  
Le bit 3 est le bit de validation PWRTE (Power-up Timer Enable), « 0 » correspond à une activation. Il est de règle de l'activer.

Pour compliquer encore un peu les choses : « 0 » signifie ici programmé, « 1 » non programmé. Faites donc bien attention ; la plupart des logiciels travaillant par cochage de cases il est important de

vérifier si le cochage de la case correspondante signifie « 0 » ou « 1 ».

Dans le cas de la serrure à code, l'oscillateur doit se trouver sur « 11 » et les bit 2 et 3 tous deux à « 0 ». Les bits 4 à 13 servent à éviter la lecture de la mémoire de programme, ce qui n'a, dans le cas présent, pas la moindre importance.

### Impression de matteté

J'ai commandé un kit complet de l'Analyseur OBD-2 autonome auprès de l'e-CHOPPE d'Elektor. Ma première impression à l'examen des points de soudure m'a donné à penser qu'ils étaient protégés par une couche de protection. Se pourrait-il que cette platine respecte déjà les normes DEEE (RoHS) ou que le métal soit plus mat. Reste-t-il possible de souder des composants à l'aide de soudure au plomb.

Torben Postel

*Cette platine respecte effectivement les normes DEEE et ne comporte plus de plomb. Les contacts ne sont plus, comme auparavant, étamés, mais argentés. C'est sans doute à cette caractéristique qu'est l'éclat blanc-bleu et plus mat des contacts. Rien n'interdit d'utiliser de la soudure au plomb pour effectuer le soudage des composants.*

### Doter un portable d'USB

Lorsque l'on se pose la question comment connecter une clé USB à un portable sans port USB, la solution est simple, si tant est que l'ordinateur en question soit doté de connecteurs PCMCIA : une carte CARDBUS USB -2-4 (disponible un peu partout sur la Toile).

Peter Kranl

*Merci pour cette information. La solution PCMCIA est non seulement financièrement intéressante mais a également l'avantage d'être relativement rapide (en raison de la largeur de bus PCMCIA interne).*

## MISES AU POINT

### Émetteur test stéréo

Elektor n° 336, juin 2006, page 52 et suivantes (050268-1)

L'encadré de la page 54 comporte plusieurs erreurs. Dans la cinquième ligne en commençant par le bas, il est fait mention d'une résistance « R17 », il faut en fait lire R34. Le condensateur C33 donné à 33 nF n'en vaut en fait que 1,5 (comme le dit à raison le schéma). Dans l'avant-dernière ligne il est proposé d'utiliser un potentiomètre ou un ajustable pour l'ajustage du niveau. L'auteur recommande cependant d'utiliser plutôt d'adopter pour le réglage du niveau la valeur adaptée de R17.

### Module 8 canaux pour oscilloscope

Elektor n° 337/338, juillet/août 2006, page 105 (060013-1)

Il manque sur le schéma l'indication de type de IC1 et IC2. IC1 est un 74HCT14, IC2 un 74HC393. La dénomination exacte de IC3 est, comme le dit le texte, 74HCT151.

Il manque un composant dans la liste des composants : le quartz. Il faut donc ajouter, dans Divers :

X1 = quartz 12 MHz

Ce que vous n'avez sans doute pas manqué de faire après un examen critique du schéma.

### Compteur Geiger

Elektor n° 337/338, juillet/août 2006, pages 85 et 86 (040291-1)

Il manque sur le schéma une ligne de masse à tirer depuis le point nodal du transformateur TR1 et l'extrémité gauche du condensateur C5.

### Cellule photoélectrique modulée

Elektor n° 337/338, juillet/août 2006, pages 82 et 83 (060086-1)

Peut-être une erreur sur le schéma du projet 051 page 82 dans le numéro double de juillet-août 2006 (cellule photoélectrique modulée) : dans le texte, il est question d'une résistance R8, qui ne figure pas sur le schéma. La question est donc : où est implantée cette résistance, et quelle est sa valeur ? D'avance merci !

Gérard Charlon

*Nos lecteurs gardent l'oeil ! Il y a eu une erreur de frappe. Il faut lire R9...*

### Clignotant à LED multicolores

Elektor n° 337/338, juillet/août 2006, page 59 (064014-1)

Le site web du fabricant I.C. Engineering Ltd mentionné dans l'article se trouve à l'adresse www.fbice.com.

### LCD graphique 84x84 pixels

Elektor n° 337/338, juillet/août 2006, pages 112 et 113 (060080-1)

L'auteur, Mr Cremmel, nous signale une double erreur dans cet article. Dans le texte il est dit que la consommation est de 110 mA, il s'agit bien évidemment de 110  $\mu$ A.

Sur le schéma, la ligne VDD (broche 1) de l'affichage se trouve, par oubli de notre part, en l'air. Elle doit être reliée aux +3V0.

## ConnectCore Wi-9C

Premier module embarqué avec connectivité filaire/sans fil intégrée

Digi International annonce sous la référence ConnectCore Wi-9C, le premier module embarqué disponible sur le marché intégrant les doubles fonctions Ethernet sans fil (802.11 a/b et g) et filaire (10/100 Mbits). Cette solution embarquée permet pour la première fois aux fabricants de périphériques d'intégrer sur la même carte des fonctions de connectivité filaire et sans fil. Cette approche réduit sensiblement les délais de développement et accélère la mise sur le marché de produits sans fil, en particulier grâce au support du Wifi haut débit 802.11g/54 Mbits.



fit désormais pour créer une gamme de produits dotés de fonctions de connectivité filaire et sans fil accessibles à différents niveaux de prix et sans modification du produit. Le module ConnectCore Wi-9C intègre par ailleurs jusqu'à 128 Moctets de mémoire SDRAM et Flash dans un boîtier SO-DIMM standard. Outre le plus haut niveau de sécurité Wifi (protocoles WEP, WPA et WPA2), ce module intègre un ensemble Wifi complet à double antennes, une prise Ethernet RJ-45 et des ports USB.

Digi fournira des kits de développement rapide de faible coût pour Linux, Windows CE 5.0, et

Architecturé autour du processeur NetSilicon® NS9360 à base ARM9 proposé par Digi, le ConnectCore Wi-9C simplifie la mise au point d'équipements exigeant une connexion sécurisée. Ce module est par ailleurs pré-certifié : inutile donc d'entamer une procédure de certification

qui allongerait et pénaliserait financièrement le développement de produits.

Le module ConnectCore Wi-9C est intégralement développé par Digi. Cette stratégie a pour but d'en garantir la disponibilité sur le long terme, a pérennité étant un point clé pour certains équipements dont

le cycle de vie est étendu.

Interchangeable, ce module est compatible broche à broche avec le ConnectCore™ 9C, module embarqué commercialisé depuis l'an dernier et réservé aux applications nécessitant une connexion Ethernet filaire. Une simple opération de transition suf-

NET+Works. Ces kits de développement associent tous les éléments matériels et logiciels nécessaires au développement d'applications pour le module.

**Pour tout complément d'information :**  
[www.Digi.com](http://www.Digi.com)

(067143-1)

## Kit de développement pour les affichages OLED

N'ayez plus crainte de vous essayer aux OLED

Nombre d'experts du monde de l'électronique sont convaincus que les affichages OLED ont, avec leur faible épaisseur, leur contraste important, leur luminosité propre, l'avenir pour eux, surtout dans les petits formats. Les affichages OLED (Organic Light Emitting Diode, c'est-à-dire des LED à base de matériau organique), sont utilisés actuellement principalement sur les petits appareils portables tels que téléphones (*handy*) et autres lecteurs MP3. Nous ne tarderons pas à les voir apparaître à grande échelle sur les appareils de mesure et dans les voitures.

À l'intention des concepteurs chargés du développement de projets à base d'OLED, Osram



Opto Semiconductors met sur le marché un kit de développement pratique à leur intention. Le « Pictivia reference design kit » RD-030 comporte :

- Un module d'affichage OLED de la série Pictivia d'Osram avec une résolution de 128 x 64 pixels et une luminosité de 100 cd/m<sup>2</sup>

- Une carte contrôleur à base de microcontrôleur compatible 8051 et embarquant de la mémoire Flash sérielle
- Un CD-ROM avec du logiciel pour la création d'un concept GUI (Graphical User Interface) de référence et pour la génération graphique de code source pour le progiciel sans oublier 7 notes d'application et une documentation technique exhaustive
- Une interface PC et des câbles

**Pour plus d'infos**  
[www.osram-os.com/pictibia-oled-displays/development\\_tools.php](http://www.osram-os.com/pictibia-oled-displays/development_tools.php)

(067108-1)

## AD9230 Famille de CAN haute vitesse 10 et 12 bits

Ces applications intègrent les terminaux modems pour câble, les stations de base picocell et microcell de troisième et quatrième génération, et les radios fixes point à point - pour lesquelles une faible consommation s'impose pour s'adapter aux petits formats, mais où les performances de conversion de haute qualité ne peuvent être sacrifiées. Le composant phare est un CAN 12 bits, 250 MSPS (million d'échantillons par seconde) qui réduit la consommation de puissance de plus de 40%. Disponible en boîtier de 20% plus petit que ceux des CAN concurrents, il assure un SNR (*Signal-to-Noise Ratio*) et un SFDR (*Spurious-Free Dynamic Range*) plus élevés, aux hautes fréquences intermédiaires (FI). L'AD9230 12 bits, 250 MSPS



d'Analog Devices, est le composant phare d'une nouvelle famille de convertisseurs faible consommation, compatibles broches à

broches. Le composant fonctionne à partir d'une source d'alimentation unique de 1,8 volt, il ne dissipe que 425 mW de puis-

sance et peut maintenir un SNR (65,5 dBfs) et un SFDR (82 dBc) excellents avec une entrée à 70 MHz. L'AD9230 offre une référence interne et un échantillonneur bloqueur, deux modes de sortie LVDS (*Low-Voltage Differential Signaling*) parallèles (lien de gamme réduits ANSI-644 et IEEE 1596.3) pour faciliter l'interface avec des FPGA, et un mode DDR (double data rate) qui diminue de moitié le nombre de sorties parallèles requises. Le mode DDR, combiné avec l'option LVDS « *Reduced Range Link* » IEEE 1596.3 minimise encore davantage la consommation de puissance jusqu'à 385 mW.

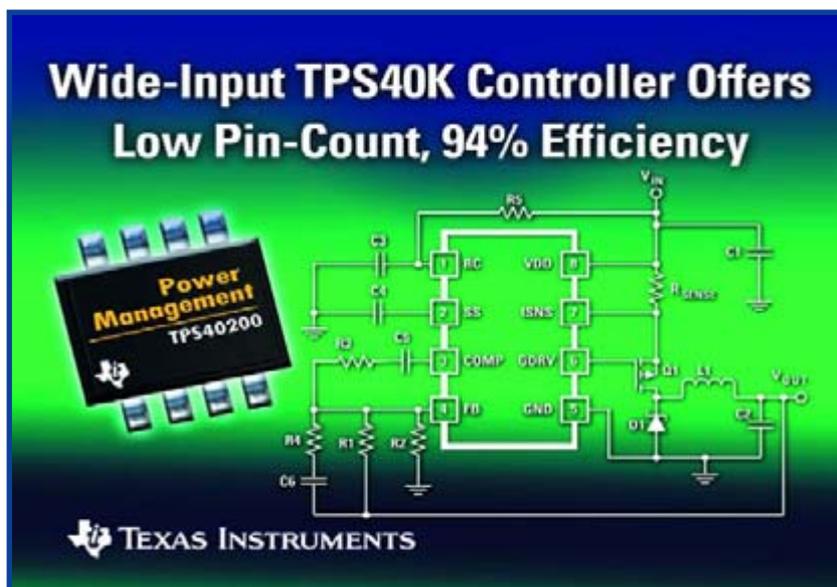
**Pour plus d'informations :**  
[www.analog.com/AD9230](http://www.analog.com/AD9230)

(067141-1)

## TPS40K™ contrôleurs continu-continu à « coût optimisé »

Texas Instruments annonce la sortie de 4 nouveaux contrôleurs continu-continu abaisseurs de tension TPS40K™. Ces composants à nombre limité de broches et à « coût optimisé », destinés aux systèmes d'alimentation modulaires et embarqués, simplifient la conception de l'alimentation des boîtiers décodeurs, des lecteurs de disque, des systèmes de commandes de processus, des serveurs et des systèmes électriques distribués.

- Le contrôleur abaisseur de tension PWM non-synchrone **TPS40200** de TI offre une plage d'entrée extrêmement large de 4,5 à 52 V avec une tension de sortie qui peut être abaissée jusqu'à seulement 0,7 V. Le TPS40200 possède un contrôle en mode tension avec réaction positive (*feed forward*) de tension, ce qui permet de simplifier le dispositif de compensation lorsque la tension d'entrée varie sur l'ensemble de la plage d'entrée. Ce composant offre les fonctions de contrôle et de protection répondant aux cri-



tères imposés par les alimentations actuelles, telles que le verrouillage contre les sous-tensions, le « *soft-start* » de boucles fermées programmable ou la protection contre les courts-circuits.

- Le contrôleur PWM synchrone en mode tension **TPS40041** accepte des alimentations allant de 2,25 à 5,5 V et génère une sortie de 0,59 V à fréquence fixe de 600 kHz. Outre la réduction du nombre de broches, le contrôleur « *buck* » intègre plu-

sieurs nouvelles fonctions telles que le « *soft-start* » et la protection contre les courts-circuits.

- Le contrôleur 1,25 MHz non-synchrone **TPS40222** de TI doté d'un transistor FET d'extrémité supérieure intégré, et proposé dans un boîtier SON 6 broches minuscule de 3 x 3 mm, accepte une tension d'entrée de 4,5 à 8 V. La tension de sortie de ce contrôleur peut, en outre, être abaissée jusqu'à une tension aussi faible que 0,8 V. Son fonc-

tionnement haute fréquence autorise les facteurs de forme d'alimentation les plus bas.

- TI a également présenté son nouveau contrôleur abaisseur de tension synchrone à « coût optimisé » **TPS40190** qui propose un contrôle en mode tension et un « *gate drive* » adaptatif qui accepte des tensions d'entrée de 4,5 à 15 V pour une fréquence de commutation fixe de 300 kHz. Cet outil qui vise à simplifier la conception possède un régulateur linéaire qui convertit la tension

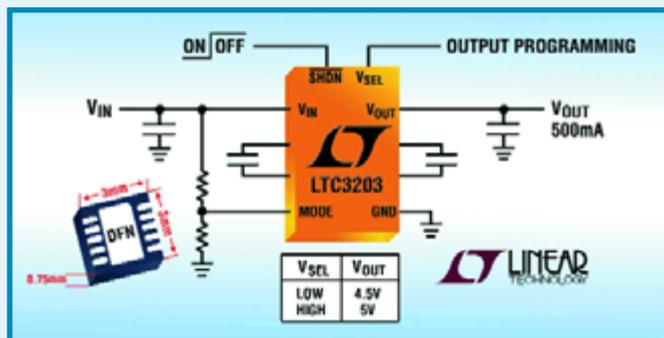
d'entrée en une source de 5 V sur la puce afin d'alimenter le contrôleur et les pilotes. Le TPS40190 peut, en outre, générer une tension de sortie réglable aussi basse que 0,6 V, particulièrement bien adaptée aux applications « sensibles aux coûts » qui convertissent à partir d'un bus 5 V, d'un bus intermédiaire ou d'un bus 12 V.

**Consultez l'adresse suivante :**  
[www.ti.com](http://www.ti.com)

(067145-1)

## LTC3203-1/B/B-1 Pompes de charges à 2 modes de fonctionnement, 500 mA

Linear Technology annonce les LTC3203-1/B/B-1, des pompes de charges élevatrices, 500 mA, de haut rendement, dont on peut sélectionner le mode de fonctionnement ; ils sont présentés dans un boîtier compact DFN de 3 x 3 mm. Avec sa fréquence fixe de 1 MHz, son faible niveau de bruit et sa gamme de tensions d'entrée élevée, de 2,7 à 5,5 V, le LTC3203B génère une tension de sortie réglable, alors que le LTC3203-1 et le LTC3203B-1 présentent les options de sorties fixes de 4,5 V ou 5 V, sélectionnables par l'utilisateur, pour l'alimentation des DEL ou des circuits logiques. Les puces possèdent 2 modes de conversions (1 : 1,5 et 1 : 2), au choix de l'utilisateur, pour optimiser le rendement de la pompe de charges, adaptés pour les alimentations des afficheurs à



DEL de forte intensité rétroéclairés et l'éclairage des appareils photographiques téléphoniques cellulaires, des PDA, les produits alimentés sur l'USB, et l'alimentation 3,3V en général ou pour la conversion de la tension Li-ion en 5V. Le LTC3203-1 présente un fonctionnement en Burst Mode, automatique pour une faible charge

ne consommant que 120 µA. L'architecture à fréquence fixe, brevetée, des LTC3203B et LTC3203B-1 garantit une ondulation faible à la fois en entrée et en sortie connecté à n'importe quelle charge afin de réduire le bruit de commutation. Les deux composants sont idéals pour les applications sensibles à un fonctionnement à fréquence variable.

Les autres caractéristiques des LTC3203-1/B/B-1 incluent un circuit de démarrage progressif pour empêcher les courants d'entrée excessifs à la mise sous tension, la déconnexion de la charge de la tension d'entrée à l'arrêt, une protection contre les courts-circuits et un circuit arrêt thermique. La fréquence de découpage élevée des LTC3203-1/B/B-1 permet l'emploi de petits condensateurs externes, à diélectrique céramique, pour une économie de surface de carte et un coût réduit. Le petit nombre de composants externes (deux condensateurs flottants et deux condensateurs de filtrage en entrée et en sortie) et le boîtier DFN de faible profil conduisent à une solution très compacte pour les applications à espace réduit.

(067165-1)

## HAL® 2xy Nouvelle famille de capteurs à effet Hall à faible coût

Micronas, spécialiste des solutions à base de circuits intégrés spécifiques lance une nouvelle famille de capteurs à effet Hall, les HAL® 2xy. Ces nouveaux capteurs ont été conçus pour une détection précise de position et de vitesse sans contact dans des applica-

tions automobile, industrielle et grand public. L'intérêt majeur des capteurs à effet Hall est bien évidemment l'absence d'usure mécanique. Leur durée de vie est sensiblement allongée par l'absence de sensibilité aux chocs, humidité et autres facteurs environnemen-

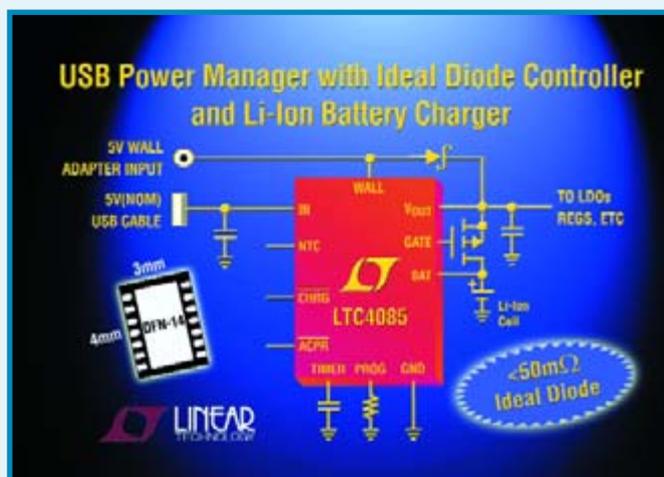
taux tels que fortes températures. Ils sont en outre extrêmement résistants aux champs électromagnétiques HF et possèdent une résistance ESD élevée. Le HAL® 2xy est doté d'une protection en inversion de tension et de surtension sur chacune de ses broches. Les domaines d'utilisation du

HAL® 2xy vont de la détection de position d'une pédale de frein à la commande de ventilateurs ou de toits coulissants. Il est fort probable qu'on le retrouve bientôt dans les machines à laver ou cuisinières électriques à induction.

(067167-1)

## LTC4085 Gestionnaire d'alimentation USB, contrôleur à diode idéale et chargeur de batterie

Linear Technology présente le LTC4085, un gestionnaire d'alimentation indépendant, monolithique, un contrôleur à diode idéale et un chargeur de batterie autonome pour les produits USB portables. Le LTC4085 possède un contrôle PowerPath™ qui procure de l'énergie à l'équipement périphérique USB et charge l'élément de batterie Li-ion du périphérique à partir du bus USB ou d'un adaptateur mural. Pour satisfaire aux spécifications de limite de courant, le LTC4085 réduit automatiquement le courant de charge de batterie lorsque la consommation en intensité du système croît. Pour s'assurer qu'une batterie complètement chargée le reste quand le bus est connecté, le circuit intégré dirige l'alimentation sur la charge à travers le bus

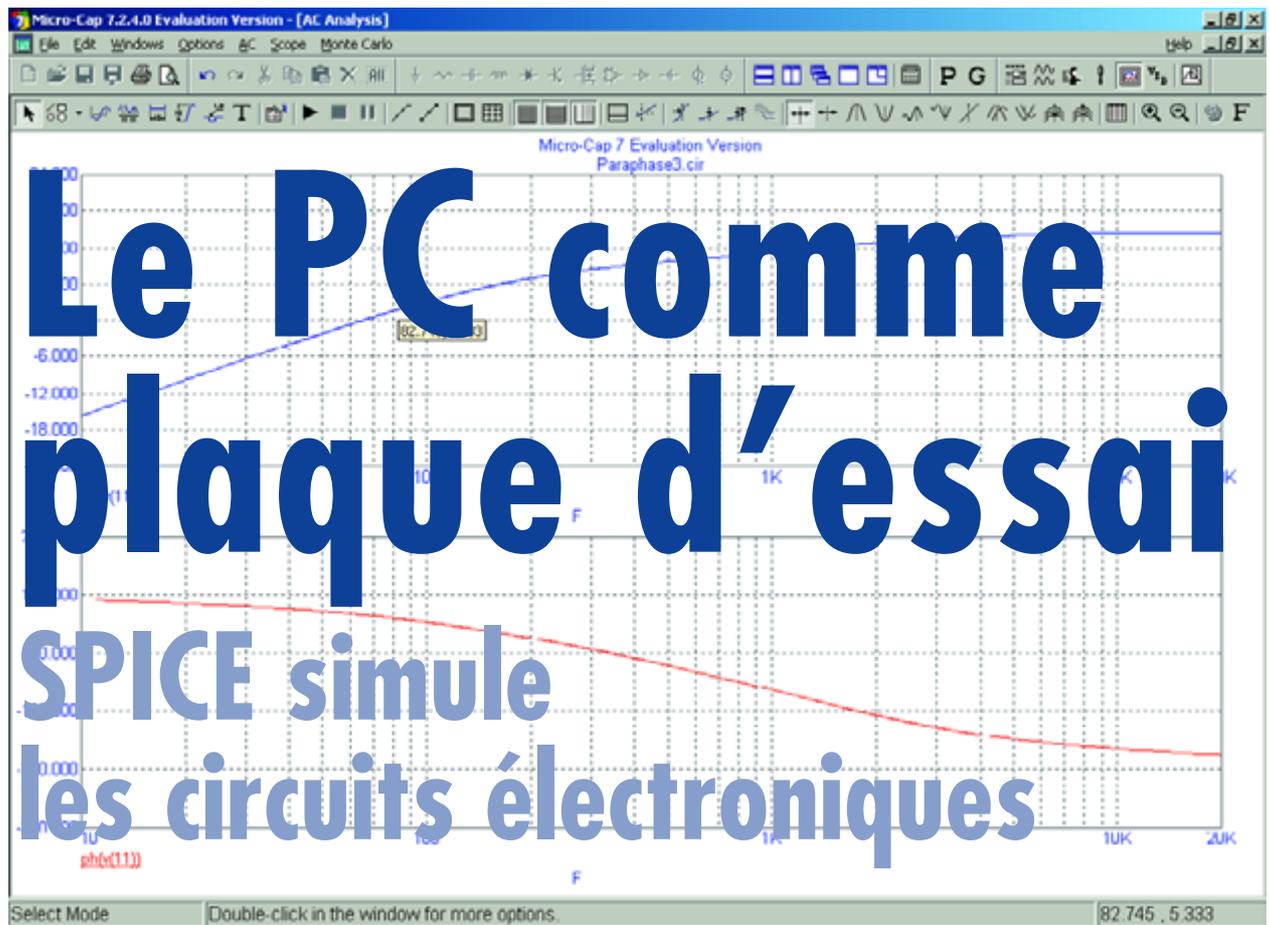


USB plutôt que tirer l'énergie de la batterie. Une fois que l'alimentation est retirée, le courant circule de la batterie vers la charge via une diode idéale, à faibles

pertes, de résistance interne de 200 mW, ce qui réduit la chute de tension et la dissipation. Un circuit sur la carte permet le pilotage d'un PFET externe optionnel

pour réduire l'impédance totale de la diode idéale à moins de 50 mW, si l'application le nécessite. Le LTC4085 est le seul à pouvoir détecter la présence d'un adaptateur mural et de l'utiliser en tant qu'alimentation de remplacement pour charger la batterie tout en alimentant le système. Le LTC4085 présente l'option de charge de la batterie à un courant plus important (jusqu'à 1,5 A) que les spécifications USB autorisent (100 mA/500 mA) quand l'adaptateur mural est présent, de telle sorte que la batterie puisse être chargée plus rapidement. La durée de charge pour une charge complète est programmée par un condensateur externe.

(067166-1)



Kees de Groot

**De nos jours, les concepteurs d'électronique passent plus de temps devant leur pc que derrière leur fer à souder. Des logiciels futés sont en mesure de simuler des circuits complets sur ordinateur sans avoir à réaliser la moindre soudure. SPICE a jeté les bases de tels programmes de simulation dès 1972. Nous vous expliquons brièvement ici comment SPICE arrive à les imiter fidèlement.**

SPICE est un logiciel de simulation de circuits électroniques : il vous en révèle les mesures de tous les courants et de toutes les tensions avant même de l'avoir construit. Tout est assemblé et expérimenté sur le pc. On peut utiliser tous les composants électroniques connus pour constituer le circuit, résistances, condensateurs, transistors bipolaires et FET. De très nombreux circuits intégrés sont également disponibles en bibliothèque. Mais on peut définir soi-même de nouveaux composants, butinés sur Internet ou achetés. Les résultats des simulations s'accordent généralement très bien avec la pratique, même jusqu'à des fréquences très élevées. À côté des circuits analogiques, les logiciels modernes de simulation permettent aussi de traiter des circuits numériques tels que microcontrôleurs, RAM et logique à portes, mais aussi les antennes et les lignes de transmission.

### Pourquoi utiliser SPICE ?

Pour l'amateur, SPICE est une excellente occasion de réaliser des expériences avec de nouveaux composants, éventuellement encore à découvrir. Se faire plaisir, par une après-midi pluvieuse, à assembler un circuit à tubes,

par exemple, puis à réduire sans retenue la tension d'alimentation pour observer les problèmes qui vont se poser dans le montage. On a vite fait de construire de la sorte un étage push-pull de puissance ou un étage final HF en classe E à tubes, à transistors ou à FET. Et tout ça, sans risque de griller un seul composant onéreux ! Mais le concepteur professionnel électronicien, lui aussi, peut tirer grand bénéfice d'un tel logiciel. Il a tout loisir de tester des circuits ou des modifications sans avoir à fabriquer un nouveau prototype. Et il pourra encore mettre en évidence l'influence des tolérances et la sensibilité à la température des composants utilisés de quoi évaluer rapidement les qualités de reproductibilité du circuit avant sa mise en production.

### Depuis le commencement

La naissance de SPICE (*Simulation Program with Integrated Circuits Emphasis*) remonte à 1972, lorsque Larry Nagel et Donald Pederson de l'université de Berkeley en Californie en rédigèrent en FORTRAN la toute première version. Les premières versions ne disposaient pas d'interface graphique pour la bonne raison qu'elles s'exécutaient sur ordinateur central. À cause de cela, la descrip-

tion des circuits prenait une forme assez spartiate. Jusqu'il y a peu, les modèles SPICE et les circuits élémentaires étaient encore décrits de cette manière (**figure 1**). Les dernières versions de SPICE, nous sommes alors en 1985, furent écrites en C. La première pour pc, PSPICE, fut commercialisée par MicroSim.

À présent, il y a des dizaines d'outils de simulation qui s'inspirent plus ou moins de SPICE. Outre les versions commerciales, il existe des versions en logiciel gratuit. Pour des fins didactiques, on en trouve aussi dont la taille ou la durée est limitée. De nombreux programmes de simulation offrent la possibilité d'introduire un schéma graphique et de consulter les résultats dessinés sur un oscilloscope virtuel. Souvent, il est aussi possible de passer sans hiatus du circuit au dessin de la platine.

En plus de la simulation de circuits électroniques, il existe des logiciels développés pour des domaines bien précis. Il y en a pour les circuits intégrés, les circuits numériques, les circuits à micro-ondes et les filtres, mais aussi pour les antennes de radio et les champs électromagnétiques. On peut y introduire les données de l'ancienne manière numérique de SPICE, en décrivant toutes les entrées, les sorties, les noeuds, les tensions, courants et composants. Mais beaucoup de logiciels modernes vous permettent heureusement de saisir les composants sous forme graphique et de les réunir à l'aide de la souris. Pour les circuits numériques, on peut recourir à un langage de programmation du matériel tel que VHDL ou éventuellement Verilog s'il faut y ajouter de l'analogique.

Les systèmes mécaniques appartiennent à un tout autre domaine de simulation. Et que diriez-vous d'un programme de simulation pour construire des projets LEGO ? Mais ceci est déjà une autre histoire, vous l'aurez deviné.

## Comment travaille SPICE ?

SPICE fait un usage habile des lois d'Ohm et de Kirchhoff. La loi d'Ohm donne le rapport entre la tension aux bornes d'une résistance et le courant qui y circule. Si la tension vaut  $U = 12 \text{ V}$  et qu'un courant  $I = 0,5 \text{ A}$  traverse une résistance, celle-ci a une valeur de  $24 \Omega$  ( $R = U/I$ ). La loi des courants de Kirchhoff dit qu'en chaque noeud, il y a toujours autant de courant qui y entre que de courant qui en sort. C'est comme si l'on relie des tuyaux d'arrosage à un connecteur en T. Toute l'eau qui entre par un tuyau devra forcément sortir par les autres. Ni plus, ni moins.

La loi des tensions de Kirchhoff dit que dans une maille (un parcours fermé dans un circuit, qui vous ramène à votre point de départ), la somme des tensions est nulle. Vous faites un tour à vélo en terrain accidenté. Quelle que soit la route suivie, vous ne trouverez jamais un trajet qui descend du camping vers le bistrot, puis qui descend encore pour vous ramener au camping. Tout ce que vous avez descendu, il vous faudra le remonter.

Un petit exemple. Supposons que vous chargiez un petit accumulateur de  $1,2 \text{ V}$  à travers une résistance de  $10 \Omega$  à partir d'une source de tension de  $12 \text{ V}$ . Vous placez un galvanomètre à cadre mobile d'une résistance interne de  $100 \Omega$  aux bornes de l'accumulateur, comme à la **figure 2**.

La loi de Kirchhoff nous donne :

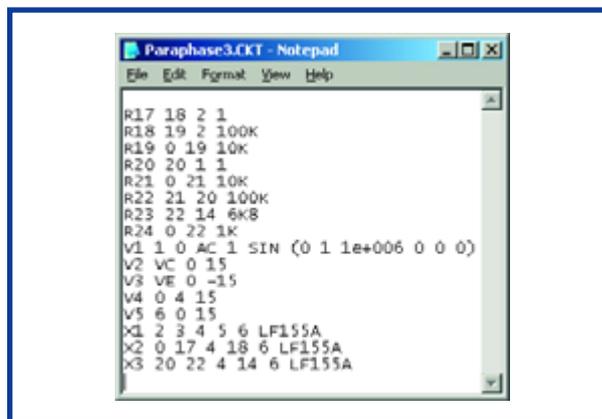
$$U_1 - I_1 \cdot R_1 + U_2 = 0 \quad (1)$$

$$U_2 + (I_1 - I_2) \cdot R_2 = 0 \quad (2)$$

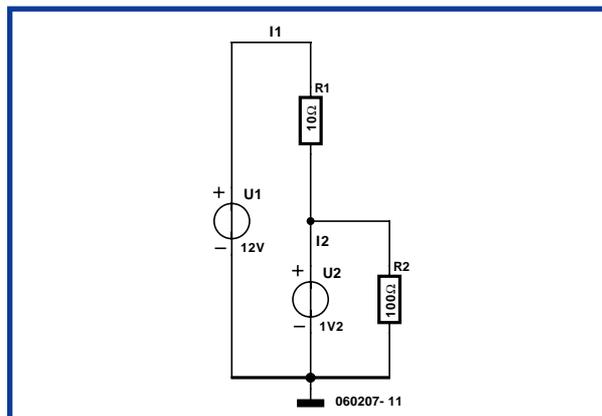
Avec un minimum d'algèbre, on peut résoudre ces deux équations pour trouver  $I_1$  et  $I_2$ . On obtient alors  $I_1 = 1,08 \text{ A}$  et  $I_2 = 1,068 \text{ A}$ . L'accumulateur se charge donc sous  $1,068 \text{ A}$ .

SPICE le fait de la même façon. En chaque noeud (chaque carrefour), il applique la loi de Kirchhoff pour les courants et dans chaque maille, celle des tensions. Cela fournit une quantité d'équations qu'il met en mémoire sous forme de matrice de nombres. Puis il inverse la matrice et résout le système d'équations. Vous pouvez y mettre autant de résistances, de sources de tension ou de courant que vous voulez, à condition d'expliquer à l'ordinateur ce que vous avez branché entre les différents noeuds.

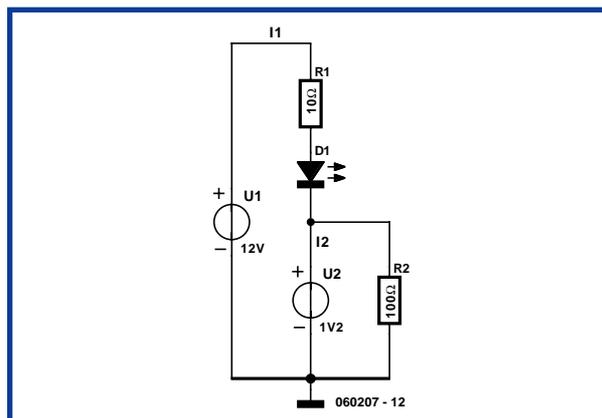
Si nous intercalons une résistance en série avec une LED, comme à la **figure 3**, la réponse ne sera pas aussi comode à trouver. La LED va causer une chute de tension d'environ  $2 \text{ V}$ , donc  $U_1$  tombe à peu près à  $10 \text{ V}$ . Rien ne nous empêche de calculer les résultats pour  $I_1$  et  $I_2$ ,



**Figure 1.** Extrait d'une liste de noeuds en SPICE. Tous les composants y sont repris avec les numéros des croisements entre lesquels ils se situent. Ils y sont accompagnés de leurs propriétés spécifiques.



**Figure 2.** Schéma équivalent d'une alimentation de  $12 \text{ V}$  qui charge une cellule d'accumulateur au CdNi à travers une résistance de  $10 \Omega$ . Un appareil à cadre mobile est branché en parallèle sur l'accumulateur.



**Figure 3.** On intercale en série avec la résistance de charge un témoin à LED.

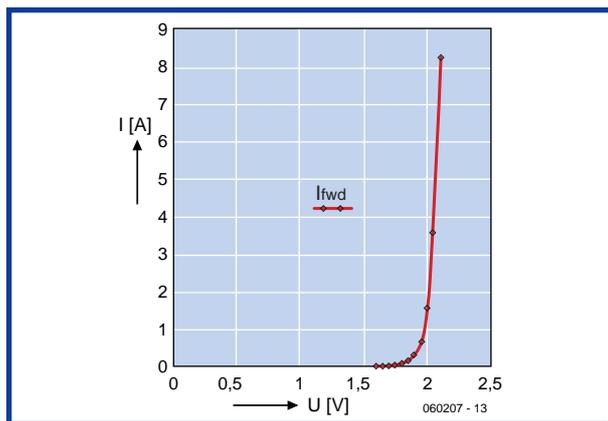


Figure 4. La caractéristique calculée du fonctionnement de la LED.

mais avec cette valeur de 2 V nous n'obtiendrons là qu'une approximation superficielle. Si nous voulons une réponse exacte, il faudra faire appel à un peu plus de mathématique, parce que la LED est un élément non-linéaire.

Le courant dans la LED se calcule par :

$$I_{LED} = I_s \cdot (e^{U_d/N \cdot U_T} - 1)$$

dans laquelle  $I_s$  vaut  $5,5 \cdot 10^{-15}$  A,  $U_d$  représente la tension aux bornes de la diode,  $U_T = 25 \cdot 10^{-3}$  V et  $N = 2,3$ .

Le **figure 4** nous montre tout cela sous forme graphique. Il s'agit de la caractéristique de conduction d'une diode ou d'une LED, telle que le fabricant nous la fournit. Si la tension sur la diode est moindre que 2 V, il n'y passe que très peu de courant. Si la tension s'élève au-dessus de ce seuil, alors le courant augmente très rapidement.

Sachant cela, nous pouvons remplacer la LED par une source de tension  $U_{LED}$  qui varie en fonction du courant  $I$  dans le circuit de la **figure 5**. Mais nous ne sommes pas encore au bout de nos peines. Les lois de Kirchhoff, dans un circuit non-linéaire, nous pouvons faire une croix dessus. Et une source de tension dont la valeur dépend d'un autre élément du circuit, nous n'en trouverons pas dans les formules.

Ce que nous pouvons faire, c'est linéariser la LED dans un domaine précis. L'idée est que si l'on ne rencontre que de petites variations de tension et de courant dans la LED, on peut la considérer comme linéaire. Alors, nous pouvons reprendre les lois de Kirchhoff et calculer tous les courants et toutes les tensions du circuit. Cela ne va pas nous donner la réponse exacte, mais une bien meilleure approximation. Sur base du résultat de cette approximation, nous allons adapter les paramètres et refaire le calcul en ce point précis de la caractéristique. Il est clair que si nous effectuons plusieurs itérations, nous atteindrons un résultat tout à fait acceptable.

Nous avons vu comment SPICE se tire d'affaire, confronté à des éléments non-linéaires. Il les remplace par des circuits qui, en un point de fonctionnement déterminé, sont assimilables à des composants linéaires. En opérant une succession de calculs sur les circuits non-linéaires, SPICE sait que finalement il aboutira à un point de réglage qui « colle » au circuit.

### Bobines et condensateurs

Si le circuit est alimenté en tension alternative, nous pouvons considérer selfs et condensateurs comme des impédances complexes et leur appliquer très normalement les lois d'Ohm et de Kirchhoff pour déterminer les tensions et

les courants dans le circuit. Mais pour percer à jour son comportement lors de l'enclenchement, ce n'est pas aussi banal.

Prenons encore un circuit simple, celui de la **figure 6**, comme exemple : une source de tension de 12 V, une résistance de 1 kW et un condensateur de 1 nF. Au moment où la tension est appliquée, un courant va circuler à travers  $R_1$ , lequel va charger  $C_1$ , ce qui fera augmenter la tension à ses bornes. Le courant de charge diminuera donc progressivement. À la fin, le condensateur sera chargé à 12 V. Si nous observons le circuit à l'instant où le condensateur est chargé à 4 V, il y a encore 8 V sur  $R_1$ . Il y passe donc 8 mA. On peut remplacer alors le condensateur par une source de tension. La variation de tension  $dU = dt \cdot i/C$ . Donc si un courant de 8 mA circule pendant  $0,1 \mu s$ , la tension du condensateur augmente de

$$1 \cdot 10^{-7} \cdot 8 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-9} = 0,8 \text{ V.}$$

Après cette période de  $0,1 \mu s$ , il y aura une tension de 4,8 V sur le condensateur et de 7,2 V sur  $R_1$ , valeurs de départ pour un nouveau calcul pour la  $0,1 \mu s$  suivante. C'est de cette manière que nous pouvons calculer la courbe de la **figure 7**.

Quand on utilise cette méthode simple d'intégration, les périodes doivent rester très courtes. En conséquence, le pc doit exécuter de nombreuses étapes et le temps de calcul est long. Mais si nous prenons des périodes trop courtes, il risque de se produire des erreurs supplémentaires dans les arrondis.

Souvent la période est variable. Lors de grands changements, les pas sont automatiquement raccourcis, ils s'allongent si les variations sont faibles. En réalité, SPICE utilise des formules légèrement différentes, basées sur une intégration trapézoïdale, mais l'idée générale reste la même.

Dans notre exemple, le condensateur a été remplacé par une source de tension. On peut aussi bien prendre une source de courant et une résistance, comme dans l'exemple avec la diode. Le principe reste le même : échanger le composant à simuler contre une combinaison de composants linéaires et pratiquer des itérations pour approcher de la solution.

### Les composants réels

Jusqu'à présent, nous n'avons travaillé qu'avec des composants théoriques, aux caractéristiques idéales. Les composants réels présentent une structure nettement plus complexe. C'est ainsi qu'une vraie résistance est en fait une mise en série d'une résistance et d'une inductance parasite, le tout shunté par un condensateur. Avec les transistors et les amplificateurs opérationnels, il faut envisager encore une ribambelle d'autres caractéristiques. Dans les modèles SPICE, on fait la distinction entre composants théoriques (virtuels) et réels. Chez ceux-ci, il s'agit d'habitude de petits circuits qui imitent autant que possible le comportement global d'un composant déterminé. L'utilisateur ne s'en aperçoit pas parce que, sur écran, un transistor apparaît toujours sous son symbole conventionnel. Ce n'est qu'à l'examen des propriétés internes ou dans la liste des noeuds que l'on découvre qu'il y a, derrière lui, bien davantage qu'un transistor théorique idéal.

La plupart des fabricants de semi-conducteurs livrent des modèles SPICE de leurs composants, dans lesquels les caractéristiques propres à chaque type sont détaillées. Il n'y a qu'avec des modèles précis de ce genre que l'on

peut réaliser une simulation qui correspond au comportement effectif d'un circuit.

## Trucs et ficelles

Avec SPICE, il faut toujours avoir un point de masse. C'est le repère de référence. Lors de la simulation d'un circuit, on commence systématiquement par une analyse des conditions de départ. Elle peut échouer dès ce stade si, par exemple, elle découvre trois condensateurs en série. Celui du milieu peut se situer en principe à n'importe quel niveau de potentiel. Tout dépend de la charge initiale des condensateurs. Même si, au total, elle est nulle, le condensateur central peut en définitive présenter une charge indéterminée.

Quand se produit une erreur bizarre, on peut souvent se tirer d'embarras en modifiant la position de certains composants ou en ajoutant par-ci, par-là quelques résistances de plusieurs  $M\Omega$  vers la masse, si du moins cela ne contrarie pas le fonctionnement du dispositif.

Si vous travaillez avec des composants virtuels, il se peut que la simulation du circuit fournisse d'excellents résultats et qu'après substitution de composants normaux, il arrive des choses étranges. La raison en est peut-être que les composants ne sont plus idéaux, parce qu'il aurait mieux valu les choisir dans la série E12, par exemple. C'est principalement dans les filtres que l'on peut trouver une courbe de réponse qui diverge sensiblement de ce qui était théoriquement prévu. Ici aussi, le programme de simulation peut vous aider, parce que la simulation dite de Monte-Carlo vous permet d'attribuer une tolérance à tous les composants. Ensuite, nous pouvons soumettre le circuit à une véritable vague de chaleur. Il est alors recalculé pour toute une kyrielle de combinaisons de tolérances et de températures et le résultat se présente en graphique constitué d'une famille de courbes que nous espérons voir s'échelonner à proximité les unes des autres.

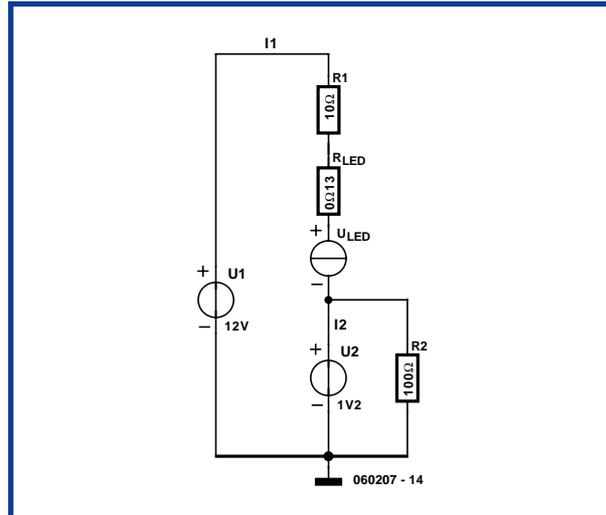
Dans une simulation d'un circuit à composants réels, il y a des choses intéressantes à observer en haute fréquence. Dans ce domaine, la self-induction d'une résistance (rien déjà que ses fils de raccordement) peut prendre une importance supérieure à celle de la résistance elle-même. Différentes capacités parasites (souvent d'à peine quelques picofarads) peuvent occasionner pas mal de soucis. Vous pouvez aisément en ajouter au schéma à certains endroits pour examiner quelles conséquences elles ont sur le signal de sortie.

Travailler avec des amplificateurs opérationnels peut se révéler frustrant, parfois. Vous utilisez des circuits virtuels et pour une petite faute dans le montage, vous voyez la tension de sortie grimper à plus d'un kilovolt, alors qu'un véritable amplificateur opérationnel se bloquerait simplement à l'une des tensions d'alimentation.

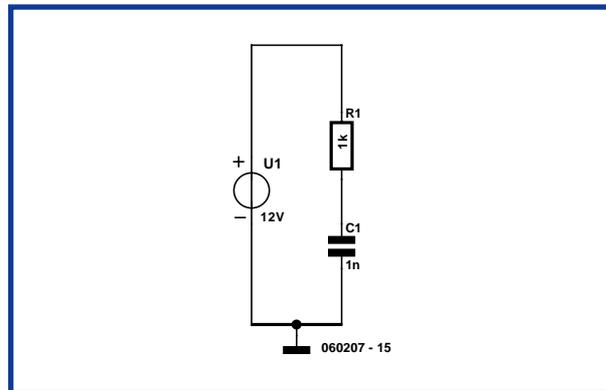
SPICE manifeste souvent une profonde aversion pour les transformateurs de sortie flottants. Reliez toujours un côté de la sortie du transfo à la masse et si vous ne pouvez pas le faire, y ajouter une résistance de  $1 M\Omega$  peut, ici aussi, faire merveille.

Remarquez que certains programmes SPICE ne connaissent pas la différence entre m et M, mais comprennent fort bien MEG. Une résistance de  $1 m\Omega$ , c'est bien peu de chose. Pour éviter la méprise, dans le doute, spécifiez  $1\ 000 k\Omega$  ou bien  $1 MEG$ .

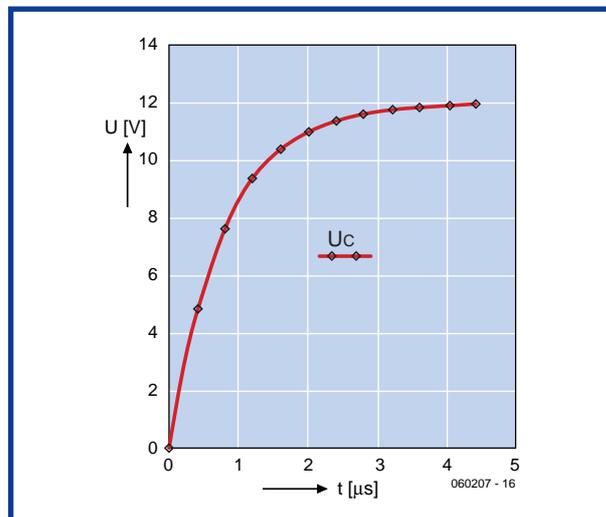
Avec SPICE, vous pouvez constituer des circuits qui utilisent des composants impossibles à fabriquer. Essayez donc de bobiner une self de  $100 H$  ou de confectionner une résistance de  $0,01 \Omega$  ! Et un transformateur défini



**Figure 5.** La LED est remplacée par une source de tension avec résistance interne pour déterminer les tensions et courants dans le circuit et trouver son point précis de fonctionnement.



**Figure 6.** On calcule le comportement à l'enclenchement à l'aide de ce schéma simple : une source de tension charge un condensateur via une résistance.



**Figure 7.** La courbe calculée de l'évolution de la tension sur le condensateur.

par vos soins avec une densité de flux de  $1\ 000 T$  ne fera même pas sursauter SPICE.

Avant de conclure : il arrive qu'un circuit manifestement simple ne fonctionne pas. Si vous avez bien vérifié toutes les liaisons et qu'il ne marche décidément pas, il reste le recours de vous rendre sur Internet et à demander conseil dans un forum. Certains fabricants se montrent très coopératifs. Ils accordent de l'intérêt à se tenir au courant de ce qui va bien autant que de ce qui se passe mal en pratique. Mais pour être honnêtes, la pêche est plus fructueuse si, plutôt que de se présenter comme un utilisateur lambda, on précise que c'est dans le cadre d'un vaste test bêta !

(060207-1)

# Programmes

Harry Baggen & Thijs Beckers

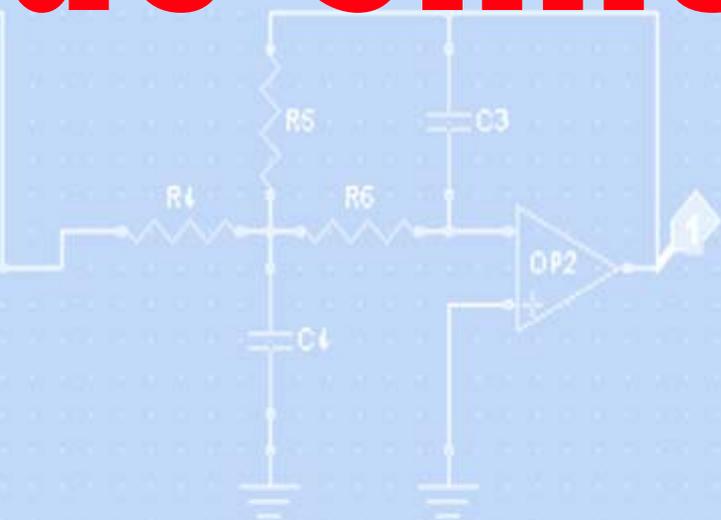
Lors du développement de montages électroniques, L'ordinateur joue un rôle de plus en plus important. Des dizaines de fabricants proposent des programmes sophistiqués pour non seulement pour le dessin de platines mais aussi pour la simulation d'un circuit. Vu le succès du DVD de l'an dernier, Elektor a décidé de doter ce numéro d'un DVD-ROM comportant une version de démo, d'évaluation, voir complète de la quasi-totalité des programmes de simulation connus. Grâce à ce DVD, tout amateur d'électronique peut tester de nombreux programmes sur son PC et décider en toute connaissance de cause, lequel lui convient le mieux. Nous les passons en revue et leur épinglons une courte description.

Panorama des programmes de simulation présents sur le DVD accompagnant ce numéro

Tous les programmes de ce DVD-ROM sont uniquement à utiliser 'à des fins non commerciales !

5Spice 1.22	5 Spice Analysis Software
AIM-Spice 4.3	AIM-Software
B2Spice 5.1.6	Beige Bag Software
Boardmaker 3	Tsien
Cadstar Express 8.0	Zuken
CIRSIM 3.0	Bells-Hill
DesignWorks Professional 4	Capilano Computing
Easy-PC/Easy-Spice 10	Number One Systems
eSketch Pro 1.5	Schematica Software
iSim	Inca Systems
LTSpice/SwitcherCAD 3	Linear Technology
Micro-Cap 8	Spectrum Software
Multisim DesignSuite 9	Electronics Workbench
OrCAD 10.5	Cadence
Profilab-Expert 4.0	Abacom
Proteus 6	Labcenter Electronics
PSIM 7.0	Powersim
SIMatrix 5.2	Catena
SIMWinXP 1.1	Visionix
SMASH 5.7	Dolphin
Sonnet-Lite 10.51	Sonnet
SpiceAge	Those Engineers Ltd
SpiceCreator Pro 5	AMS
Target3001! V12	Ing-Büro Friedrich
TopSPICE/Win32 V7	Penzar Development
Visual Spice 6	Island Logix
Win-Elektronik 3.1	Erwin Rössler

# de simulation

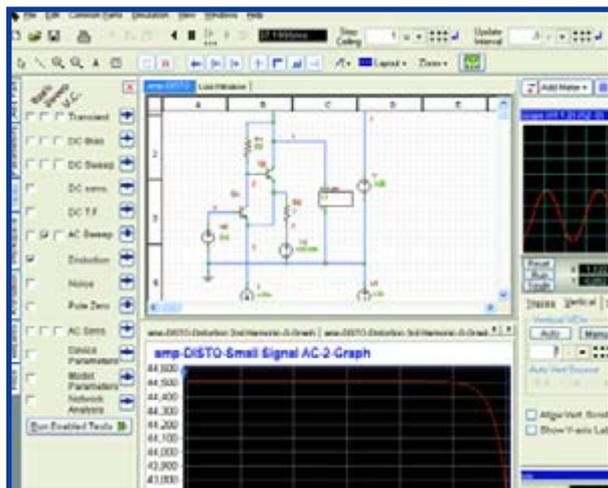


- Expand Y Axis
- Logarithmic Frequency Axis
- Expand Freq Axis
- Contract Freq Axis
- Auto fit Y axis
- Expand Y2 Axis
- Auto fit Y2 axis
- Expand Time Axis
- Contract Time Axis
- Configure Axes
- Graph Colors
- Thick Graph Lines
- Save Graph as Bitmap
- Save Graph as Metafile

**Pas de DVD?**

**Demandez-le à votre libraire !**





## Version spéciales

Plusieurs sociétés nous ont fourni une version spéciale permettant d'en faire plus que la version de démo standard téléchargeable depuis leur site.

**SpiceAge & Spicycle** de la société anglaise Those Engineers sont disponibles sur le DVD en tant qu'« éditions spéciales » à librairie de composants limitée.

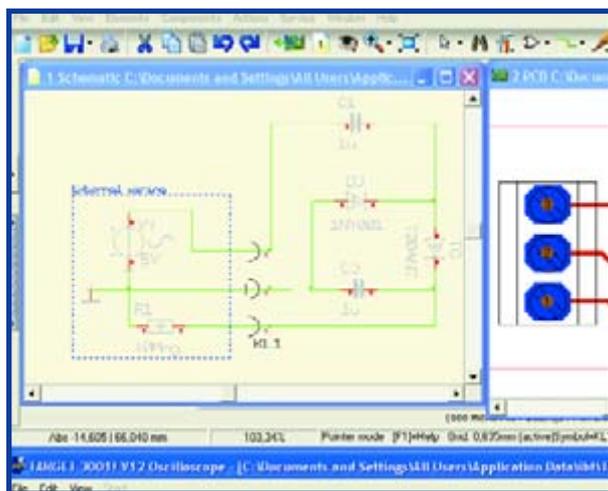
Pour le reste elles sont fonctionnelles à 100% sans limitation de temps (Spicycle Level 1).

**Target 3001!** de Ing. Büro Friedrich est présent sur le DVD dans une version « light » spéciale valant normalement 49 €. Elle peut s'accommoder de 400 broches/îlots et travailler sur 2 couches. La seule limitation est l'impossibilité d'accéder à la librairie de composants additionnels de Target, ce qui ne constitue pas un handicap immédiat vu la taille de la librairie fournie (1 000 composants standard environ).

À noter que tous les programmes sont destinés à une utilisation non-commerciale.

## Nos remerciements...

vont à toutes les sociétés qui nous ont aidé à la naissance de ce DVD, en particulier à Linear Technology pour avoir mis à notre disposition leur programme LTSpice/SwitcherCAD, et Those Engineers et Ing. Büro Friedrich pour leurs versions spéciales.



Tout concepteur ayant fait de l'électronique son gagne-pain doit utiliser son temps le plus efficacement possible. Il n'est plus question, aujourd'hui, de croquer sur papier le schéma d'un montage, pour ensuite en produire plusieurs prototypes pour s'assurer que tout fonctionne correctement comme le fait supposer la théorie. Le PC mis aujourd'hui à toutes les sauces s'est vu promu, grâce à quelques programmes (intelligemment faits) de simple calculatrice au statut de co-assistant intelligent lors de la conception. Nous connaissons également les programmes de dessin de platine (PCB) qui facilitent très sensiblement la réalisation d'un circuit imprimé grâce au placement automatique des composants, aux bibliothèques de composants bien fournies et autorouteurs puissants qui font de leur mieux pour découvrir le meilleur routage des pistes.

Il va sans dire qu'il faut un minimum de suivi et de réflexion humaine de ces aides si l'on veut arriver à un résultat utilisable, mais les gains en temps par rapport à l'approche « à rubans autocollants noirs » d'il y a quelques décennies sont indéniables. Même lors du développement d'un montage, le concepteur s'appuie de plus en plus sur son ordinateur. Un bon programme de simulation permet, après la saisie du schéma, d'obtenir une simulation très proche de la réalité du fonctionnement du circuit. Si, lors de sa simulation, le montage fonctionne comme il faut, il est probable, à 95 voire 100% qu'il fonctionne également correctement dans la pratique. Il ne reste plus qu'à faire un prototype pour le test final. Mais ces programmes peuvent également aider l'étudiant et l'électronicien amateur. On a vite très fait de saisir une idée et voir ensuite s'il se passe ce que l'on prévoyait, sans avoir besoin de dénicher de composants, sortir son fer à souder ou brancher son oscilloscope. Ils aident énormément à la compréhension du fonctionnement des composants et des circuits électroniques.

## Les origines

La simulation de circuits électroniques sur un ordinateur est devenue possible grâce au développement de SPICE (**S**imulation **P**rogram with **I**ntegrated **C**ircuit **E**mphasis) à l'Université de Berkeley. Nous vous proposons, dans ce même numéro, un autre article « **Le PC comme plaque d'essai** » qui fait l'historique de la naissance et explique le fonctionnement de SPICE. SPICE permet de simuler des composants électroniques tant linéaires que non-linéaires. Sur la lancée de SPICE le Tech Research Institute de Géorgie développa XSPICE qui permit de créer des bibliothèques de modèles comportant des données composants très complètes. Tant SPICE qu'XSPICE sont open-source et peuvent ainsi servir de base pour un programme de simulation. Citons deux autres développements connus de SPICE, Cider (simulation numérique) et Ngspice (simulation en mode mixte).

La plupart des programmes modernes tournent sous Windows, vu qu'il s'agit là, qu'on le veuille ou non, de la plateforme la plus répandue. L'évolution la plus marquante de ces programmes est le confort d'utilisation de l'environnement. Les premières versions de programmes de simulation nécessitaient la mise sur papier du schéma, la numérotation des noeuds, la recherche des modèles, la création d'une liste d'équipotentiels (*netlist*) pour ensuite indiquer à un autre module du programme ce qu'il fallait calculer exactement à chaque noeud; si on avait de la chance, le résultat de ces opérations était affiché sous forme de graphique. Avec la plupart des programmes actuels on saisit le schéma à l'aide de la souris, un certain nombre de menus explicites vous permettent d'entrer

le paramétrage, plusieurs graphiques parlants apparaissant en fin de traitement. Les programmes les plus avancés proposent des bibliothèques de composants très étoffées dans lesquelles on retrouve les caractéristiques des semi-conducteurs de la plupart des grands fabricants. Il ne vous faudra plus plusieurs jours pour comprendre le fonctionnement d'un tel programme de simulation, quelques heures suffisent pour arriver à de bons résultats. La plupart des programmes sont des simulateurs dits en mode mixte permettant la simulation de circuits analogiques, numériques et comportant des ensembles analogiques et numériques, donc mixtes.

## Catégories de programmes

Il existe divers types de programmes de simulation, le DVD-ROM en proposant plusieurs dans chacune des catégories. On trouve ainsi des « suites » de développement qui, à l'image de MultiSim, associent saisie de schéma, simulation et dessin de platine (PCB). C'est ainsi le seul programme dont on ait besoin. De par leur complexité, ce type de logiciel est souvent coûteux, mais il présente l'avantage d'une bonne intégration entre les différents sous-ensembles, une mode d'emploi commun à l'ensemble du programme et une même adresse où s'adresser pour avoir de l'aide.

On trouve ensuite les programmes de simulation pure. Certains utilisent, comme Micro-Cap, une entrée graphique à 100%, d'autres ne connaissent pas de saisie graphique mais font appel à des programmes de saisie de schéma distincts (AIM-Spice par exemple). D'autres programmes ont été conçus pour s'intégrer à un programme de dessin de PCB existant (Easy-Spice dans Easy-PC par exemple). Il existe, pour finir, des programmes d'interface tels que iSim qui se chargent du transfert correct des données d'un programme de saisie de schéma dans un programme SPICE.

## Le DVD-ROM

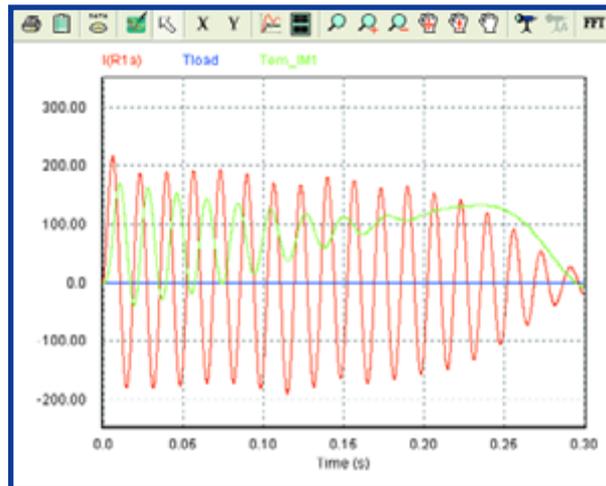
Nous avons voulu, sur le DVD, vous proposer la palette la plus complète possible des programmes de simulation disponibles actuellement. Il y en a près de 30 dont les fabricants nous ont permis la distribution par le biais de ce DVD. Les programmes ont été répartis dans plusieurs dossiers, dont le plus gros est le dossier Windows. Ils tournent quasiment tous sous Windows 98/ME/XP, la plupart « parlent » l'anglais; certains, se trouvant sur le DVD dans les différentes langues dans lesquelles ils existent.

Dans le dossier Linux on découvrira quelques programmes de simulation intéressants tournant sous... Linux bien entendu. On y retrouve quelques programmes du dossier Windows dont il existe également une version Linux. Un sous-dossier open-source du dossier Windows comporte les programmes gratuits et dont la distribution est autorisée sans plus.

On découvre, pour finir, le dossier Extra dans lequel nous avons rassemblé des programmes spéciaux qui se différencient des programmes de simulation standard, tels que, par exemple, un programme de simulation de champs magnétiques ou un programme de calcul de filtres et de temporisateurs.

Nous allons décrire succinctement les programmes les plus importants présents sur le DVD, en soulignant les limitations de la version proposée ici et en indiquant l'espace requis sur le disque dur.

Nous vous souhaitons des heures de plaisir et de découvertes agréables lors de l'essai des différents programmes !



## Au travail !

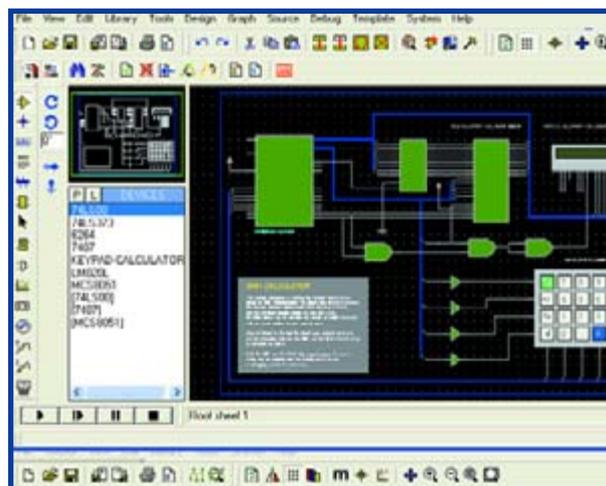
Nous avons fait de notre mieux pour proposer sur ce DVD la version la plus récente disponible des programmes, les fabricants ne cessant pourtant pas d'améliorer leurs produits. Si l'un de ces programmes semble vous convenir, il est toujours judicieux de faire un tour sur le site du fabricant pour voir s'il n'y aurait pas une version plus récente.

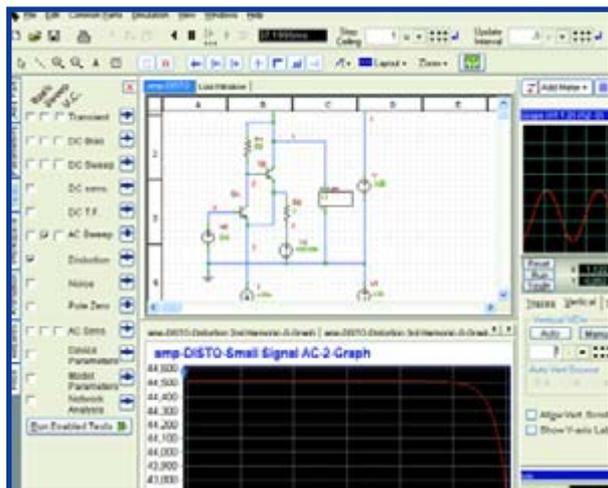
Nous avons ajouté une liste de produits intéressants qui, pour une raison ou une autre, ne se trouvent pas sur le DVD (impossibilité d'obtenir une autorisation de distribution du programme par exemple) et qui nous paraissent mériter que l'on s'y intéresse aussi.

Tous les fabricants des logiciels les plus importants ont un distributeur local que vous pouvez consulter pour obtenir des informations additionnelles; tout est plus facile lorsque l'on parle la même langue ! Il pourra vous donner de plus amples informations quant au prix et aux services offerts.

Permettez-nous, en guise de conclusion, la fameuse note finale : nous avons essayé tous les programmes Windows sur différents ordinateurs, mais nous ne pouvons pas garantir qu'ils fonctionnent tous sans le moindre problème sur le vôtre. Si vous deviez avoir des problèmes d'installation ou de mise en œuvre d'un programme donné, prenez contact avec le fabricant concerné, ils pourront mieux vous aider que nous !

Essayez-vous à ce florilège de programmes et découvrez-en les possibilités. S'il est un point sur lequel tout le monde s'accorde, c'est bien que l'avenir de l'électronique c'est la simulation. Ce DVD est le point d'appui vous permettant non pas « de faire pivoter le monde » mais de découvrir ce que permet cette nouvelle science.





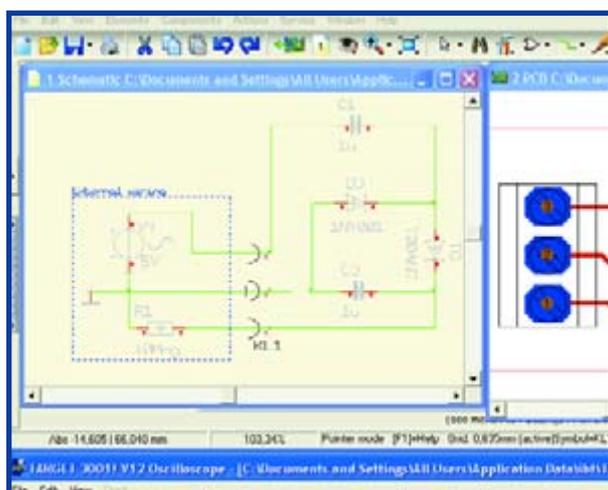
### 5Spice 1.22 (14 Mo)

Ce programme est en fait une écorce graphique enveloppant un moteur de simulation Spice traditionnel. Un éditeur de schéma permet de saisir un schéma électronique qui peut ensuite être simulé à l'aide de Spice version 3f4/3f5. Mode d'emploi simple. Le programme est relativement succinct mais n'en fournit pas moins la plupart des possibilités de simulation.

La version de démonstration connaît une limitation de la taille du schéma et l'impossibilité de présentation numérique d'un certain nombre d'analyses. Impossible également d'enregistrer des schémas comportant des portes logiques, et pour les autres schémas, un texte soulignant qu'il s'agit d'une version de démo apparaît à l'écran.

### AIM-Spice 4.3 (10 Mo)

Ce programme ne comporte pas de saisie de schéma, il s'agit uniquement d'un simulateur SPICE. Le set se compose en fait de 2 programmes : AIM-Spice qui comporte un éditeur de texte pour le traitement de la netliste Spice et des possibilités de simulation et un AIM-Postprocessor permettant la visualisation graphique des fichiers graphiques et de données. Une fois que l'on maîtrise la saisie d'un schéma sous forme de texte, le programme devient facile à utiliser. La définition des paramètres de simulation connaît une plage relativement importante. La version « étudiant » est limitée à 150 noeuds et 30 transistors au maximum par circuit.



### B2Spice V5.1.6 (131 Mo)

Intéressera indubitablement les utilisateurs d'Eagle vu qu'il permet l'importation directe et la simulation de schéma saisie sous Eagle. Il est également possible de saisir le schéma sous B2Spice lui-même. L'interface utilisateur de ce programme est claire et intuitive. La simulation est très facile. Des instruments virtuels permettent de placer des sondes « temps réel » sur le schéma. La version de test est fonctionnelle à 100% pour 45 jours.

### Boardmaker 3 (134 Mo)

Boardmaker 3 est un logiciel de CAO (CAD) complet. Il permet la saisie de schéma, la simulation et le dessin de platines. Il permet même une visualisation 3D des dessins de PCB.

La prise en main du programme est, de par ses nombreuses possibilités, relativement complexe. Il est accompagné de didacticiels (tutorial) au format .pdf (ils se trouvent dans le dossier d'installation du programme, mais, étrange, le menu de démarrage ne comporte pas de raccourci pour les appeler directement). À lire impérativement avant de s'attaquer au programme !

La version de démo ne « sait » ni imprimer ni enregistrer; impossible également de produire un fichier Gerber.

### CIRSIM2006 (5 Mo)

Relativement simple, ce programme ne permet de simuler que des signaux d'entrée continus. Sous CIRSIM, la description du schéma peut uniquement se faire en code SPICE, pas en graphique donc. De par ses possibilités limitées, le programme s'explique de lui-même. L'enregistrement du programme ne coûte que 10 £.

La version de démo connaît un nombre maximum de noeud très faible, à savoir 6 seulement.

### DesignWorks Professional 4 (38 Mo)

DesignWorks Professional permet de simuler très facilement des circuits numériques. La saisie d'un projet se fait soit sous forme de schéma soit en VHDL. La mise en oeuvre associe intuitivité et logique. On pourra, si l'on ne s'en sort pas, jeter un coup d'oeil à un excellent manuel au format .pdf. On peut également utiliser DesignWorks pour la saisie de schémas analogiques mais il n'est pas possible de les simuler. La version de démo est fonctionnelle à 100% pendant 30 jours.

### Easy-Spice (& Easy-PC)

Easy-Spice est un « complément » au programme de dessin de PCB Easy-PC (également sur le DVD). Il vous faudra commencer par installer Easy-PC avant d'installer Easy-Spice. Easy-PC permet la saisie de schémas électriques, le dessin de PCB, la définition des paramètres de simulation et le lancement d'une simulation. Le programme génère ensuite une netliste et démarre Easy-Spice. Easy-Spice ouvre la netliste automatiquement et exécute la simulation.

On trouve, dans le dossier ... \Easy-PC Demo \Examples \SPICE un certain nombre d'exemples. Il est possible de simuler des circuits tant analogiques que numériques. La version de démo d'Easy-PC ne peut pas enregistrer de fichier ni fournir de sorties MAO (CAM). Nous n'avons pas connaissance de limitations en ce qui concerne la version de démo d'Easy-Spice.

Chacun de ces programmes requiert un mot de passe.

Pour Easy-PC il faudra entrer **kp69ny31**, pour Easy-Spice **wa32pk65**.

## eSketch (5 Mo)

Ce (petit) programme est bien fini et très facile à utiliser. Il permet de saisir des schémas analogiques passifs et de les simuler. Il n'est malheureusement pas possible de travailler avec des portes numériques, des transistors, des diodes ou d'autres éléments actifs. La version gratuite est utilisable sans limitations pendant 15 jours.

## LTSpice/SwitcherCAD III (77 Mo)

Le programme SwitcherCAD III de Linear Technology permet de faire apparaître et de simuler, y compris leur comportement à la mise sous tension, (quasiment) tous les stabilisateurs de tension à découpage de LT. Il est en outre fourni quelques schémas d'exemple très pratiques et il est bien entendu également possible de saisir son propre schéma. Il manque peut-être un certain « *bling-bling* » au programme mais ses fonctionnalités sont parfaites. LTSpice/SwitcherCAD III est gratuit.

## Micro-Cap 8 (22 Mo)

Micro-Cap est un programme de simulation clair; sa partie saisie de schéma est pratique et épaulée par une librairie de composants standard bien étoffée. Les abréviations du paramétrage de la simulation peuvent porter à confusion au départ mais une fois que l'on y est habitué, elles sont parfaitement utilisables. La version d'évaluation de Micro cap est limitée à 50 composants et 100 équations (points nodaux, selfs et sources de signal). La vitesse de simulation s'est vue réduite et le nombre de possibilités d'optimisation, de dessin de filtre et d'affichages 3D a été limité.

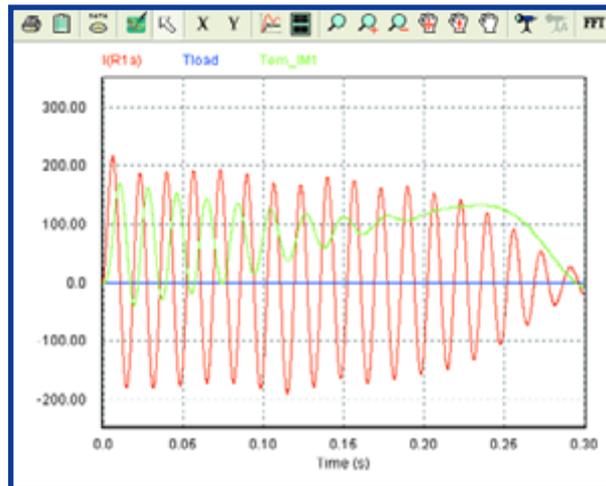
## Multisim 9 (191 Mo)

Multisim est une suite de développement complète comportant un module de saisie de schéma, de simulation et de dessin de PCB (Ultiboard). Il s'agit de l'un des sets de logiciels les plus complets que nous connaissons. Il est possible de placer de jolis instrument de mesure virtuels dans le schéma pour voir les signaux simulés. La librairie de composants de Multisim est très étoffée. Il est devenu possible aussi d'échanger des données de mesure et de simulation avec LabView (NI).

La version freeware requiert une connexion Internet si l'on veut simuler un schéma. Au bout de 45 jours le programme perd ses possibilités de simulation et d'autoroutage. Les projets se trouvent ensuite limités à 50 composants ou 750 broches et 2 couches.

## OrCAD 10.5 (707 Mo)

Une autre de ces suites de développement complètes ! OrCAD crée un certain nombre de raccourcis pour les différents programmes de la suite. Capture CIS en constitue le « coeur ». Ce programme fait office de gestionnaire pour tous les fichiers d'un projet. On trouve également un didacticiel (OrCAD-directory\OrCAD 10.5 Demo\tools\capture\tutorial\CAPTUTOR.EXE). La partie simulation (PSpice A/D) ne se trouve pas sous la houlette de Capture CIS; il faut la diriger manuellement vers le projet. En raison de ses nombreuses possibilités, on peut le trouver confus au début; il faut se don-



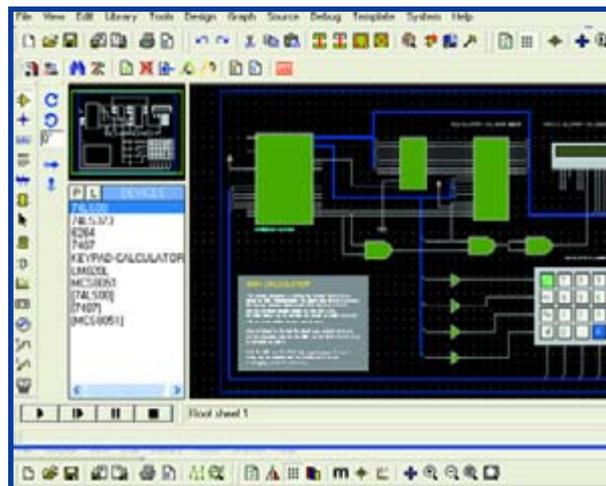
ner le temps de le prendre en main. La version de démo ne connaît pas de limite de temps, mais limite le nombre de composants avec lesquels on peut travailler.

## Profilab Expert 4 (17 Mo)

Profilab Expert ressemble beaucoup à LabView tout en étant sensiblement plus simple. Il est possible de placer sur un écran clair nombre de noeuds, affichages et autres blocs fonctionnels pour en faire un ensemble devant fonctionner. La simulation permet de voir comment travaillera le système. La version de démo peut traiter un maximum de 10 composants. Impossible d'enregistrer ou de compiler, la durée de simulation étant en outre limitée à 30 secondes au maximum.

## Proteus 6 (112 Mo)

Proteus 6 est constitué de 2 programmes : ISIS 6 et ARES 6. ISIS permet de saisir les schémas et de les simuler. ARES permet le dessin de PCB. La simulation d'un schéma par ISIS est facile (bouton « Play » en bas à gauche). Les fichiers d'aide joints sont clairs; il en est de même pour l'interface utilisateur bien étoffée. La spécificité de Proteus est qu'il est possible, dans les simulation en mode mixte, d'introduire également des microprocesseurs et d'en obtenir l'exécution du code au cours de la simulation. La version de démo ne permet ni l'enregistre-



ment ni l'impression. Impossible également de démarrer ses propres projets à microcontrôleur. Il reste cependant possible de modifier les projets fournis.

## SIMetrix 5.2 (34 Mo)

SIMetrix permet de saisir et de simuler des circuits analogiques et numériques. Bien que chaque programme ait sa propre fenêtre, l'ensemble reste très clair. On trouve à vite fait de trouver, intuitivement, les différents paramètres.

Il faut, lors de l'installation, opter pour SIMetrix Intro. SIMetrix utilise des extensions à 5 caractères évitant ainsi nombre de problèmes avec d'autres programmes.

La seule limitation de la version de démo est le nombre de composants utilisables.

Si vous voulez vous essayer aux alimentations à découpage il est préférable, lors de l'installation, de choisir l'option SIMetrix/SIMPLIS. SIMPLIS est de 10 à 50 fois plus rapide pour la simulation de ce type de circuit que la version de simulation Spice complète de SIMetrix.

## SIMWinXP 1.10 (261 Mo)

SIMWinXP est le petit frère de la suite de développement EDWinXP. Il s'agit d'un programme autonome pour la saisie de schéma qui peuvent ensuite être simulés à l'aide

du mode mixte du simulateur EDSpice. EDSpice permet également de simuler des circuits décrits en Spice. SIMWinXP peut travailler tant avec des projets analogiques qu'avec des projets numériques.

Pour installer SIMWinXP il suffit de lancer le Setup.exe du dossier SIMWinXP.

La version d'évaluation est totalement fonctionnelle mais ne fonctionne que 30 jours.

## Smash 5.7.0 (424 Mo)

Smash est un programme de simulation en mode mixte puissant ne possédant pas de saisie de schéma. Le programme possède quelques fonctions qui lui sont spécifiques telles que l'approche de la consommation d'énergie de circuits numériques et la possibilité de mode mixte de Spice avec VHDL-AMS.

Les fichiers de netliste peuvent être chargés en tant que .cir, .nsx ou .sp. Le programme collabore avec nombre d'autres programmes connus tels que Matlab, Keil et National Instruments.

Autre aspect frappant : la grande quantité de documents .pdf fournie expliquant divers problèmes de conception et méthodes de simulation.

La version d'évaluation permet un maximum de 25 noeuds analogiques.

## SpiceAge & Spicycle (49 Mo)

Il faut, pour pouvoir installer SpiceAge (simulation) et Spicycle (saisie de schémas), commencer par recopier l'ensemble du dossier SpiceAge du DVD vers la racine du disque dur C:\, structure des dossiers y comprise.

Spicycle permet la saisie de schéma et le dessin de PCB.

Il est possible, depuis Spicycle, de lancer une simulation qui sera exécutées sous SpiceAge. Il est possible, dans SpiceAge, de définir un nombre de paramètres plus importants et de lancer d'autres simulations. L'interface utilisateur est claire et confortable. La plupart des organes de commande sont accessibles depuis la barre de menu. Les versions de démo « Spécial Elektor » ont une librairie de composants limitée, mais sont fonctionnelles à 100% sans limite de temps.

## Spice Creator Pro V5.12 (39 Mo) & Visual Spice (39 Mo)

Ces 2 programmes se ressemblent comme deux gouttes d'eau.

Spice Creator et Visual Spice permettent de saisir et de simuler des circuits analogiques et numériques. On trouve un browser d'aide très pratique permettant de retrouver facilement les instructions nécessaires. L'écran du programme principal « explose » de boutons et de possibilités. Il est heureusement possible de le limiter quelque peu.

Les versions d'essai connaissent un certain nombre de limitation, à savoir absence de défaire (undo), d'enregistrement, d'export, d'impression, de copier/coller et de simulation de schémas modifiés.

## Target 3001! V12 (61 Mo)

Target 3001! est un programme de CAO doté d'un certain nombre d'autres possibilités. Au départ, le programme a été conçu pour la saisie de schéma et le dessin de PCB. Il est possible de simuler le projet; à noter la

## Adresses Internet des fabricants

5 Spice Analysis Software	<a href="http://www.5spice.com">www.5spice.com</a>
Abacom	<a href="http://www.abacom-online.de">www.abacom-online.de</a> ; F : <a href="http://www.lextronic.fr/abacom">www.lextronic.fr/abacom</a>
AIM-Software	<a href="http://www.aimspice.com">www.aimspice.com</a>
AMS	<a href="http://www.advancedmsinc.com">www.advancedmsinc.com</a>
Beige Bag Software	<a href="http://www.beigebag.com">www.beigebag.com</a> ; F : <a href="http://www.hitechtools.com">www.hitechtools.com</a>
Bells-Hill	<a href="http://www.bells-hill.freemove.co.uk">www.bells-hill.freemove.co.uk</a>
Cadence	<a href="http://www.cadence.com/orcad">www.cadence.com/orcad</a> ; F : <a href="http://www.alsdesign.fr">www.alsdesign.fr</a>
Cadmigos	<a href="http://www.cadmigos.com">www.cadmigos.com</a>
Capilano Computing	<a href="http://www.capilano.com/">www.capilano.com/</a>
Catena	<a href="http://www.catena.uk.com">www.catena.uk.com</a>
Dolphin	<a href="http://www.dolphin.fr">www.dolphin.fr</a>
Electronics Workbench	<a href="http://www.electronicworkbench.com">www.electronicworkbench.com</a>
Erwin Rössler	<a href="http://www.win-elektronik.de">www.win-elektronik.de</a>
Inca Systems	<a href="http://www.incasystems.fi">www.incasystems.fi</a>
Ing-Büro Friedrich	<a href="http://www.ibfriedrich.com">www.ibfriedrich.com</a> ; F : <a href="http://www.selectronic.fr">www.selectronic.fr</a> ; <a href="http://www.hitechtools.com">www.hitechtools.com</a> ; <a href="http://www.programmation.fr">www.programmation.fr</a>
Island Logix	<a href="http://www.islandlogix.com">www.islandlogix.com</a>
Labcenter Electronics	<a href="http://www.labcenter.co.uk">www.labcenter.co.uk</a> ; F : <a href="http://www.multipower.fr/">www.multipower.fr/</a>
Linear Technology	<a href="http://www.linear.com/company/software.jsp">www.linear.com/company/software.jsp</a>
Number One Systems	<a href="http://www.numberone.com">www.numberone.com</a>
Penzar Development	<a href="http://penzar.com">http://penzar.com</a>
Powersim	<a href="http://www.powersimtech.com">www.powersimtech.com</a>
Schematica Software	<a href="http://www.schematica.com">www.schematica.com</a>
Sonnet	<a href="http://www.sonnetusa.com">www.sonnetusa.com</a>
Spectrum Software	<a href="http://www.spectrum-soft.com">www.spectrum-soft.com</a>
Those Engineers Ltd	<a href="http://www.spiceage.com">www.spiceage.com</a>
Tsien	<a href="http://www.tsien.info">www.tsien.info</a>
Visionix	<a href="http://www.visionics.a.se">www.visionics.a.se</a> ; F : <a href="http://www.mercuretelecom.net">www.mercuretelecom.net</a>
Zuken	<a href="http://www.zuken.com">www.zuken.com</a>

présence d'un contrôle de CEM intégré. Il permet également de concevoir des faces avant. Il faudra, pour tirer le maximum de toutes les possibilités, jeter un coup d'oeil au manuel. Bien que le programme soit facile à manipuler sans connaissance spéciale, trouver les astuces requiert quelques connaissances et de la pratique. Cette version « Spécial Elektor » offre bien plus de possibilités que la version de démonstration : Target 3001! V12 « light » (400 broches/pistes, 2 couches de cuivre, coûtant 49 Euro), mais elle n'offre pas d'accès à la librairie de composants disponible sur le serveur de Target.

## TopSPICE 7.09g (23 Mo)

TopSPICE est en mesure d'ouvrir tant des schémas que des netlistes Spice. La simulation est rapide et facile d'accès. Le programme s'explique de lui-même mais si vous deviez avoir des problèmes, il existe suffisamment de documents d'aide et de prise en main pour vous aider à vous en sortir.

La version de démonstration connaît certaines limites telles que taille du schéma, nombre de noeuds, transistors, composants toplevel, mémoire de données de 1 Moctet maximum et point de données par représentation graphique (plot).

## Win-Elektronik 3.1 (1 Mo)

Ce programme simple (en allemand) convient fort bien pour voir rapidement comment fonctionne un réseau analogique. Il est destiné tout d'abord aux étudiants et écoles. Les possibilités de paramétrage sont limitées. La version de démonstration autorise un maximum de 8 composants et d'1 ampli op.

## Les extra

### -iSim (14 Mo) (& CADStar Express 8 & PSpice A/D 10.5)

iSim est une interface entre les schémas dessinés sous CADStar et les simulations SPICE en PSpice A/D. Il est possible d'accéder à iSim depuis CADStar Express pour l'exécution de simulations. Les résultats sont ensuite visualisés dans PSpice A/D. Ce plugin est un exemple de clarté. La version de démonstration s'accommode d'un maximum de 50 composants.

### PSIM (22 Mo)

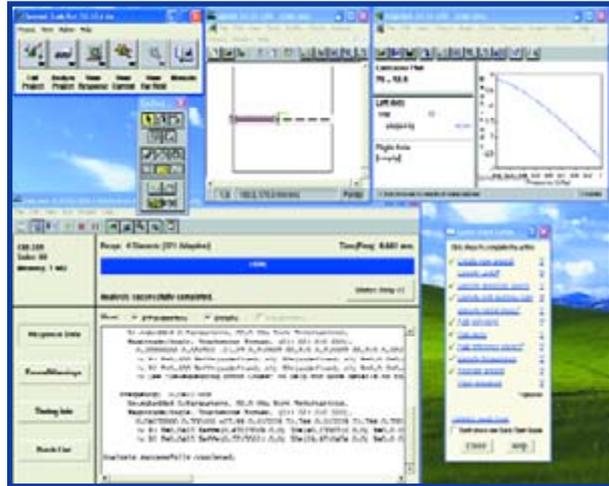
Les domaines de simulation de PSIM sont les circuits de puissance et le pilotage de moteurs. Il se compose de 2 programmes : PSIM et SinView. PSIM sert à la saisie du schéma et à donner l'instruction de simulation; SinView démarre ensuite automatiquement pour la visualisation des graphiques. La mise en oeuvre de ces 2 programmes ne demande quasiment pas d'explications. Les exemples fournis sont très parlants et permettent de se faire une bonne idée du fonctionnement du programme et de ce qu'il permet.

### Sonnet Lite 10.51 (91 Mo)

Le logiciel Sonnet offre une solution pour (presque) tous les calculs et simulations ayant trait aux signaux EM en haute fréquence (HF). Les analyses d'interférence de

pistes, de micropistes et de lignes de transmission couplées sont quelques exemples de ce que sait faire ce logiciel. La version lite gratuite est limitée par rapport à la version complète, mais on peut essayer cette dernière pendant 30 jours. Un coup d'oeil sur le site du fabricant pour en savoir plus.

(060206-1)



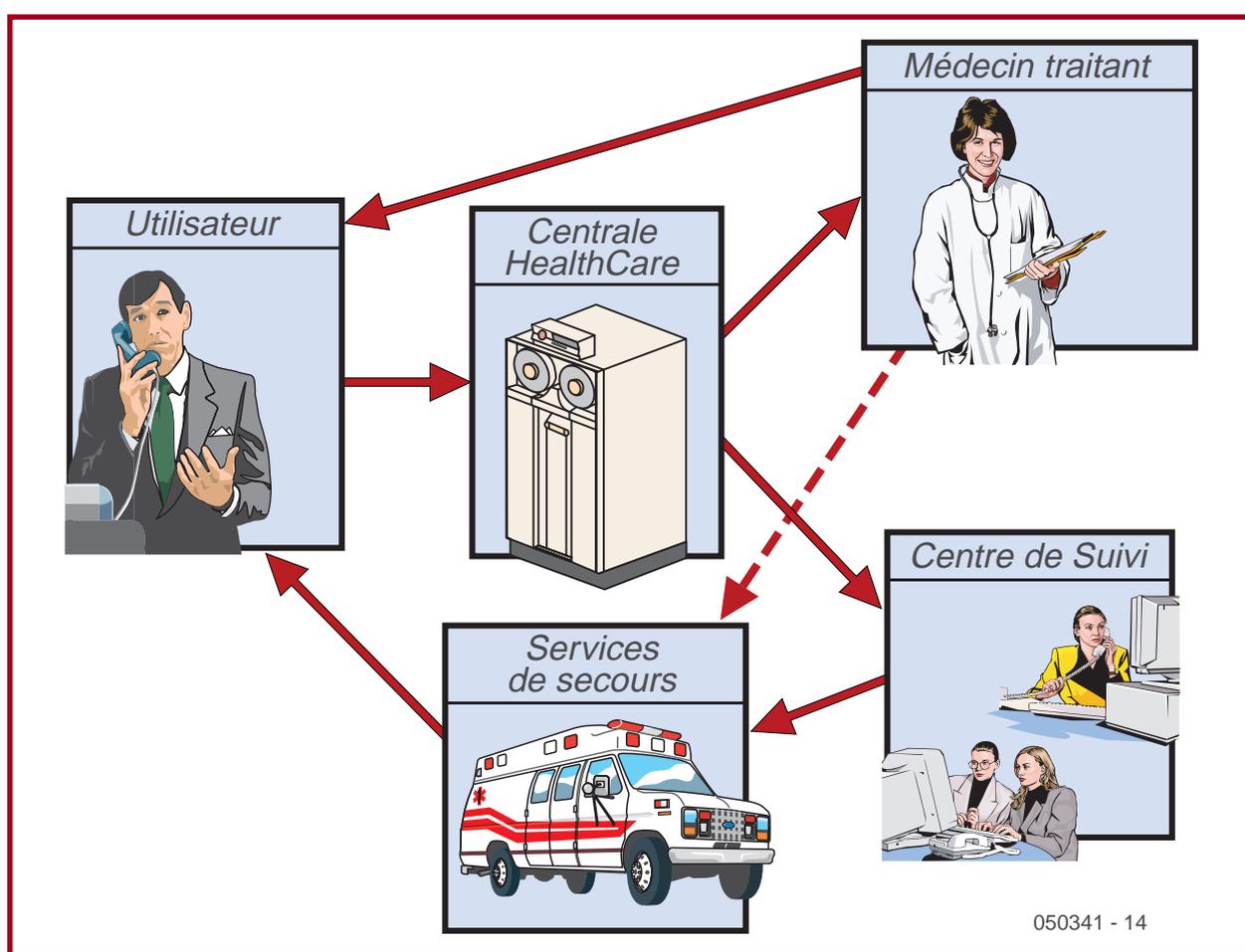
## Liens intéressants

Altium Designer	<a href="http://www.altium.com/Products/AltiumDesigner/">www.altium.com/Products/AltiumDesigner/</a>
Tina Pro 6	<a href="http://www.designwareinc.com/index.shtml">www.designwareinc.com/index.shtml</a>
NGSpice	<a href="http://ngspice.sourceforge.net/relapp.html">http://ngspice.sourceforge.net/relapp.html</a>
AnaSoft SuperSpice	<a href="http://www.anasoft.co.uk/">www.anasoft.co.uk/</a>
APLAC	<a href="http://www.aplac.hut.fi/aplac/">www.aplac.hut.fi/aplac/</a>
AKNM Circuit Magic	<a href="http://www.circuit-magic.com/">www.circuit-magic.com/</a>
Intusoft ICAP/4	<a href="http://www.intusoft.com/demos.htm">www.intusoft.com/demos.htm</a> ;
PC-ECAP	<a href="http://www.cdquickcache.com/pcecap.htm">www.cdquickcache.com/pcecap.htm</a>
Digital Simulator	<a href="http://www.mit.edu/people/ara/ds.html">www.mit.edu/people/ara/ds.html</a>
Spice+	<a href="http://spicep.sourceforge.net/">http://spicep.sourceforge.net/</a>
WinEcad	<a href="http://www.winecad.com/winecad.htm">www.winecad.com/winecad.htm</a>
DxAnalog	<a href="http://www.mentor.com/products/pcb/expedition/analysis_verification/dx_analog/index.cfm">www.mentor.com/products/pcb/expedition/analysis_verification/dx_analog/index.cfm</a>
NGSpice	<a href="http://ngspice.sourceforge.net/">http://ngspice.sourceforge.net/</a>
+ GSpiceUI	<a href="http://www.geda.seul.org/tools/gspiceui/index.html">www.geda.seul.org/tools/gspiceui/index.html</a>
PSpice 3f4	<a href="http://www.ee.washington.edu/circuit_archive/software/spice3f4.tar.gz">www.ee.washington.edu/circuit_archive/software/spice3f4.tar.gz</a>
Spice3f4 (Mac)	<a href="http://www.kivadesigngroupe.com/Kiva%20Professional/professionalpage.htm">www.kivadesigngroupe.com/Kiva%20Professional/professionalpage.htm</a>
MacSpice 3f5 (Mac)	<a href="http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/MacSpice">http://newton.ex.ac.uk/teaching/CDHW/MacSpice</a>
Pulsonix	<a href="http://www.pulsonix.com/index.asp">www.pulsonix.com/index.asp</a>
CSiEDA	<a href="http://www.csieda.com/">www.csieda.com/</a>
Crocodile Technology 6.01	<a href="http://www.crocodile-clips.com/crocodile/technology/index601.jsp">www.crocodile-clips.com/crocodile/technology/index601.jsp</a>
Qucs	<a href="http://qucs.sourceforge.net/news.html">http://qucs.sourceforge.net/news.html</a>
Simplorer Student Version	<a href="http://www.ansoft.com/about/academics/simplorer_sv/index.cfm">www.ansoft.com/about/academics/simplorer_sv/index.cfm</a>

# Le docteur élect

Haider Karomi

**Un télédiagnostic rapide et précis peut sauver une vie – à prix cassé. La « surveillance » électronique de patients pose encore de nombreux problèmes éthiques, les problèmes techniques, par contre, sont tous solubles.**



**Schéma de la télémédecine** (Source du graphique : Paxiva Service / Personal HealthCare Telemedicine)

Ce qui semble être encore de la science-fiction pourrait bientôt devenir la norme : le télédiagnostic. Des capteurs ultrasensibles et la technologie moderne de transmission des données permettent de surveiller l'état de santé d'un être humain en se jouant de la distance. L'ECG transmis par le médecin d'urgence à l'hôpital permet aux spécialistes de diagnostiquer des troubles aigus du rythme cardiaque nécessitant une intervention ou un risque d'infarctus. Il faut décider rapidement du mode d'intervention – à domicile, au service de réanimation ou lors du transport.

Loin de se limiter au diagnostic, la télémédecine comprend aussi la thérapie à distance ou la télécommunication entre 2 médecins. Les « télésoins à domicile » (*Tele Home Care*) englobent les applications de la télémédecine basées sur Internet. Celles-ci comportent par exemple des consultations entre experts sur le Web ou la transmission des paramètres vitaux (pouls, pression sanguine, etc.) du domicile du patient au médecin. Le tableau décrit divers domaines d'application du *Tele Home Care*.

# ronique

## La télémédecine, voilà l'avenir

### Possibilités et écueils

Le raccourcissement radical du diagnostic – par exemple en cas d'infarctus – permet même à Tele Home Care de sauver des vies. L'effet sur les coûts est aussi bénéfique – les médecins et le personnel médical peuvent observer simultanément de nombreux patients et en prendre soin hors d'un hôpital. On s'épargne de nombreux déplacements, un avantage de poids dans les régions mal desservies. Dans une société comportant un nombre toujours croissant de malades chroniques et de personnes dépendantes, la ligne de démarcation entre santé et maladie devient toujours plus floue. L'augmentation dramatique des coûts de la santé met un frein au but à atteindre, l'amélioration qualitative de la qualité de vie de chacun. Seul l'abaissement des coûts grâce à des prestations de soins plus efficaces et mieux ciblées permettra de résoudre cette contradiction [1][2].

Tele Home Care ne manque toutefois pas de soulever des problèmes politiques et juridiques [2]. On a exprimé la crainte que l'usage abusif de la télémédecine puisse violer certains droits fondamentaux. Les systèmes de cryptage modernes permettent tout au moins d'atteindre un niveau de protection inégalé jusqu'alors contre le détournement des informations. Le patient jouira donc dans une large mesure du contrôle de ses propres données.

### La cardiologie comme stimulateur

L'affection coronarienne est le problème de santé principal et le plus dangereux des Allemands. De nombreux facteurs de risque influent sur l'évolution de la maladie.

### Champs d'application du Tele Home Care

<b>« Clinique »</b>	Intervention d'urgence Suivi télé-médical Téléconsultation Télédiagnostic Télé-intervention Surveillances des paramètres vitaux (par exemple ECG)
<b>Soins et information</b>	Salubrité Prévention des maladies Autosoins Formation
<b>Administration</b>	Gestion électronique des cas Base de données des cas Coordination

Le maintien de la mobilité et de l'indépendance des patients, le contrôle des facteurs de risque, l'accompagnement des mesures de réhabilitation, etc. prêtent au Tele Home Care une importance particulière. Diverses études, menées au cours de ces dernières années sur la base des technologies de télécommunication modernes, ont pour but d'évaluer la surveillance

## Tele Home Care – avantages et problèmes

### Surveillance des patients

- Amélioration qualitative et quantitative des données de surveillance des patients
- Augmentation du nombre de patients surveillés
- Mise à disposition d'aides à la décision automatiques pour l'analyse et l'interprétation des données

### Gestion de la thérapie

- Amélioration de la communication médecin-patient
- Adaptation plus rapide de la thérapie
- Renforcement de l'autothérapie par le patient

### Suivi à distance

- Moins de visites dans les hôpitaux
- Simplification de l'accès du patient à l'information

- Gain d'une autonomie contrôlée pour le patient
- Réduction des complications à court et à long terme

### Tele Home Care engendre des modifications dans l'organisation

- Le nouveau service modifie la routine clinique et les comptes-rendus cliniques.
- Surcroît initial de travail pour le personnel médical lors de la mise en œuvre
- Davantage de patients et de données : nécessité de recourir à l'analyse automatique des données
- Problème : les patients ne se trouvent pas dans un environnement contrôlé

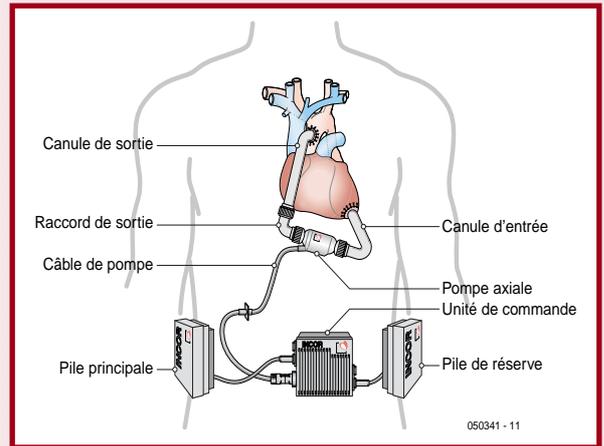
Source : Guide allemand 2004 de la télé-médecine ([www.telemedizin Fuehrer.de](http://www.telemedizin Fuehrer.de))

automatique et la thérapie à distance de patients souffrant de problèmes cardiaques. Elles ont permis de démontrer la faisabilité technique de la surveillance automatique de patients. Elles ont aussi révélé que la collaboration du patient est indispensable. En contrepartie, celui-ci peut obtenir plus d'informations sur son état de santé et le processus thérapeutique, d'où une meilleure compréhension et un niveau de satisfaction plus élevé.

**Normalisation**

Avec le système Paxiva (Cf. l'image de titre), Personal HealthCare Telemedicine souhaite établir, en étroite collaboration avec les médecins traitants et les centres hospitaliers, une norme européenne de *Tele Home Care* pour le suivi de patients souffrant de maladies cardiaques [3]. Les patients peuvent transmettre un ECG par téléphone en cas de malaise ou à intervalles réguliers et obtenir une évaluation personnelle immédiate ainsi que des instructions. *Tele Home Care* permet au patient de faire contrôler 24 heures sur 24 des symptômes pour lesquels il ne voudrait peut-être pas déranger son médecin. Les utilisateurs savent que le centre de surveillance, par exemple celui de Paxiva, est toujours disponible. Ils n'ont donc pas à craindre de déranger « pour un rien » le médecin, voire le médecin d'urgence. On peut donc gagner un temps précieux en cas d'urgence.

(050341-1)



**Figure A. Prothèse d'assistance cardiaque INCOR de l'entreprise Berlin Heart AG. La pompe implantée dans le corps du patient est surveillée par une unité de commande externe** (Graphique : Berlin Heart AG).

# Technique de la télé-médecine un exemple

L'auteur a réalisé le prototype d'un module télématique dans le cadre de son mémoire. Il offre une surveillance diagnostique par Internet d'un patient pourvu d'une prothèse d'assistance cardiaque interne et externe. Le module télématique est actuellement perfectionné par l'entreprise Berlin Heart AG et pourrait être commercialisé l'an prochain.

Le module, commandé par microprocesseur, reçoit les données de l'unité de commande de la prothèse d'assistance cardiaque (voir la **figure A**). Les informations – des paramètres comme le débit et la différence de pression dans la pompe implantée et les « événements » – sont acheminées soit par Internet, soit par le réseau de téléphonie fixe ou mobile jusqu'à un central technique, où qu'il se trouve. L'appareil est équipé pour cela de plusieurs interfaces, par exemple un modem analogique, Ethernet, RS232, Bluetooth ainsi que GPRS (General Packet Radio Service servant à envoyer des données par le réseau de téléphonie mobile). Voir la **figure B**. Une connexion PC sert à effectuer la configuration (adresse IP, etc.) ; par la suite, des données seront aussi transférées sur l'ordinateur portable du patient. La **figure C** représente l'appareil ouvert, la **figure D** le prototype dans son boîtier.

De longues recherches et une analyse du marché basées sur la fonctionnalité, la capacité mémoire et le prix ont conduit à choisir le module coeur RCM3200 de Rabbit Semiconductor comme carte de développement. Dynamic C de Z-World a servi d'environnement de programmation.

Le module RCM3200 (voir **figure E**) est équipé d'une interface Ethernet 10/100 Base-T et fonctionne à 3,3 V avec tolérance 5 V des E/S. Six ports série sont aussi disponibles. Le module est basé sur le microprocesseur Rabbit 3000 fonctionnant à une fréquence d'horloge de 44,2 MHz. Il est équipé de 512 Koctets de mémoire Flash, de 512 Koctets de SRAM pour l'exécution des programmes et de 256 Koctets de SRAM de données, d'un décodeur quadratique, de sorties PWM et de fonctions de saisie d'impulsions. Il dispose en outre d'une horloge en temps réel dont le fonctionnement



## Liens sur le Web

- [1] Rapport canadien « Office of Health and the Information Highway » : <http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/H21-168-1998E.pdf>
- [2] Health Academy, divers ouvrages, voir : [www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/DGBMT/Publikationen/Buchreihe+Health+Academy.htm](http://www.vde.com/VDE/Fachgesellschaften/DGBMT/Publikationen/Buchreihe+Health+Academy.htm)
- [3] Système Paxiva : [www.phts.de/paxiva.html](http://www.phts.de/paxiva.html)

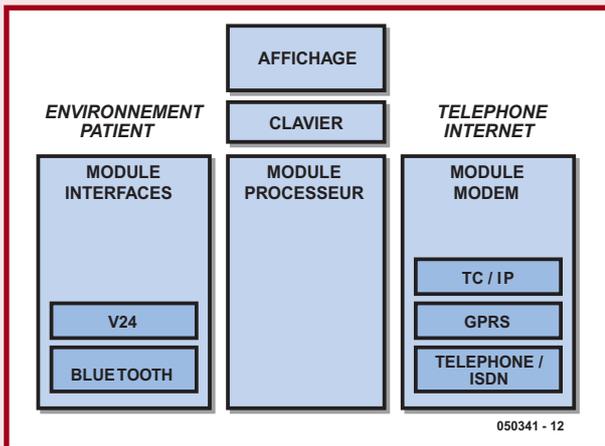


Figure B. Interfaces du module télématique.

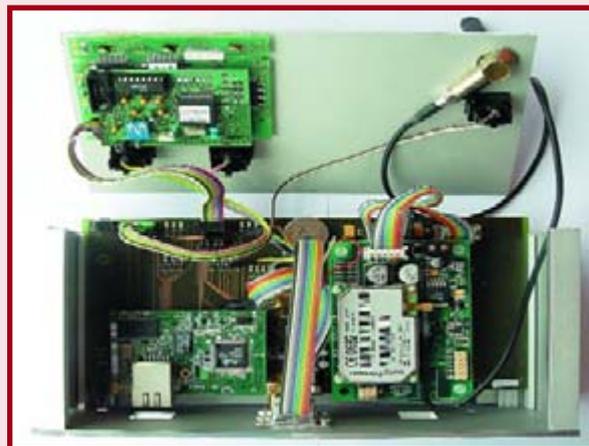


Figure C. Structure interne du prototype télématique.

est assuré par une pile et de modes « Sleepy » à faible consommation. Les fonctions Low-EMI (Electro-Magnetic Interference) suppriment presque totalement les problèmes d'EMI, un fait confirmé par les tests CE et autres d'émissions HF.

Dynamic C est un environnement convivial de développement en langage C offrant un éditeur, un compilateur et un débogueur. Les programmes peuvent être chargés et débogués au moyen d'un câble ; il est superflu de disposer d'un émulateur intégré dans le circuit. Les bibliothèques incluses (pile TCP/IP, interfaces série, etc.) qui raccourcissent considérablement la durée de réalisation constituent encore un avantage de Dynamic C.

L'auteur a réussi à démontrer la faisabilité technique d'une surveillance des patients par prothèses d'assistance cardiaque. Il faut bien entendu tirer encore quelques détails au clair avant d'utiliser l'appareil dans la pratique. En particulier, la collaboration du patient, qui doit se familiariser avec l'appareil (raccordement des câbles, touches de commande, principaux messages d'erreur, etc.), est indispensable. Il faut aussi déterminer si la transmission des données est assez fiable lorsque la qualité de la liaison Internet au domicile du patient n'est pas idéale.



Figure D. L'appareil dans son boîtier.

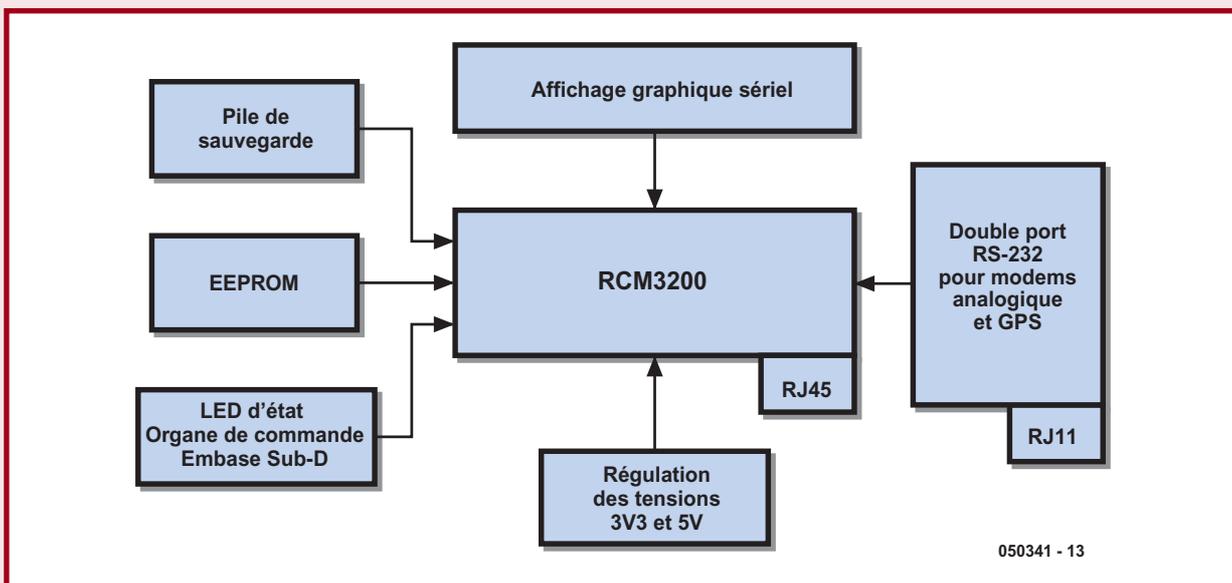


Figure E. Le « coeur » du module est un microprocesseur de Rabbit.

# GBECG

Marcel Cremmel

**Quel amateur d'électronique n'a pas projeté de relever un Électro-Cardio-Gramme (ou « ECG ») avec un appareil de sa fabrication ? Soit par curiosité technique, car les problèmes à résoudre sont nombreux pour prélever correctement l'activité électrique du cœur, soit pour permettre une surveillance médicale personnelle sous le contrôle d'un cardiologue, au même titre qu'un tensiomètre vendu dans les pharmacies.**

L'idée d'utiliser une Game Boy équipée d'une cartouche spécifique a été inspirée par le GBDSO [1] (un grand merci en passant à M. Willis pour son aide dans ce projet).

Notre ElectroCardioScope utilise 3 électrodes : une sur chaque poignet, la 3<sup>ème</sup> sur la jambe gauche. L'électronique, regroupée dans une cartouche à glisser dans n'importe quel modèle de Game Boy, traite les signaux prélevés pour faire défiler sur le LCD un ECG de très bonne qualité (cf. les différentes illustrations).

L'ElectroCardioScope met en oeuvre le procédé de M. Einthoven (cf. l'encadré de la page suivante). Il n'utilise que 2 électrodes actives, une troisième servant à fixer la tension de repos des deux premières. Il s'agit des dérivations unipolaires. Malgré cette simplicité, les résultats sont appréciables et même reconnus comme exploitables par un cardiologue. L'ElectroCardioScope répond notamment au cahier des charges initial pour lequel il a été conçu : contrôler la tolérance au médi-

cament antipaludéen.

Pour cela on mesure l'intervalle de temps QT (voir **figure 1**) qui doit rester « normal ». La figure 1 [2] met en correspondance l'activité électrique prélevée et les phases d'un cycle cardiaque :

**Onde P :** Contraction des oreillettes : le sang en provenance des veines est poussé dans les ventricules.

**Complexe QRS :** Contraction des ventricules : le sang contenu dans celles-ci est poussé dans les artères.

Ces 2 ondes provoquent le « tou-doooum » sonore du cœur.

**Onde T :** Repolarisation des ventricules : le muscle des ventricules revient au repos.

## L'électronique...

Après cette petite « injection » de culture générale, abordons notre sujet de prédilection : la description des structures électroniques du GBECG et la réalisation de la carte.

Tout comme le **GBDSO** [1] (Elektor 10/2000), l'électronique et le logiciel spécifique (en mémoire Flash) sont regroupés dans une cartouche qui se glisse dans le connecteur de la console. La Game Boy est transformée en ElectroCardioScope !

L'électronique traite la très faible tension prélevée entre les deux électrodes actives. Les dérivations unipolaires sont désignés par les noms « DI », « DII » et « DIII » suivant leurs localisations (Cf. croquis de la **figure 2**).

La dérivation la plus courante est la « DI ».

Du fait de sa faible amplitude crête à crête (de l'ordre du mV), la FEM (Force Electro-Motrice) prélevée est fortement amplifiée (x1 000 environ) avant d'être convertie en numérique sur 8 bits. La fréquence d'échantillonnage choisie est de 477,84 Hz, compatible avec le spectre d'un signal ECG.

Le signal numérique est alors pris en charge par le processeur de la console. Il est placé dans un tampon mémoire circulaire de 8 Koctets et relu pour

# ÉlectroCardioScope pour la Game Boy

## Caractéristiques :

- Cartouche compatible avec les consoles « Classic », « Pocket », « Color » et « Advance »
- Dérivations unipolaires (3 électrodes)
- Sensibilité : 1,6 mV pleine échelle
- Réjection du mode commun : 100 dB
- Mémoire de trace : 68 s
- Affichage « déroulant »
- Fenêtre temporelle : 2,6 s en mode acquisition (1,3 s ou 2,6 s en mode consultation)
- Indication sonore du battement cardiaque
- Alimentation par piles obligatoire
- Autonomie : 2 h environ

## L'ElectroCardioGramme (ECG)

Il est quasiment impossible de saisir le fonctionnement de cet Électrocardioscope sans un minimum de connaissance médicales. Nous entrons dans le vif du sujet. Tout d'abord...



### ...Un peu d'histoire...

Rendons en passant hommage à M. Willem Einthoven qui a découvert, il y a plus de 100 ans, les liens entre l'électricité et les contractions musculaires. Il a obtenu le prix Nobel en 1924 pour cette découverte.

**Willem Einthoven à l'époque où il était recteur à l'Université en 1906.**

### et un peu de biologie ...

Le coeur est un muscle autonome : il est le seul à ne pas être piloté par le cerveau. Le «noeud sinusal », situé dans l'oreillette droite, déclenche les flux nerveux qui commandent les muscles du coeur. Ceux-ci se contractent (« dépoliarisation » dans le langage médical) et se relaxent (« polarisation ») pour constituer la pompe de sang qui nous fait vivre.

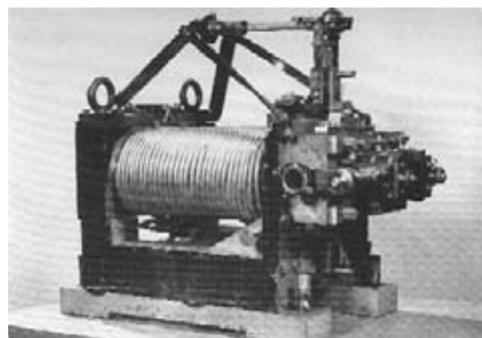
La contraction est causée par un changement de polarité électrique de chaque côté des membranes cellulaires. Pendant les phases de relaxation, les charges électriques retrouvent leur état d'équilibre avant une nouvelle excitation.

Les potentiels résultants sont transmis jusqu'à la surface de la peau. Ils peuvent alors être prélevés par des électrodes cutanées, la peau étant suffisamment conductrice.

Un placement judicieux des électrodes permet à un cardiologue de déduire le comportement mécanique du coeur (et ses défaillances!) en analysant son activité électrique.



**La technique a bien évolué. Les premiers patients plongeaient leurs mains et pieds dans des bassines remplies d'eau très salée !**



**Galvanomètre à cordes. Les branches de l'aimant en U sont enveloppées par les tubulures de refroidissement à eau (avant le PC !).** Photos : Stichting Einthoven Foundation

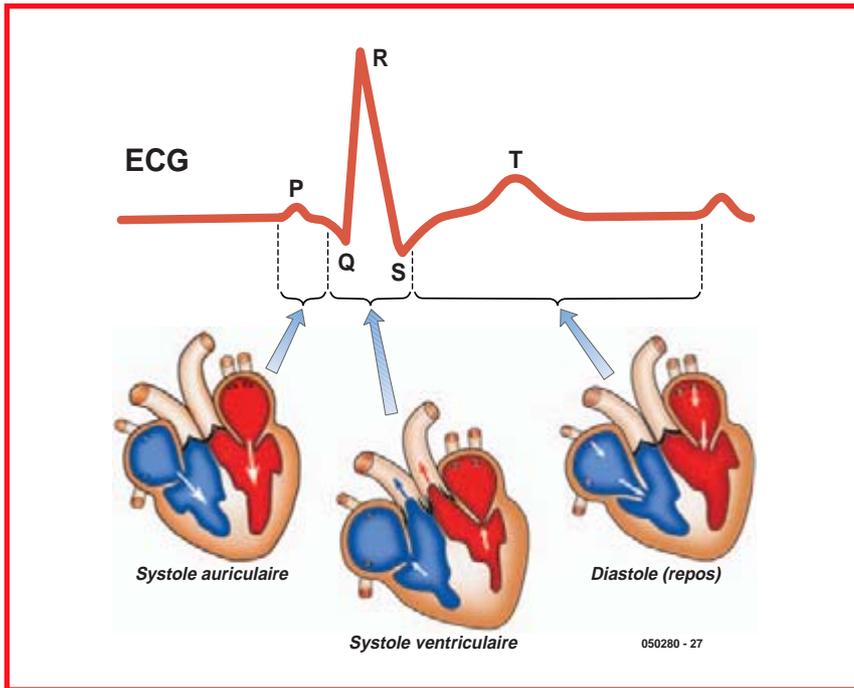


Figure 1. Relation entre l'activité électrique mesurée et les phases d'un cycle cardiaque.

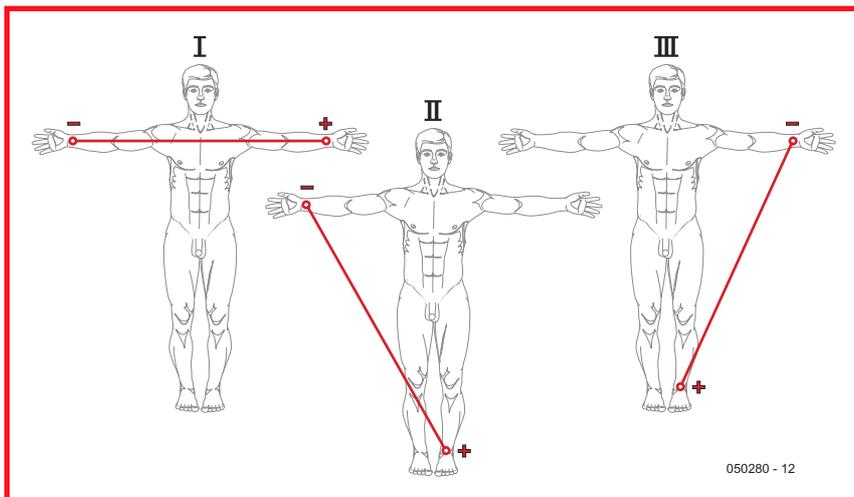


Figure 2. Ces dérivations unipolaires servent à établir l'électro-cardiogramme.

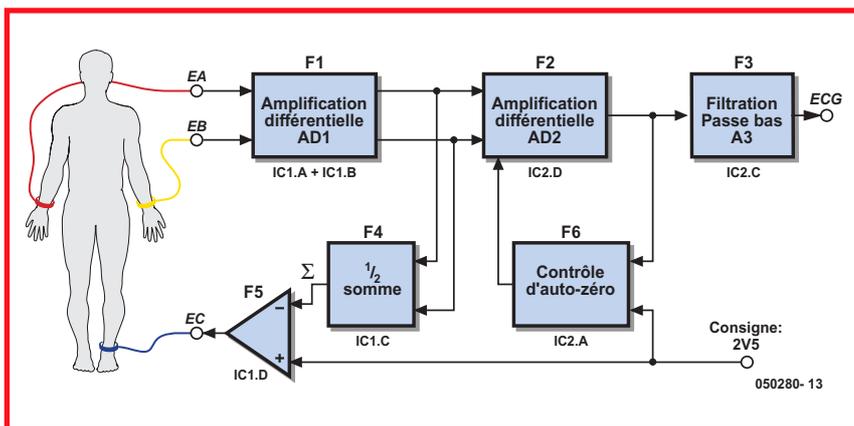


Figure 3. Synoptique de la partie analogique.

représenter l'ECG en temps réel sur l'écran, en mode « déroulant » .

**La partie analogique**

L'intérêt de l'électronicien est stimulé par les problèmes techniques à résoudre pour appliquer un signal satisfaisant à l'entrée du convertisseur analogique numérique.

*Amplificateur différentiel :*

L'amplitude crête à crête des signaux prélevés entre les électrodes est, nous le disions, très faible : 2 mV max.

Par ailleurs, le corps humain, ainsi que les fils de liaison aux électrodes, sont fortement influencés par les fortes tensions véhiculées par le câblage électrique du local. La capacité mutuelle, pourtant très faible, provoque l'apparition d'une tension par rapport à la terre relativement élevée (souvent supérieure à 1 V) malgré sa fréquence de 50 Hz.

Il semble a priori difficile d'isoler le signal utile car son amplitude est 1 000 fois plus faible que le signal « parasite » ! De plus la fréquence 50 Hz est incluse dans le spectre utile; la solution du filtrage ne peut convenir. Mais, compte tenu de la longueur d'onde du 50 Hz (6 000 km !), on peut admettre que chaque point de la peau est au même potentiel grâce à la conductivité de celle-ci. Il s'agit donc, vis à vis des électrodes, d'une tension de mode commun.

Dans ce cas la solution devient évidente : on utilise un amplificateur différentiel d'instrumentation ayant un taux de réjection du mode commun (TRMC) suffisant :

$$TRMC \geq \left[ \frac{S_p}{S_{ECG}} \right]_{dB} + \left[ \frac{S}{N} \right]_{dB}$$

Formule dans laquelle :

$S_p$  est amplitude du parasite : 1 V

$S_{ECG}$  l'amplitude ECG : 1 mV

$S/N$  le rapport signal sur bruit : 40 dB

Soit : **TRMC ≥ 100 dB.**

L'amplificateur doit en plus être caractérisé par une très forte impédance d'entrée (> 10 MΩ) et une faible tension de décalage.

De nombreux amplificateurs d'instrumentation intégrés existent (le AD624 par exemple). Ils sont très performants et ne nécessitent aucun ajustement. Mais la qualité a un coût.

Nous avons choisi de réaliser l'amplificateur différentiel à partir d'amplificateurs opérationnels (Aop) plus écono-

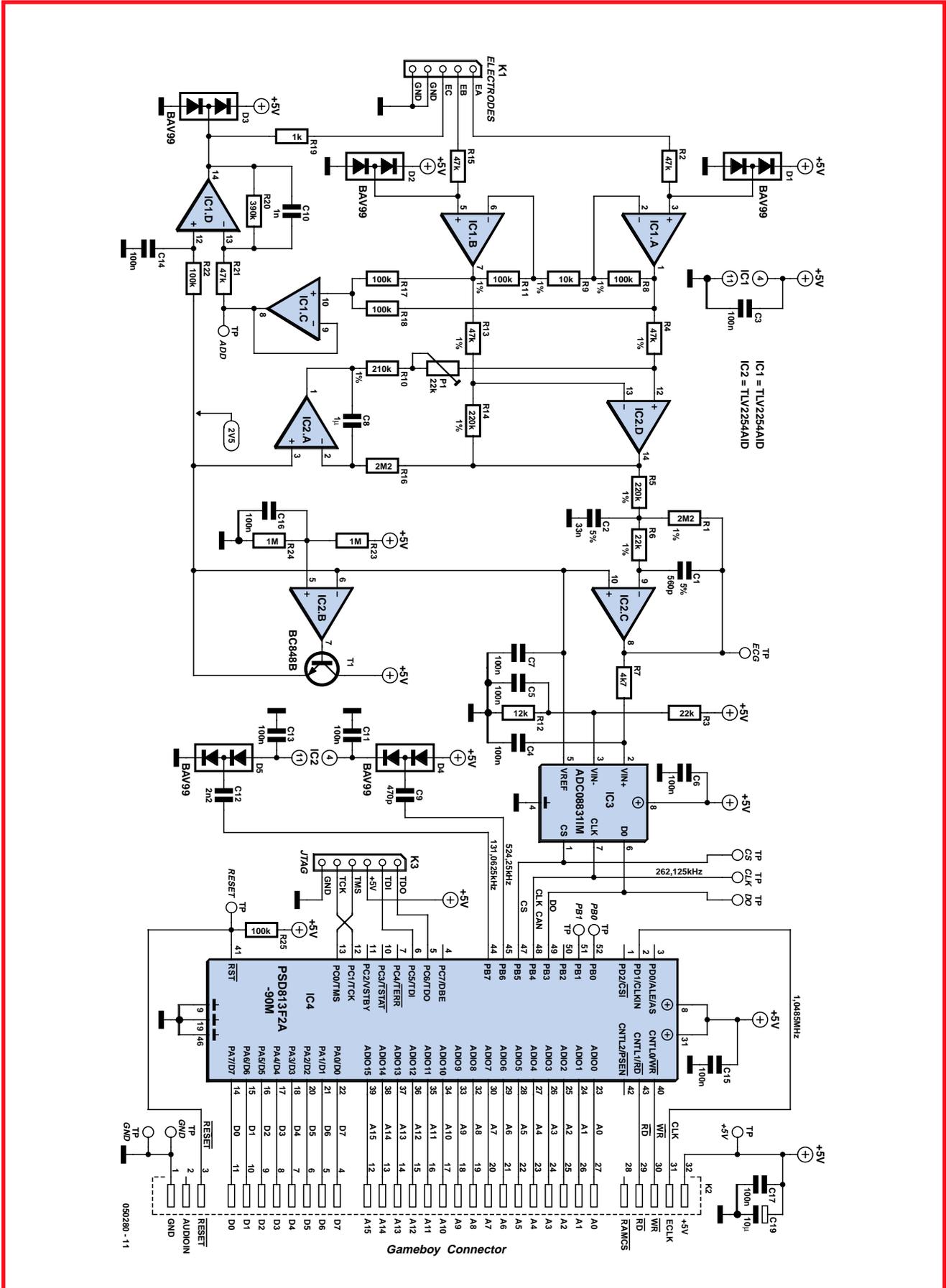


Figure 4. Le gros du travail est confié au périphérique ISP de mémoire Flash, IC4 et IC3, un convertisseur A/N, E/S série. Le traitement est l'affaire du processeur de la Game Boy.

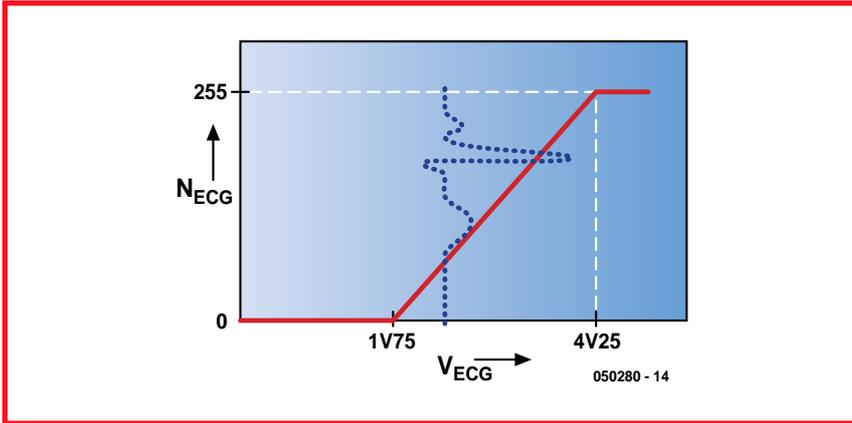


Figure 5. La fonction de transfert est déterminée par le pont diviseur R3/R12.

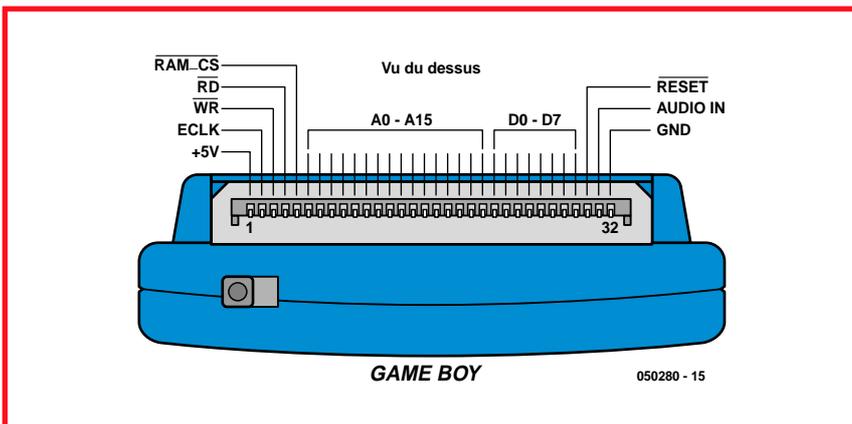
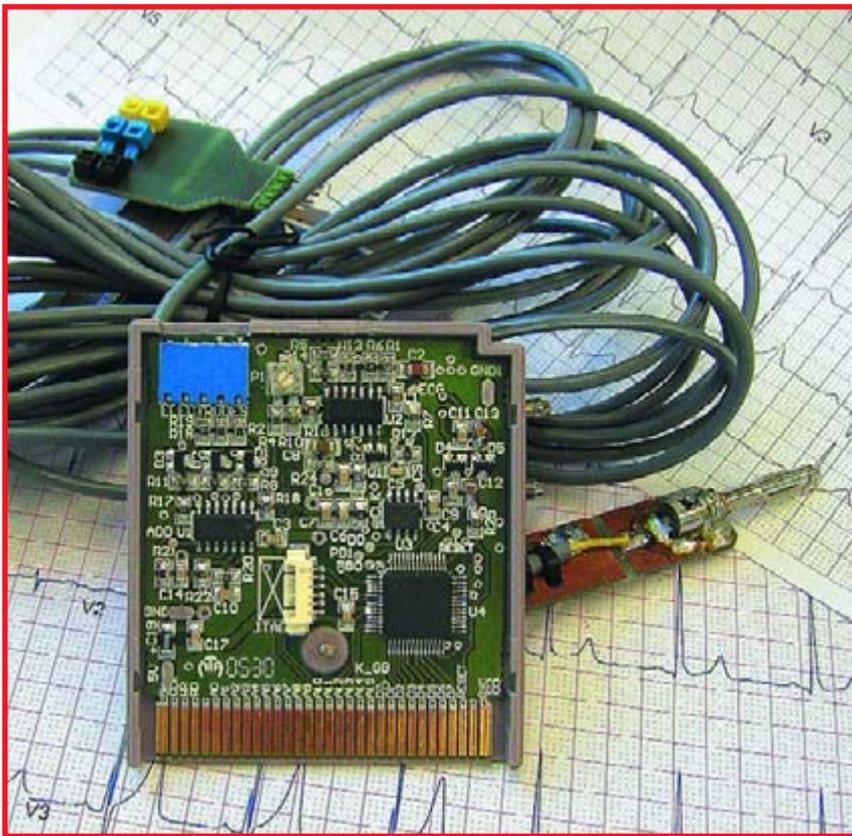


Figure 6. Brochage du connecteur de la cartouche de la Game Boy (vu du dessus).

miques. Cela a aussi permis de réduire sensiblement le prix et la consommation. De plus, ils fonctionnent parfaitement avec une alimentation unique de 5V (ce n'est pas le cas du AD624). L'inconvénient est la présence d'un potentiomètre ajustable pour optimiser le TRMC.

**Synoptique et schéma de principe**

Les figures 3 et 4 donnent respectivement le synoptique de la partie analogique et le schéma de principe complet. Les références associées à chaque fonction (ICx.y) identifient les amplificateurs opérationnels du schéma structurel réalisant la fonction. L'amplificateur d'instrumentation est constitué des fonctions F1 et F2. La fonction F3 est un filtre passe-bas du 2<sup>ème</sup> ordre, de fréquence caractéristique 170 Hz et de facteur d'amortissement  $m = 0,73$  (proche Butterworth). Il permet d'atténuer toutes les composantes hors du spectre de fréquence utile et fait office de filtre anti-repliement pour le CAN (Convertisseur Analogique/Numérique) qui suit.

L'amplification est répartie comme suit : AD1 = 21, AD2 = 4,7 et A3 = 10. L'amplification totale est de 987, conforme aux objectifs. Les autres fonctions (F4, F5 et F6) « assistent » l'amplificateur d'instrumentation pour assurer son bon fonctionnement. En effet, les amplificateurs opérationnels sont alimentés entre 0 V et 5 V. La tension de repos idéale sur chacune de leurs 3 bornes est de 2,5 V. Fixer ce point de repos n'est pas un problème dans la plupart des cas : un pont diviseur à 2 résistances convient (R23 et R24). C'est plus délicat pour les 2 amplis d'entrée car il ne faut pas détériorer leurs impédances d'entrée.

Le problème est résolu avec la 3<sup>ème</sup> électrode EC (voir figure 3) et les fonctions F4 et F5.

On montre que la tension S est égale à la demi-somme des tensions EA et EB. Elle est comparée à la consigne « 2,5 V » et la tension d'erreur amplifiée produit le signal EC. Comme il ne circule aucun courant dans les électrodes, les tensions EA et EB sont égales à EC (à quelques mV près). On réalise ainsi un véritable asservissement via la peau humaine: la moyenne des tensions EA et EB est maintenue égale à la consigne de 2,5 V. C'est le but recherché : la tension de repos des amplis d'entrée est conforme sans réduire l'impédance d'entrée.

Par ailleurs, un phénomène naturel,

mais très gênant, apparaît quand on pose les électrodes: une FEM de contact est produite entre la peau et le métal de l'électrode. Cette « micro-pile » est très faible (quelques mV) mais n'est pas éliminée par l'amplificateur d'instrumentation. Au contraire, elle est amplifiée !

Les fonctions F4 et F5 réduisent en partie ce phénomène, mais les décalages en S1 et S2 peuvent encore atteindre 1 V en différentiel. Cette valeur est inadmissible et est compensée par la fonction F6.

Celle-ci compare la valeur moyenne du signal S3 avec la consigne 2,5 V. La tension d'erreur est intégrée (constante de temps R16.C8 = 2,2 s) pour produire le signal ZERO. Cette tension continue décale le signal S3 jusqu'à ce que sa valeur moyenne se stabilise à 2,5 V.

Pour augmenter l'amplitude de cette compensation, 2 pompes à diodes (C9-D4-C11 et C12-D5-C13) produisent pour IC2 des tensions d'alimentation de -3V et +8V.

## La partie numérique

La conversion analogique-numérique est réalisée par IC3. Il intègre un vrai amplificateur différentiel, mais nécessite une tension de référence externe. Elle est simplement produite à partir de l'alimentation 5 V avec un pont diviseur (R23/R24) tamponné par T1. La précision et la stabilité sont médiocres mais largement suffisantes pour cette application. Le pont diviseur R3/R12 (cf. **figure 4**) détermine la fonction de transfert.

La dissymétrie par rapport à 2,5 V est justifiée par la forme dissymétrique d'un ECG par rapport à sa valeur moyenne.

Le CAN fournit son résultat NCG au format « série ». Il est piloté par les signaux CS et CLK : le premier déclenche la conversion (sa fréquence est de 477,84 Hz), le deuxième rythme la sortie des données sur DO.

## Le PSD813F2

Une cartouche de Game Boy s'enfiche dans un connecteur qui regroupe les bus du microprocesseur de la console :

- Adresses : A15 à A0
- Données : D7 à D0
- Contrôle :  $\overline{\text{ECLK}}$ ,  $\overline{\text{WR}}$ ,  $\overline{\text{RD}}$  et  $\overline{\text{RESET}}$

Les premières Game Boy (1989) utilisaient un microprocesseur semblable à l'ancêtre Z80, ce qui explique la taille des bus.

Les consoles les plus récentes sont équipées de processeurs bien plus puissants, mais pour des raisons commerciales, les cartouches d'hier (et d'avant-hier...) fonctionnent toujours sur les Game Boy actuelles. C'est donc aussi le cas pour notre ElectroCardioScope !

Le PSD813F2 est un circuit intégré parfaitement adapté pour réaliser une cartouche pour console Game Boy.

La place manque pour décrire toutes ses fonctionnalités (cf. [3]). En résumé (!), il intègre :

- Une interface microprocesseur configurable pour s'adapter à tous les  $\mu\text{P}$  8 bits du marché, donc le Z80,

- 2 Koctets de RAM : non utilisée.

De plus, une interface JTAG permet de reconfigurer entièrement le composant « sur circuit » via le connecteur K3, ce qui ne manquera pas d'intéresser l'amateur. L'environnement de développement PSDSoftExpress est téléchargeable gratuitement sur le site du fabricant.

Comme chacun peut le constater sur le schéma (figure 4), la liaison entre les bus de la console et le PSD813 est simple : on relie les signaux de même nom. Seule particularité qui pourrait être interprétée comme une erreur : les connexions du bus de données sont

## L'auteur

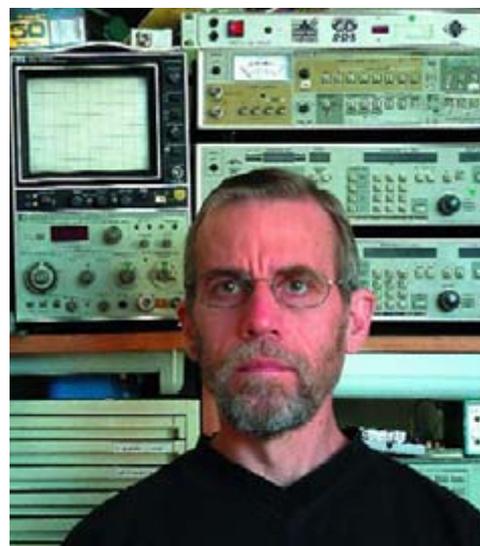
L'auteur, Mr Cremmel, est professeur agrégé en Génie Electrique, option électronique, depuis 1979 (diplôme d'état de l'Education Nationale française).

Après avoir effectué ses premières années d'enseignement dans l'école d'ingénieurs Mohammedia de Rabat au Maroc, au titre de la Coopération, il a été, en 1982, affecté au lycée Louis Couffignal de Strasbourg, dans la section BTS EL (brevet de technicien supérieur en électronique).

Sa profession lui impose de traiter tous les domaines de l'électronique avec toutefois une prédilection pour les télécommunications, la vidéo, les microcontrôleurs (MSP430 et PIC) et les circuits logiques programmables (Altera).

Avec l'électronique, son autre passion est la moto sous toutes ses formes : balades, compétitions, etc.

Son site personnel : <http://electronique.marcel.free.fr/>



- 128 Koctets de mémoire Flash (seuls 32 Koctets sont utilisés par le code objet de l'ElectroCardioScope, ce qui laisse de la place pour des extensions, ou autre chose ...),
- Une structure de logique combinatoire programmable (PLD) qui se charge du décodage d'adresse,
- Une structure de logique séquentielle programmable (CPLD) de 16 cellules. Elle se charge de la conversion « série-parallèle » des trames du CAN pour soulager la CPU et produit les signaux carrés nécessaires aux 2 pompes à diodes,
- 27 ports d'E/S configurables,

croisées ! Cela a permis de simplifier le typon. Le fichier binaire du programme est transformé en conséquence.

## Le logiciel

Le logiciel est entièrement écrit en langage assembleur. L'auteur a utilisé l'environnement « Game Boy Assembler Studio » de Nicklas Larsson. (freeware disponible sur la Toile [4]).

Le langage assembleur s'est imposé car le cahier des charges spécifie un affichage de type « déroulant » en temps réel. Cela occupe la CPU des premières consoles à plus de 80% en

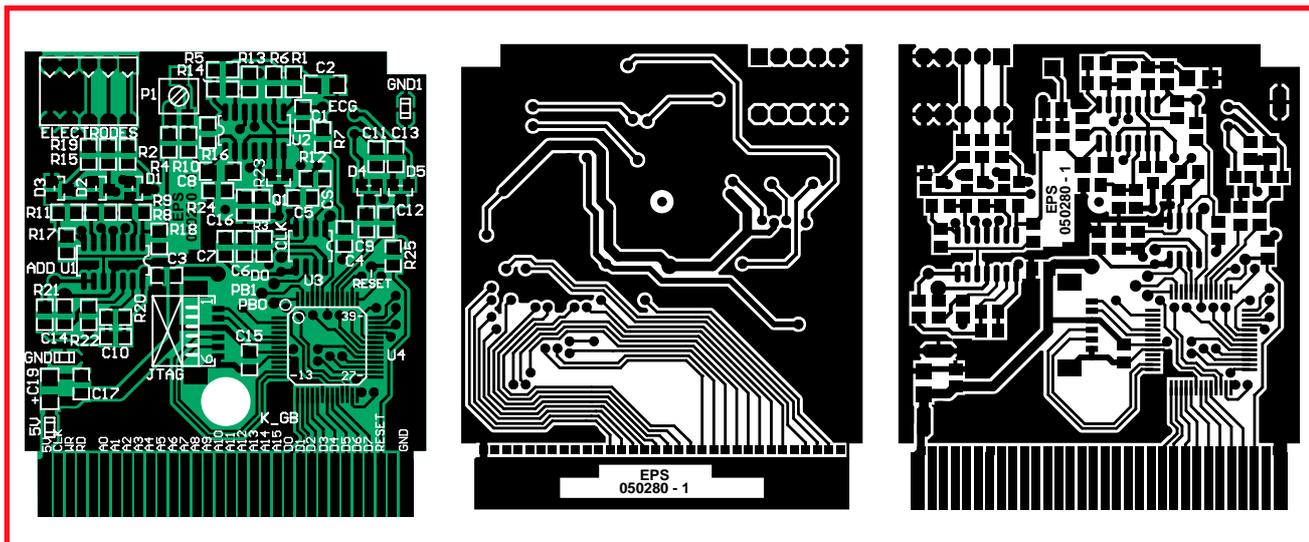


Figure 7. Dessin des pistes et sérigraphie de l'implantation des composants de la platine double face dessinée pour ce montage.  
Le soudage de IC4 est une épopée à lui seul.

raison de l'organisation de sa mémoire d'écran à l'« ancienne » (mémoire écran et mémoire caractères séparés). Le logiciel est divisé en 4 tâches :

1. Initialisations

Cette tâche est exécutée à la mise sous tension ou après une « Réactualisation » (reset),

- Affectation initiale des variables,
- Configuration des ports d'E/S,
- Initialisation du LCD. L'écran comporte 160 x 144 pixels, mais pour des raisons techniques la partie utile est réduite à 160 x 96 pixels. La

partie basse (160 x 48) est utilisée pour des messages fixes,

- Timer interne : il est programmé pour produire des interruptions au rythme de 477,84 Hz (fréquence d'échantillonnage),
- Générateur de son : il est pré-programmé pour produire un « bip » cardiaque sur commande.

2. Boucle principale

La boucle principale se contente de détecter l'action de certaines touches du clavier et de modifier le mode de fonctionnement :

- Start : mode « acquisition »
- Select : mode « stop »
- Δ : zoom x 1 en mode « stop »
- ∇ : zoom x 2 en mode « stop »

3. Programme d'interruption du timer

Cette tâche est exécutée 477,84 fois par seconde. Elle réalise les fonctions suivantes :

- Lecture « anti-rebond » de l'état du clavier,
- En mode « run » :
- déclenchement d'une nouvelle conversion,
  - acquisition du dernier échantillon

# Liste des composants

(tout en CMS, sauf K1)

Résistances :

- (0805)
- R1 = 2MΩ2/1%
- R2,R15,R21 = 47 kΩ
- R3 = 22 kΩ
- R4,R13 = 47 kΩ/1%
- R5,R14 = 220 kΩ 1%
- R6 = 22 kΩ 1%
- R7 = 4kΩ7
- R8,R11 = 100 kΩ 1%
- R9 = 10 kΩ
- R10 = 210 kΩ 1%
- R12 = 12 kΩ
- R16 = 2MΩ2
- R17,R18,R22,R25=100 kΩ
- R19 = 1 kΩ
- R20 = 390 kΩ
- R23,R24 = 1 MΩ
- P1 = ajustable 22 kΩ (Bourns 3314G)

Condensateurs :

- (0805 sauf C8 et C19)
- C1 = 560 pF/5%
- C2 = 33 nF/5%
- C3 à C7,C11,C13 à C17= 100 nF
- C8 = 1 μF (1208)
- C9 = 470 pF
- C10 = 1 nF
- C12 = 2nF2
- C18 = inexistant
- C19 = 10 μF/16 V (1208P)

Semi-conducteurs :

- IC1,IC2 = TLV2254AID
- IC3 = ADC0831IM (Analog Devices) ou TLC0831CD (Texas)
- IC4 = PSD813F2A-90M (STMicroelectronics, programmé EPS050280-41)
- D1 à D5 = BAV99
- T1 = BC848B

Divers :

- K1 = embase Molex 89882-405 type Dubox 5 contacts (Radiospares : 406-0551)
- Pour la programmation :

K3 = embase Molex 6 contacts 1,25 mm 53261-0671 (Radiospares : 342-1501)

[En option] Pour réaliser le cordon de liaison avec le programmeur FlashLink :

connecteur Molex 1,25 mm femelle 6 contacts ( Radiospares 279-9178) 6 fils avec broches serties pour connecteur Molex (Radiospares 279-9544)

Électrodes :

Les ventouses ou les pinces sont vendues dans les magasins spécialisés en matériel médical  
barrette SIL 5 contacts  
fiches 4 mm (3x)  
6 m de câble blindé « audio »

Produits disponibles :

Platine 050280-91 (platine dotée de ses composants et testée)

On trouvera sur le site Elektor (www.elektor.fr) de nombreux documents relatifs à ce montage mis à la disposition de nos lecteurs par l'auteur.

(résultat de la conversion précédente),

- tous les 4 échantillons (soit 119,46 fois par seconde)
- calcul de l'« échantillon moyen » = moyenne des 4 derniers échantillons
- détection de l'onde R pour déclencher le « bip » cardiaque
- affectation du tampon circulaire de 8 Koctets avec l'échantillon moyen.

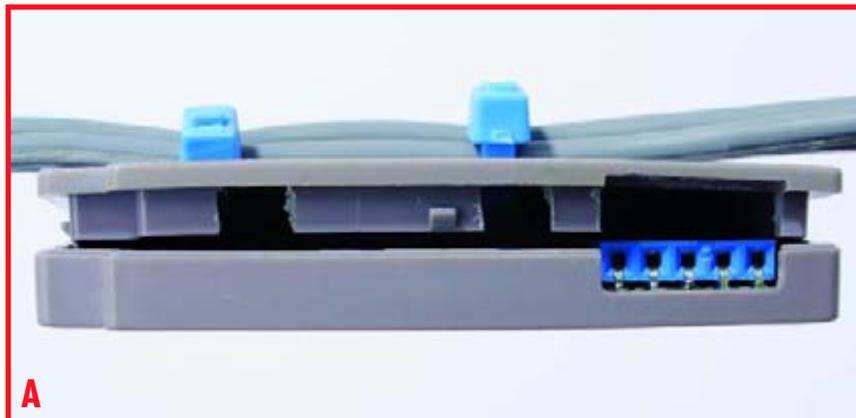
#### 4. Programme d'interruption, V-Blank

Cette interruption est provoquée à la fin de chaque balayage vertical du LCD. Le rythme est :  $F_v = 59,73 \text{ Hz}$ ; soit tous les 2 échantillons moyens.

Le programme se charge du rafraîchissement de l'affichage.

- Mode « **run** » : le LCD représente 1280 échantillons (soit 320 valeurs d'échantillonnage moyennées) du tampon circulaire, ce qui donne un tracé des dernières 2,68 s sur la largeur de l'écran
- Mode « **stop** » : suivant la valeur du zoom : x1 ou x2, le LCD représente les 320 ou 160 derniers échantillons, ce qui donne un tracé des dernières 2,68 ou 1,34 s sur la largeur de l'écran.

En mode « **stop** », le programme détecte aussi l'action sur les touches  $\triangleright$  ou  $\triangleleft$  pour se déplacer dans la



mémoire d'écran.

Pendant l'affichage du tracé de l'ECG, le programme dessine les échelles verticale et horizontale. Cette dernière se déplace avec le tracé pour améliorer la lisibilité.

Le source du programme est disponible sur le site d'Elektor (**050280-11.zip**). Toute amélioration est la bienvenue.

### La réalisation

L'utilisation de composants CMS est incontournable. En effet, la face inférieure de la carte doit être parfaitement lisse (donc pas de pattes traversantes)

pour qu'elle puisse prendre place dans un boîtier de cartouche.

Tous les composants ont une taille permettant le soudage manuel, sauf le PSD813. L'écartement de ses broches n'est que de 0,65 mm (boîtier PQFP52), soit la moitié d'un boîtier SO14 !

Nous vous proposons pour cette raison d'acquérir la carte toute montée avec le PSD813 programmé (cf. l'encadré correspondant) pour un prix abordable.

Il vous reste à récupérer un boîtier de cartouche et à découper légèrement ses 2 demi-coquilles.

La **photo A** illustre les découpes à réaliser.

## Les électrodes

Un bon ECG ne sera obtenu qu'avec de bonnes électrodes, bien placées et bien câblées.

Pour limiter l'influence des signaux indésirables, il est recommandé d'utiliser des câbles blindés. Du point de vue électrique, les câbles « audio » réalisent parfaitement cette fonction, mais ils sont beaucoup trop fragiles. Nous vous proposons donc de réaliser des petits adaptateurs sur lesquels des serre-câbles éliminent pratiquement tous les risques de rupture (cf. **figure F**).

Vous aurez remarqué que le blindage n'est relié que du côté cartouche et qu'il est isolé du côté électrode pour éviter tout contact avec la peau.

Les fiches de type « 4 mm » permettent d'utiliser des électro-

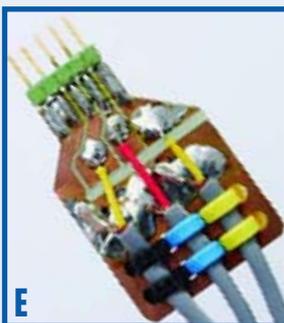
des commerciales (**figure G**).

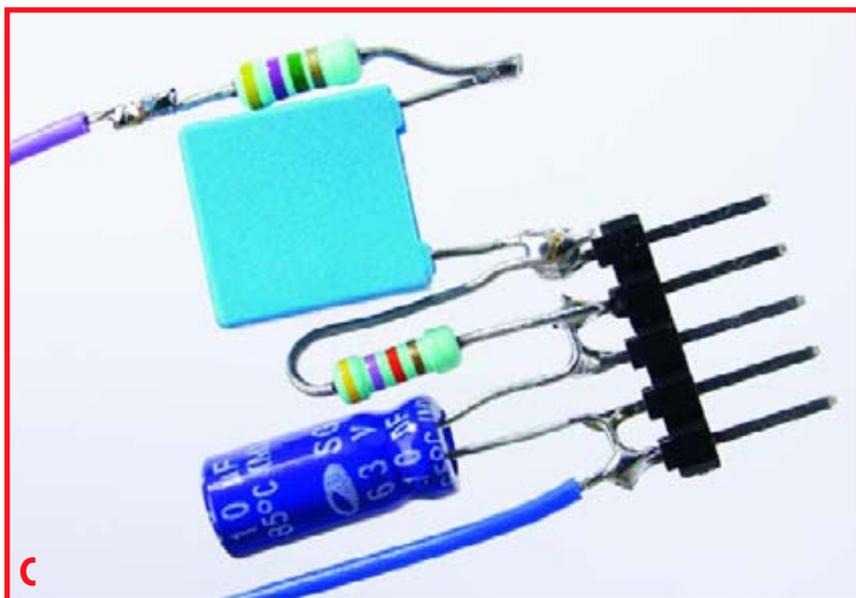
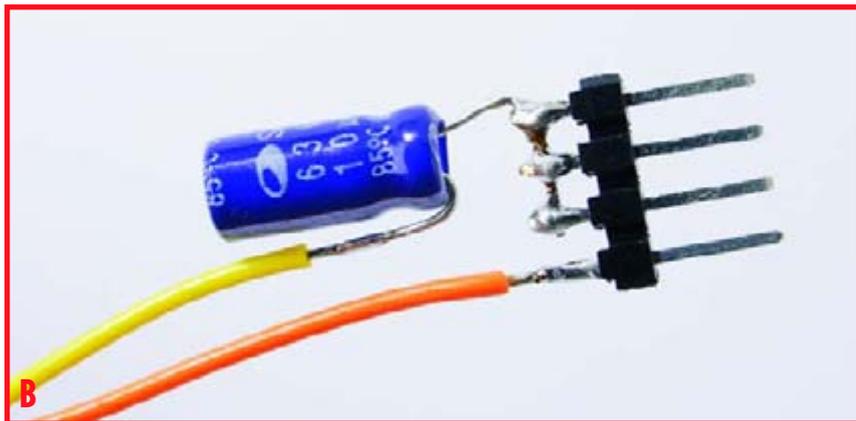
La pince est très pratique et adaptée aux enfants. Mais les prix de ces 2 électrodes risquent de décourager de nombreux lecteurs (plus de 10 € l'unité et il en faut 3 !).

On pourra alors les réaliser avec des pièces d'une ancienne monnaie (avant l'euro) comme l'illustre la photo ci-contre.

Utilisez des pièces à base de nickel (1 FF, 1 Florin ou 1 Mark par exemple). Soudez une douille 4 mm et l'électrode (**figure H**) est prête à l'emploi.

Trois bracelets élastiques les maintiennent en place sur les poignets et le bas du mollet. Ces bracelets peuvent être confectionnés en coupant du ruban pour bretelles à la longueur adéquate et en collant de la bande « velcro » auto-adhésive aux 2 extrémités. On peut aussi utiliser des tranches de chambres à air de moto ou scooter.





**Réglage**

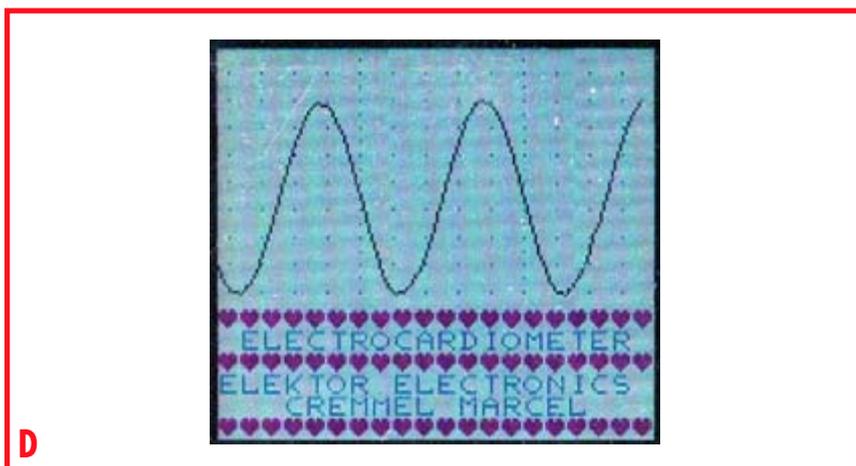
Le seul réglage consiste à optimiser le TRMC de l'amplificateur différentiel. Il vous faut pour cela un générateur de fonction et un oscilloscope ou un voltmètre AC.

Commencer par réaliser l'accessoire de mesure de la **figure B** (le condensateur

a une capacité de 10 µF/16 V). De haut en bas: EA, EB, EC, GND.

Enfichez l'accessoire dans l'embase K1 en respectant l'orientation et connectez le générateur. On injecte ainsi un stimuli de mode commun.

Réglez le générateur : sinus 50 Hz d'amplitude 1 V. Insérez dans la



Game Boy la cartouche débarrassée de sa demi-coquille supérieure pour accéder au point test ECG.

Mettez sous tension et mesurez la composante AC du signal ECG.

Ajustez alors P1 pour minimiser l'amplitude crête à crête. Celle-ci doit être inférieure à 25 mV pour obtenir un rapport S/B supérieur à 40 dB.

**Contrôle final**

Cette étape n'est pas nécessaire. Elle permet de s'assurer du bon fonctionnement de l'électro-cardioscope en injectant un stimuli et en vérifiant le résultat sur l'écran.

Les générateurs de signaux de laboratoire sont pour la plupart incapables de produire les niveaux très faibles nécessaires pour ce contrôle. Il faut donc atténuer fortement le signal du GBF. C'est ce que réalise l'accessoire suivant de la **figure C**. GND en bas. Violet + IN.

Le signal est divisé par 100.

Ainsi, si on injecte un signal sinusoïdal de fréquence 1 Hz et d'amplitude 140 mV<sub>CC</sub>, on devrait l'observer sur l'écran du LCD tel que représenté en **figure D**.

La sinusoïde est alignée sur le 1<sup>er</sup> pointillé et a une amplitude C.C. de 7 divisions, soit 7 x 200 µV = 1,4 mV.

L'embase K1 sur la cartouche n'est pas très robuste. Pour limiter les risques de déformation ou même d'arrachement, maintenez les 3 câbles blindés au couvercle de la cartouche avec 2 serre-câbles comme l'illustre la **photo E**.

Les serre-câbles que nous avons utilisés ne touchent pas les composants internes. Ils nécessitent 4 trous de 2 mm qui ne fragilisent pas la coquille.

(050280-1)

**Nous tenons à remercier les Prof. Schali j et Maan de l'Hopital Universitaire de Leiden pour leur aide précieuse.**

**Bibliographie :**

[1] GBDSO, Elektor n°268 et 269, octobre et novembre 2000, pages 50 et 8 respectivement

**Références et liens Internet :**

- [1] <http://chem.ch.huji.ac.il/~eugenik/history/eindhoven.html>
- [2] [www.e-cardiologie.com/examens/ex-electro2.shtml](http://www.e-cardiologie.com/examens/ex-electro2.shtml)
- [3] [www.st.com/stonline/products/](http://www.st.com/stonline/products/)

## Attention

L'électrocardioscope ne possède aucun agrément médical et n'est donc pas destiné à un usage professionnel.

Il doit toujours être alimenté par piles pour respecter la classe de protection III.

## Mode d'emploi

### Placement des électrodes

Il est impératif de bien nettoyer la peau et les électrodes avec un tampon imbibé d'éther ou d'alcool. On limite ainsi considérablement les FEM de contacts qui peuvent saturer les amplificateurs.

La dérivation standard est la « DI » :

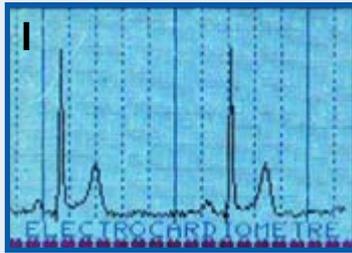
- électrode EA : poignet droit
- électrode EB : poignet gauche
- électrode EC : pied gauche (bas du mollet)

L'utilisation de produits « contacts » à base de chlorure de potassium améliore sensiblement la qualité des relevés.

Les meilleurs ECG seront obtenus sur un patient couché et calme pour que le seul muscle en action soit le cœur.

### Exploitation

- Mise sous tension : affichage de l'écran de bienvenue.
- Passer à l'écran d'acquisition : appuyer sur Start, A, B ou Select.



- Acquisition de l'ECG : si les électrodes sont bien placées et que le patient est tranquille, le relevé doit se stabiliser en quelques secondes et ressembler à celui illustré en **figure 1**.

Ne prenez pas cet ECG comme une référence, les formes peuvent différer sensiblement d'un individu à l'autre.

Si aucune trace n'apparaît au bout d'une trentaine de secondes, nettoyez la peau en contact avec les électrodes avec un tampon imbibé d'éther ou d'alcool.

L'irrégularité du tracé peut être réduite par l'utilisation d'un produit « contact » .

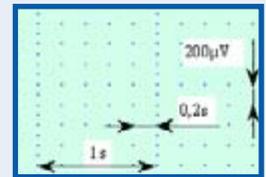
- Mode stop : une action sur le bouton « Select » arrête l'acquisition. On peut alors analyser la mémoire qui contient 68,6 s d'ECG.

△ : zoom x 1

▽ : zoom x 2 (voir ci-contre)

▷ : Déplacement en avant

◁ : Déplacement en arrière



Echelles (zoom 1x)

Un « bip » sonore est produit à chaque onde R détectée. Le volume est réglable avec le bouton dédié de la console.

**Attention :** La mémoire d'écran est effacée à la coupure de l'alimentation.

[4] [www.devs.com/gb/](http://www.devs.com/gb/)

Documents complémentaires et sources du programme sur

[www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

[www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph.php3?Ref=128](http://www.infoscience.fr/histoire/biograph/biograph.php3?Ref=128)

Fiche de caractéristiques du PSD813

[www.st.com/stonline/products/literature/ds/7833.pdf](http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/7833.pdf)

Fiche de caractéristiques du

ADC08831IM

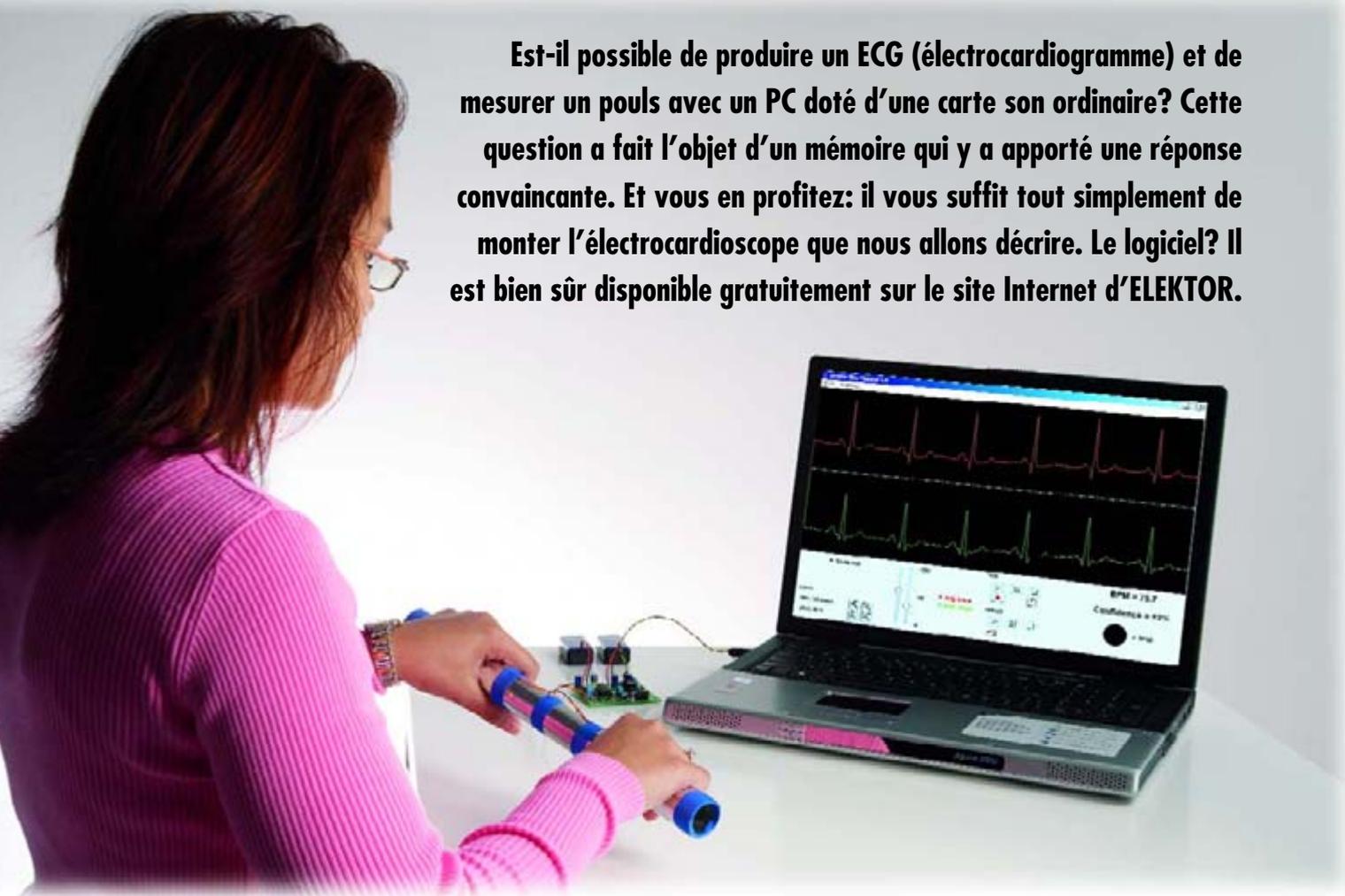
[www.ortodoxism.ro/datasheets2/6/Orcoik1yuwhx1dj2ogg8wid7sfcy.pdf](http://www.ortodoxism.ro/datasheets2/6/Orcoik1yuwhx1dj2ogg8wid7sfcy.pdf)



# Carte-son pour Traitement de signal biophysique

Martin Klaper

**Est-il possible de produire un ECG (électrocardiogramme) et de mesurer un pouls avec un PC doté d'une carte son ordinaire? Cette question a fait l'objet d'un mémoire qui y a apporté une réponse convaincante. Et vous en profitez: il vous suffit tout simplement de monter l'électrocardioscope que nous allons décrire. Le logiciel? Il est bien sûr disponible gratuitement sur le site Internet d'ELEKTOR.**



Il n'est pas nécessaire de disposer d'un Gameboy (voir l'autre article de ce numéro sur le sujet) pour tracer un ECG. Nous pouvons le faire avec une carte son ordinaire ou en passant par l'entrée son d'un ordinateur portable. Il ne nous faut qu'un capteur (**figure 1**) qui, dans le cas le plus simple, se composera d'un tuyau dont les deux extrémités constitueront les surfaces de contact tenues par le sujet de l'expérience (objet de la mesure) comme les poignées d'un guidon de vélo. Comme

le signal à mesurer est assez faible, nous l'amplifions 1 000 fois avant de l'appliquer à l'entrée son de l'ordinateur. La suite du traitement est à la charge d'un programme JAVA qui met le signal en forme à l'aide de filtres numériques, l'enregistre et l'affiche. Le programme surveille également les pulsations et détermine automatiquement la fréquence du pouls dont il donne une image numérique et sonore. Il vous permet d'enregistrer les mesures effectuées dans un fichier pour les analyser plus

tard. Le programme peut également traiter et représenter des jeux de données de test de banques de données médicales que propose Internet [1].

## ECG

L'article sur l'ECG à Gameboy de ce numéro traite de façon plus détaillée des potentiels qui commandent l'activité du muscle cardiaque. On peut mesurer et enregistrer ces potentiels en posant des électrodes à la surface du

# ECG

## sur PC

corps. On appelle électrocardiogramme (ECG) le tracé sur papier du résultat. La **figure 2** représente un ECG typique. L'allure de ce tracé peut permettre au médecin qui l'interprète de détecter des anomalies. Nous n'avons pas toutefois pas la prétention de fabriquer un instrument de diagnostic mais de mesurer quelque chose, certes lié à l'activité cardiaque, mais qui restera pour nous une mesure et rien de plus. On représente généralement un ECG avec une avance de 25 mm/s. Cette vitesse correspond à un balayage de 40 ms par millimètre. Les tensions sont calibrées de telle façon que 1 millivolt correspond à une déviation verticale de 10 mm. Chaque carré de 1 mm correspond à 0,04 s et à 0,1 mV de tension. A certains points caractéristiques de la courbe d'ECG sont affectées des lettres [2]. La distance entre deux pics « R » de la figure 2 correspond précisément à l'intervalle entre deux pulsations. Nous avons ainsi la période d'un signal cardiaque dont nous pouvons tirer la fréquence du pouls, mesurée en nombre de battements par minute (beats per minute, BPM). L'ordinateur affichera ce nombre et émettra (si vous le souhaitez) un signal sonore à cette fréquence. Vous pourriez vous servir de cette fréquence comme valeur de mesure pour un vélo d'appartement. Un asservissement comparerait cette valeur à une consigne et réglerait le frein de façon à obliger le cycliste à pédaler à pouls plus ou moins constant. Laissons de côté pour un autre projet cet engin de torture...

### Traitement du signal

Un ECG est une tâche en temps réel passionnante à traiter en relation avec l'ordinateur. Le logiciel s'en chargera en grande partie. Nous ne confierons au matériel, un amplificateur de mesure

## Caractéristiques techniques:

Impédance d'entrée :	> 1 M $\Omega$
Plage dynamique d'entrée:	5 mV <sub>SS</sub>
Consommation ampli de mesure:	11 mA
Consommation photocoupleur:	environ 2,2 mA
Réjection de mode commun (CMRR) :	> 70 dB
Gain :	environ 1 000 (60 dB)
Bande passante:	0,4 à 35 Hz (selon la carte son)
Durée d'enregistrement:	quasi illimitée, en moyenne 60 Koctets par minute

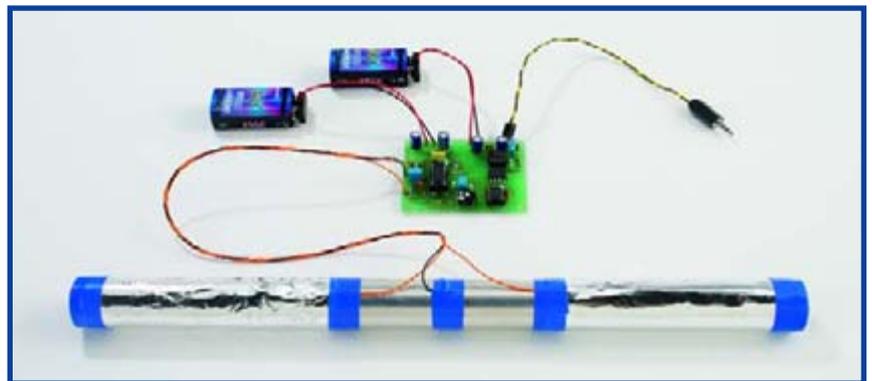


Figure 1. Le capteur de mesure des signaux cardiaques se compose, dans le cas le plus simple, d'un tube dont les deux surfaces de contact sont aux extrémités.

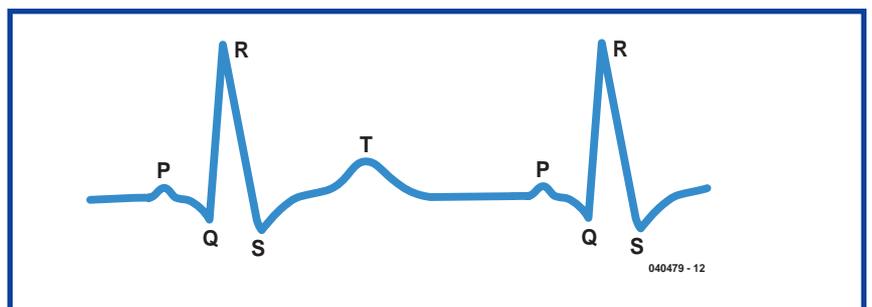


Figure 2. L'intervalle entre les pics repérés « R » du signal d'ECG correspond à l'intervalle entre deux battements.

## Sécurité

Le montage décrit ici ne doit être alimenté que par des piles. Cette règle vaut également pour l'ordinateur relié par l'intermédiaire de l'entrée de la carte son. **Il ne doit pas être relié au réseau secteur (230 V)**. Dans la pratique cela ne s'applique en fait que si vous utilisez un portable fonctionnant sur batterie. **Ne le branchez pas au secteur!**

Le montage et le logiciel ne sont pas prévus pour un usage médical mais exclusivement pour une utilisation privée, pour des exercices de mesure, par exemple.

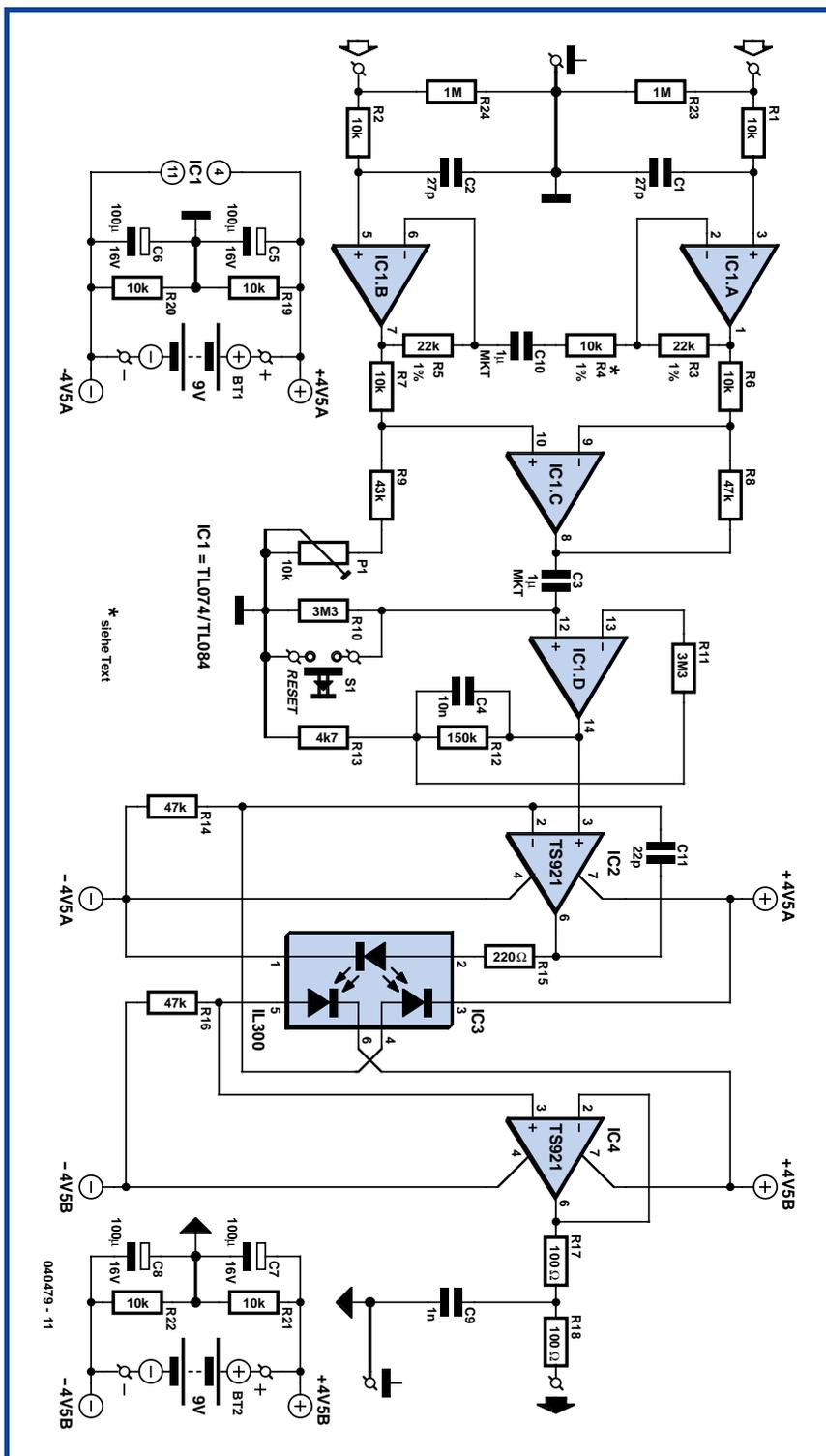


Figure 3. Le circuit de l'amplificateur de mesure est doté d'un photocopieur de séparation galvanique entre entrée et sortie.

(figure 3), que l'amplification du faible signal issu du capteur, de l'ordre du millivolt à celui du volt, la suppression des signaux de mode commun, des courants continus ainsi que des signaux de fréquence supérieure à celles qui nous intéressent. Il est nécessaire, pour obtenir un signal d'ECG

sans bruits ou, au minimum, d'une pureté acceptable, de filtrer spécifiquement les parasites. Nous l'obtiendrons par programme, à l'aide d'un filtre numérique biquad- [ratique] à réponse impulsionnelle infinie (*biquad infinite impulse response*). Ce filtre peut s'utiliser, selon sa configuration, pour cha-

cune des fonctions de filtre nécessaires, comme passe-bas, passe-haut, passe-bande et coupe-bande. Un filtre d'arrêt à 50 Hz éliminera le ronflement de la tension du secteur, un filtre passe-haut complémentaire atténuera d'autres fréquences parasites. Comme le signal est prélevé par des électrodes à la surface du corps, une composante continue variable peut se superposer au signal utile. Un filtre de blocage (DC blocking) l'arrêtera. Nous extrairons l'amplitude principale du signal d'ECG à l'aide d'un filtre passe-bande, ce qui nous facilitera l'enregistrement de la fréquence du pouls. Le programme Java est en mesure de représenter aussi bien le signal original que celui élaboré par les filtres. L'utilisateur peut commander et configurer toutes les fonctions de filtre et voir ainsi très bien leur influence sur le signal. Pour déterminer la fréquence du pouls, nous utilisons une fonction d'autocorrélation. Il est possible de déterminer la période d'un signal périodique en le comparant à lui-même.

### Amplificateur de mesure

Le montage (figure 3) se compose de deux groupes fonctionnels: l'amplificateur de mesure proprement dit, à l'entrée, et l'amplificateur séparateur à photocopieur, en sortie.

Nous amplifions le signal à l'aide du quadraple amplificateur opérationnel IC1, un TL084 ou le TL074 à faible bruit. Les amplificateurs IC1.A et IC1.B sont câblés ici en amplificateurs non inverseurs qui sont reliés aux entrées de l'amplificateur différentiel IC1.C. Vous reconnaissez ici un classique « amplificateur d'instrumentation ». Le potentiomètre P1 permet d'équilibrer et d'obtenir ainsi un maximum de réjection du mode commun. Le condensateur de liaison C3, à l'entrée de l'étage suivant, assure avec IC1.D la coupure d'une tension continue présente à la sortie de l'amplificateur d'instrumentation. Il est souhaitable que la fréquence de coupure inférieure soit aussi basse que possible, raison pour laquelle la constante de temps du réseau RC C3/R10 dépasse trois secondes – temps que prend effectivement la tension du condensateur pour se stabiliser à la mise sous tension. Si vous souhaitez réduire la durée du processus, le bouton de réinitialisation S1 vous donne la ressource de court-circuiter R10.

Le photocopieur IC3 est attaqué par IC2. Nous utilisons un TS921, amplificateur dit « rail à rail » (excursion en sortie d'une tension d'alimentation –

## Liste des composants

### Résistances :

R1,R2,R4,R6,R7,R19 à R22 = 10 k $\Omega$   
 R3,R5 = 22 k $\Omega$ /1%  
 R8 = 47 k $\Omega$   
 R9 = 42k $\Omega$   
 R10,R11 = 3M $\Omega$   
 R12 = 150 k $\Omega$   
 R13 = 4k $\Omega$   
 R14,R16 = 47 k $\Omega$   
 R15 = 220  $\Omega$   
 R17,R18 = 100  $\Omega$   
 R23,R24 = 1M $\Omega$   
 P1 = ajustable 10 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1,C2 = 27 pF  
 C3,C10 = 1  $\mu$ F/63 V au pas de 5 mm (pas d'électrochimique !)  
 C4 = 10 nF  
 C5 à C8 = 100  $\mu$ F/16 V radial  
 C9 = 1 nF  
 C11 = 22 pF

### Semi-conducteurs :

IC1 = TL074 DIP14  
 IC2,IC4 = TS921 ou TL071 DIP8  
 IC3 = IL300

### Divers :

2 ponts de câblage  
 2 x pile 9 V compacte avec connecteur à pression  
 2 x support 8 broches DIP  
 1 x support 14 broches DIP  
 Platine EPS040479-1  
 Logiciel PC avec code-source sur CD (EPS040479-81) ou à télécharger gratuitement depuis [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

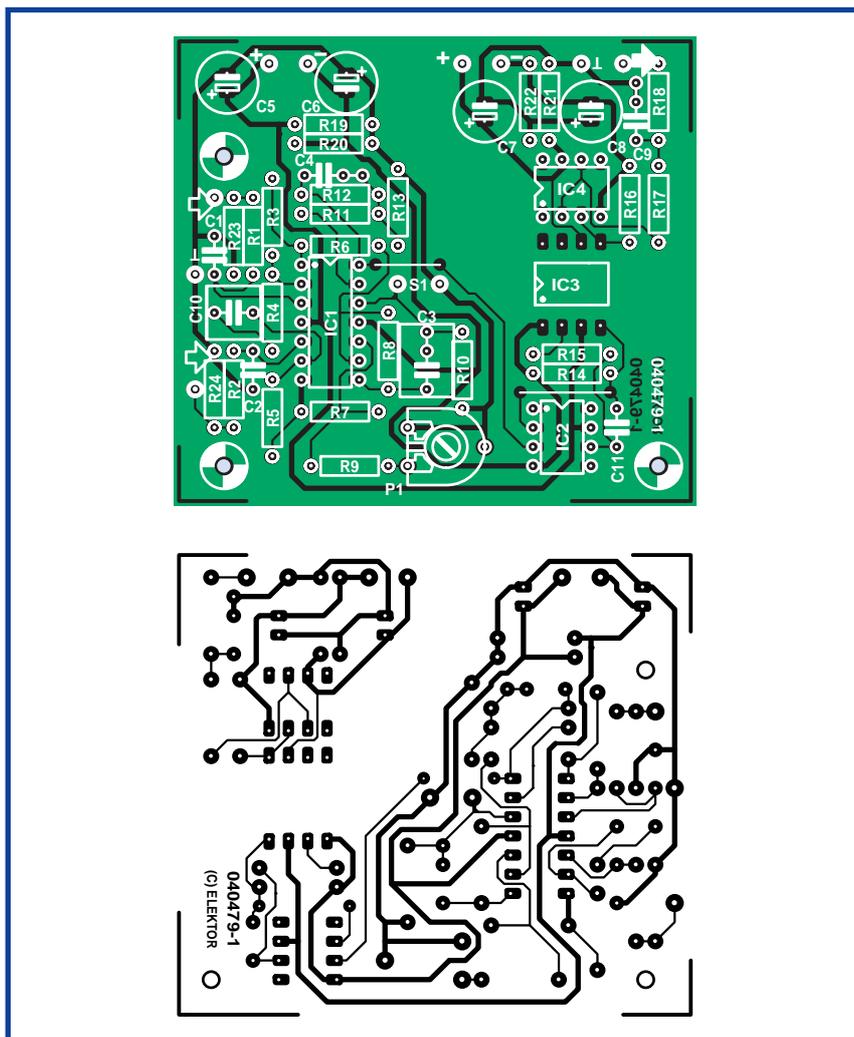


Figure 4. La platine, une seule face composants, est garantie sans CMS et n'est pas longue à garnir.

rail – à l'autre) qui peut délivrer un courant de sortie de près de 80 mA. La LED émettrice du photocoupleur n'en demande pas tant et ne prend pas plus de 2,2 mA. Le courant qui traverse la LED émettrice est réglé par l'intermédiaire du bouclage d'une des diodes réceptrices du photocoupleur sur l'entrée inverseuse de telle façon que nous ayons la même tension aux bornes de la résistance R16 (résistance de travail de la seconde diode réceptrice) qu'aux bornes de R14 – et, ainsi, la même tension que sur l'entrée non inverseuse d'IC2. Autrement dit: la tension de sortie d'IC1.D est présente aux bornes de R16 – mais séparée galvaniquement. Le condensateur C11 empêche l'étage d'osciller à haute fréquence. L'amplificateur opérationnel de sortie sert d'amplificateur tampon. Il garantit une sortie à basse impédance et, grâce aux deux résistances de 100  $\Omega$  (sur la sortie passe-bas R17/C9/R18), résistante en court-circuit.

La séparation galvanique complète entre l'entrée et la sortie de l'amplificateur de mesure est une mesure de protection supplémentaire – voir l'en-

cadre « Sécurité ». Pour la même raison, le montage est alimenté sur piles, avec piles séparées pour l'amplificateur de mesure et l'étage de sortie.

## L'auteur

Martin Klaper s'est formé à l'électrotechnique à l'ETH de Zürich. Il occupa ensuite pendant 20 ans divers emplois dans l'industrie des télécommunications. Il est, depuis l'an 2000, maître de conférence en informatique et télécommunication. Enseignant jusqu'en 2005 en Suisse du nord ouest, à l'école d'ingénieurs de Soleure (FHSO), il est depuis octobre 2005 professeur à l'école d'ingénieurs de Suisse centrale, Hochschule für Technik und Architektur (HTA), à Horw, près de Lucerne. Le projet présenté ici a commencé à la FHSO pour se poursuivre à l'HTA. L'auteur est également radioamateur actif, indicatif HB9ARK, et s'intéresse actuellement particulièrement à la radio réalisée par logiciel (SDRF, Software Defined Radio). Il est marié et père de deux enfants.



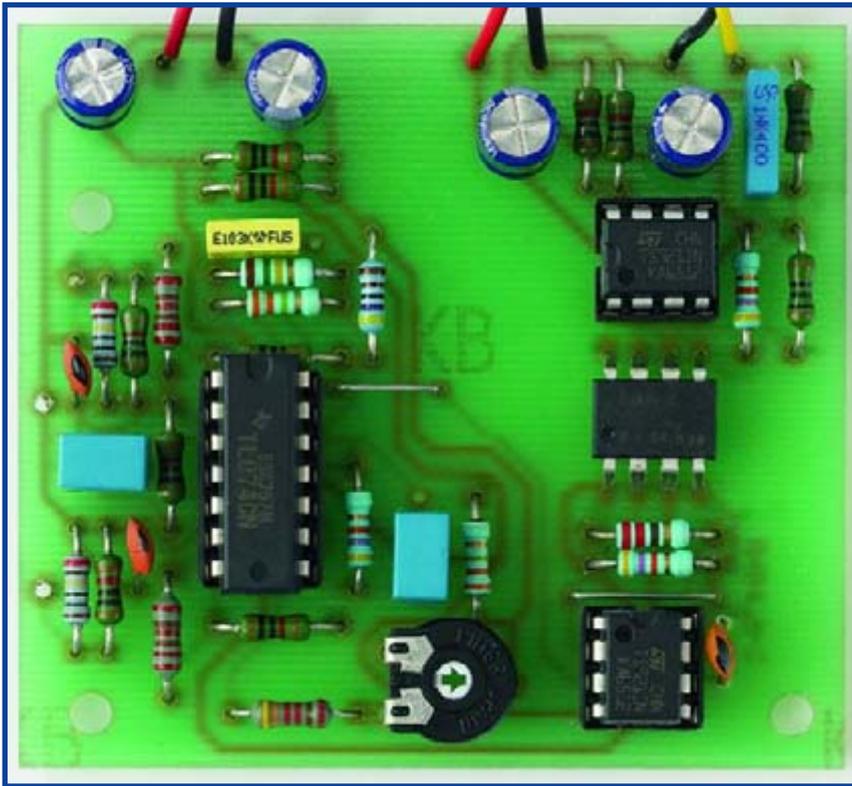


Figure 5. La platine du prototype d'ELEKTOR. Le circuit intégré sans support est celui du photocapteur dont les broches sont soudées avec un peu plus d'écartement pour une plus grande distance d'isolement.

### Montage et composants

Les petits d'abord! Il est recommandé pour les résistances R3, R4 et R5 de prendre des résistances à film métallique et faible bruit. Le condensateur C10 assure le découplage en continu de l'amplificateur d'entrée. Il évite, en cas de mouvement inopiné du sujet mesuré, que les signaux des muscles des bras (sur le capteur de la figure 1) couvrent les signaux cardiaques. Si vous utilisez, en revanche, des électro-

des autocollantes à usage unique pour ECG, remplacez le condensateur par un pont de fil.

Si vous ne pouvez pas vous procurer de TS921, un TL071 peut faire l'affaire, bien que sa plage dynamique soit malheureusement un peu plus faible. La valeur de la résistance de 43 kΩ (série E24) n'est pas critique et vous pourrez corriger un éventuel écart à l'aide de P1.

Au travail! Commencez par poser les deux ponts de fil sur la platine (fig-

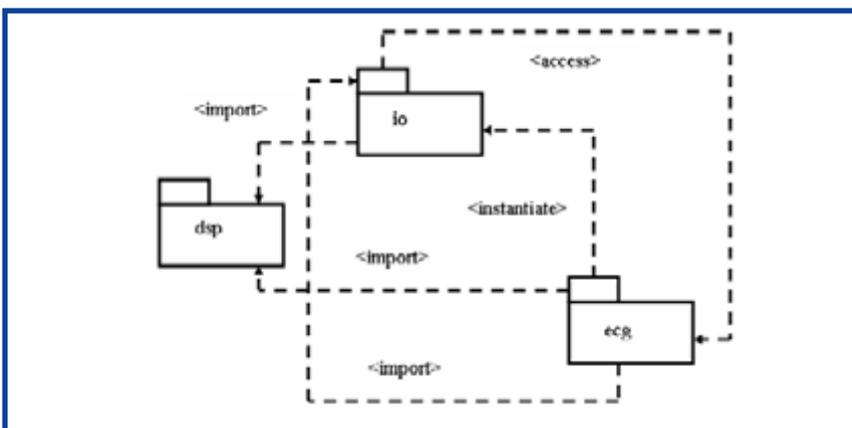


Figure 6. La structure en paquets du logiciel JAVA de traitement du signal sur le PC.

ure 4), vous aurez un problème de moins (vous ne risquez plus de les oublier, pour tout dire).

IC3 est fourni avec ses broches pliées à angle droit. Vous ne pourrez les enfiler dans les trous de la platine qu'après les avoir légèrement et prudemment dépliées (Cf. figure 5). Ce petit travail est indispensable pour garantir la distance d'isolement prescrite.

La réjection de mode commun, réglage de P1 n'est pas critique et vous pouvez commencer par pousser son curseur à mi-course. Dans la plupart des cas, cela suffira. Si vous souhaitez équilibrer au mieux, interconnectez les deux entrées de l'amplificateur de mesure et réglez P1 de façon à réduire au maximum le signal de 50 Hz (ambiant) à la sortie du circuit. Le programme Java permet la mesure du signal (Cf. figure 7).

Le capteur (sensor) utilisé par l'auteur pour les signaux cardiaques se compose de deux tubes conducteurs (tube d'acier zingué ou chromé, une conduite d'eau ou un tube d'aspirateur, par exemple), reliés ensemble par un tube isolant. Nous ne nous sommes pas compliqué la vie au laboratoire d'ELEKTOR et avons utilisé un tuyau d'un seul tenant. Nous avons recouvert les deux extrémités sur une dizaine de centimètres d'un ruban d'isolant qui constituent les poignées. Sur cet isolant, à chaque extrémité, nous avons ensuite enroulé une feuille d'aluminium qui nous a permis de fabriquer deux surfaces de contact. Le tube métallique lui-même était relié à la masse. Sur chaque surface de contact (feuille d'aluminium) nous avons bobiné une spire de fil de câblage étamé, pour le contact. Chacune de ces spires était reliée électriquement à son câble de mesure, connecté sur une des deux entrées de l'amplificateur de mesure. Si vous procédez comme nous, vous n'avez besoin ni de perceuse ni de scie pour fabriquer le capteur de la figure 1.

Branchez à la sortie de la platine un câble basse fréquence blindé doté d'un connecteur adapté à l'entrée de la ligne audio (éventuellement à l'entrée de microphone) de l'ordinateur. Il s'agit, généralement, d'un jack stéréo de 3,5 mm.

### Logiciel

Le logiciel (pour Windows aussi) est entièrement écrit en Java. Sa structure en paquet (figure 6) est entièrement orientée vers les tâches à résoudre:

- enregistrement du signal issu de la carte son (io)
- traitement du signal et filtrage des parasites (dsp)
- interface utilisateur (ecg).

La **figure 7** donne une première impression de l'interface graphique utilisateur. Elle en représente la fenêtre de programme principal et celle de paramétrage des filtres. Dans la fenêtre de programme principal, la trace supérieure correspond au signal original et la trace inférieure, au signal traité. Ces deux traces sont séparées par un axe gradué (scale). La fréquence du pouls BPM s'affiche dans le coin inférieur droit du tableau de commande, avec son degré de confiance (« *confidence* ») et la case de sélection du signal sonore (« *beep* »). Le programme lui-même est très étendu, trop pour que nous puissions le décrire ici et vous en trouverez le fichier source sur le site d'Elektor.

Le site vous propose plusieurs fichiers à télécharger. Le programme pour PC est le fichier « **ECG-MonitorV1.0.jar** ». Il vous suffit de cliquer deux fois sur son nom pour le lancer. Le suffixe « *jar* » vous indique qu'il s'agit d'un fichier exécutable Java (comparable à un fichier « *exe* » de Windows). Son exécution demande la version exécutable (*runtime*) de Java que vous trouverez en [3]. Vous pouvez également charger la version « *JRE* » (*Java Runtime Environment*) correspondant au système d'exploitation de votre PC.

## Pratique

Le montage n'est compatible qu'avec les cartes son dont la fréquence de coupure inférieure est assez basse (au minimum 0,1 Hz à -3 dB). Les entrées couplées en continu n'auront pas de problème mais la plupart sont couplées en alternatif (condensateur d'entrée). Lors d'essais au laboratoire d'ELEKTOR, le montage a fonctionné aussi parfaitement sur l'entrée son d'un vieux portable que sur celle d'autres machines plus récentes. Si vous n'êtes pas sûr, vous pouvez vérifier la réponse en fréquence de votre carte son avec le graticiel RMAA [6].

Nous avons obtenu les meilleurs résultats de mesure avec des électrodes à usage unique pour ECG vendues en pharmacie. Il est toutefois plus simple et moins cher, au lieu de coller de telles électrodes sur la peau du sujet de mesure, de lui demander de serrer le



Figure 7. Fenêtre de programme principal qui représente, en haut, le signal original, et en bas, le signal traité.



Figure 8. Les filtres biquad à réponse impulsionnelle infinie réalisés par programme se configurent dans la fenêtre « Filter Settings ».

guidon-captteur que nous avons décrit (figure 1).

La sélection du filtre (**figure 8**) permet de réduire au maximum les parasites. Avec le nombre de filtres proposés, vous avez tout loisir d'expérimenter. La filtration vous ouvre un champ d'améliorations et d'essais personnels très étendu. Vous pouvez contribuer au développement du programme mais

devez en tout cas mettre vos résultats à la disposition de tous. C'est à cette condition que le logiciel JAVA de ce projet peut être mis à la disposition de tous sous licence publique GNU.

Le programme et le code source que vous trouverez sur le site d'ELEKTOR sont accompagnés d'un mode d'emploi détaillé à télécharger.

(040479-1)

## Liens:

- [1] [www.physionet.org/physiobank/](http://www.physionet.org/physiobank/) Base de données d'ECG (Signal Archives)
- [2] [www.grundkurs-ekg.de/index.htm](http://www.grundkurs-ekg.de/index.htm) En allemand, tout ce que votre médecin doit savoir pour interpréter un ECG
- [3] <http://java.sun.com/javase/downloads/index.jsp>  
Compilateur et environnement de développement Java (JRE, JDK): Java Runtime Environment (JRE), version 5.0 actuellement (nécessaire à l'exécution du programme)  
J2SE Development Kit (JDK), Version 5.0 (nécessaire pour modifier et compiler le programme).
- [4] [www.bluej.org/download/download.html](http://www.bluej.org/download/download.html)  
Environnement de développement Java simple, avec manuel, idéal pour les débutants (en anglais): BlueJ
- [5] [www.eclipse.org/downloads/](http://www.eclipse.org/downloads/) Eclipse est un environnement de développement Java luxueux, pour professionnels.
- [6] <http://audio.rightmark.org/download.shtml> RMAA, RightMark analyseurs audio (en anglais ou en russe)
- [7] [www.dspguru.com](http://www.dspguru.com), [www.musicdsp.org/archive.php?classid=0](http://www.musicdsp.org/archive.php?classid=0)  
Divers sujets DSP (Data Signal Processing, traitement numérique du signal).

# Un bon tuyau

Jürgen Maiß

**Nous avons l'habitude de voir l'eau chaude jaillir de la conduite lorsqu'on ouvre le robinet. De nombreux foyers se livrent donc à un gaspillage énergétique aussi défavorable à l'environnement qu'au compte en banque. Notre circuit astucieux vient à la rescousse !**

La présence quotidienne d'eau chaude à la prise d'eau est assurée par la présence d'une pompe de circulation dans le circuit. L'inévitable perte de chaleur dans la tuyauterie et le fonctionnement ininterrompu de la pompe de recirculation constituent un vrai gaspillage d'énergie. Arrondissons encore les économies réalisées en isolant correctement la tuyauterie par une commande de la pompe. Celle-ci ne fonctionnera alors qu'à la demande.

Le marché offre déjà diverses commandes pour pompes de circulation. Il existe des systèmes à débitmètre réagissant rapidement mais difficiles à monter (ouverture de la tuyauterie). D'autres appareils sont basés sur le cycle de température. Ils déterminent la différence de température entre le conduit d'eau chaude et le conduit de circulation. La déviation de la valeur de consigne sert de critère de commutation. Ces systèmes sont très fiables et simples à monter. Ils ne nécessitent aucune intervention sur la tuyauterie. On ne peut leur reprocher que leur len-

teur due à l'inertie des capteurs de température. Les 2 systèmes ont toutefois une chose en commun : leur prix plutôt élevé. Le système présenté ici est basé sur des principes quelque peu différents. Un simple vibreur piézo de modèle courant fonctionne comme détecteur de bruit et capte la présence de l'écoulement dans la tuyauterie. Et voilà le critère de commutation de la commande !

## Effet piézoélectrique

On trouve des vibreurs piézoélectriques dans de nombreux circuits électroniques où ils jouent le rôle d'avertisseur. Ils sont simples à utiliser, petits et peu coûteux. Une variation de tension appliquée au cristal piézo le déforme, ce qui lui permet de produire un son. Ce processus peut être inversé : le générateur de signal sonore devient microphone. En effet, les variations de tension dues à l'application de contraintes mécaniques peuvent être saisies et traitées électroniquement.



# Commande piézoélectrique de préparation d'eau chaude

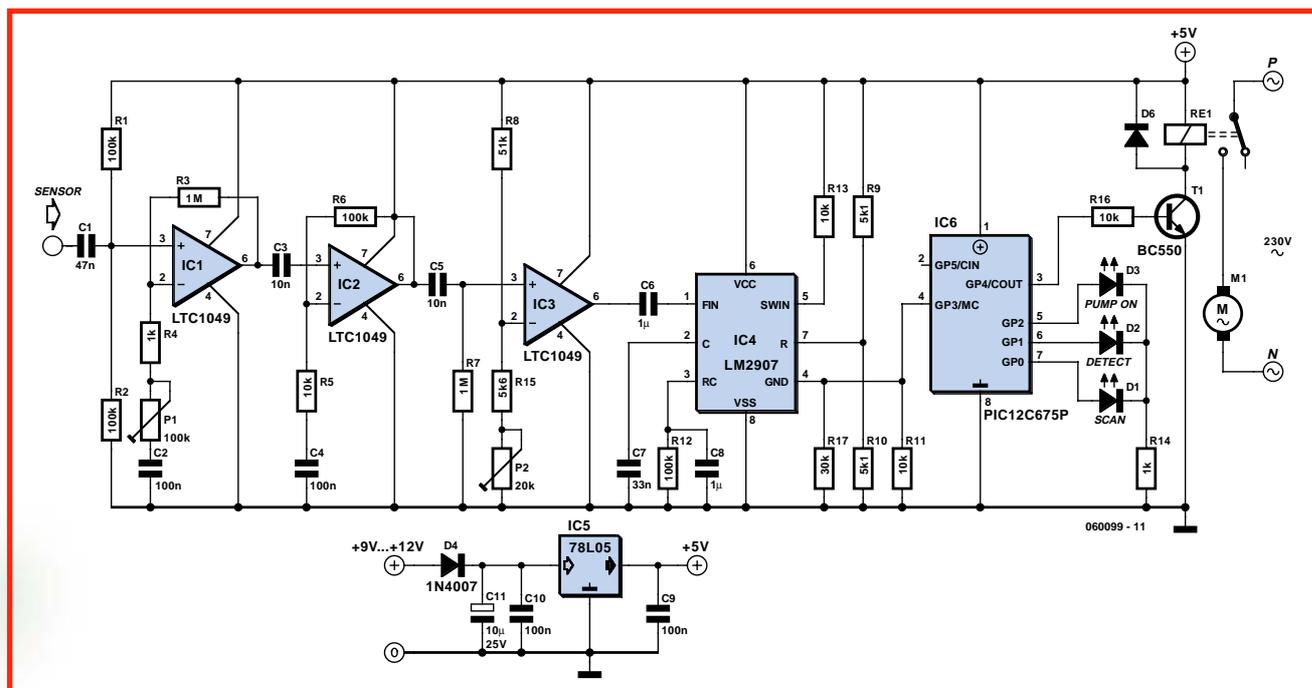


Figure 1. La commande de la pompe comporte 5 étages couplés par condensateurs.

On trouve actuellement des capteurs piézoélectriques dans les machines-outils, les voitures et les installations techniques en général. Ils y jouent le rôle de capteur de pression, de force et d'accélération dynamique.

La commande de la pompe reproduite dans la **figure 1** possède, on le voit, plusieurs blocs fonctionnels :

- un étage préamplificateur avec un gain de 10 à 1000. Le signal du capteur de l'ordre de 100 à 300  $\mu\text{V}$  parvient à l'entrée non inverseuse de IC1 par le condensateur C1. Le potentiomètre P1 permet de régler le gain de cet étage. L'amplificateur de précision LTC1049 (Linear Technology), pratiquement dépourvu de bruit, joue aussi le rôle de convertisseur d'impédance à forte résistance d'entrée pour éviter d'influencer le signal du capteur. Le signal préamplifié du capteur parvient ensuite par le condensateur de couplage C3 à un second amplificateur (encore un LTC1049 avec un

gain de 10). L'amplification totale est donnée par

$$A = [(R3 / (R4 + P1)) + 1] \cdot [(R6 / R5) + 1].$$

- Le signal amplifié, qui atteint maintenant environ 1,0 V, est envoyé à un étage comparateur par C5. Le seuil de commutation de IC3 (Surprise ! Un LTC1049) est fixé entre 0,5 et 1,55 V environ par R8, R15 et le potentiomètre P2. Une tension rectangulaire de l'ordre du kHz apparaît à la sortie de IC3 lorsque le capteur détecte un écoulement.

- Le signal rectangulaire aboutit au convertisseur fréquence-tension LM2907 (IC4) en passant par C6. Ce composant fonctionne en *speed switch mode* et engendre, lors du dépassement d'une fréquence spécifique  $f = 1 / (2 \cdot C7 \cdot R12)$ , un niveau haut qui

- sert de critère de commutation au microcontrôleur PIC16F675 en aval.

Les blocs du circuit étant interconnec-

tés par des condensateurs de couplage, il est aisé de les modifier pour d'autres applications. Le circuit d'amplification, par exemple, fait parfaitement l'affaire comme amplificateur pour micro, amplificateur pour ultrasons ou géophone. Linear Technology offre gratuitement aux utilisateurs de ses composants le logiciel de simulation convivial SwitcherCadIII. Le logiciel de projet EPS060099 contient un fichier de simulation pour ce projet.

## Logiciel et matériel

Le logiciel de la commande de la pompe est relativement simple ; il est facile de le modifier en fonction des besoins et de la destination du circuit. Le système mis sous tension est initialisé, ce qui allume successivement les 3 LED. Le clignotement de la LED SCAN à la broche 7 du contrôleur indique que l'appareil se trouve en mode de surveillance. Un niveau haut à la sortie de mise en forme analogique du signal ? Le microcontrôleur le

détecte à la broche 4 et allume la LED FLOW-DETECT à la broche 6. Le contrôleur élimine la plupart des fausses alertes en vérifiant après environ 3 s que le signal est toujours présent. Si cela est le cas, les LED FLOW-DETECT, PUMP-ON et la sortie broche 3 deviennent actives. Cette dernière maintient le relais actif pendant 50 s. Il suffit d'ouvrir brièvement (3 s) le robinet d'eau chaude pour mettre en marche la pompe de circulation. Il faut ajuster les délais de commutation dans le logiciel selon la longueur et la nature de la tuyauterie. C'est pourquoi le logiciel du projet contient – outre le fichier HEX de programmation du contrôleur – le code source en BASIC.

**Montage et mise en service**

L'image du titre nous apprend que l'auteur a monté le matériel en technique CMS pour que la carte puisse tenir dans un boîtier de petite taille. Cela n'est toutefois pas indispensable, d'autant plus que le contrôleur devrait être logé dans un boîtier DIL normal permettant de le reprogrammer facilement. Un mastic silicone sanitaire transparent se prête bien au montage du capteur au dos du boîtier. Trois ou quatre petits points de collage sur le rebord du capteur suffisent amplement. La **figure 2** indique comment 2 attaches de câble permettent de fixer le petit appareil au tuyau d'eau chaude.

Le contrôleur commute la pompe de recirculation à l'aide d'un étage à transistor et un relais approprié. Comme on peut le voir, le relais est inséré dans le conducteur de phase. Nous avons à faire à la tension du secteur. Le relais et toutes les connexions doivent donc offrir une protection contre les contacts accidentels et être montés conformément aux dispositions du VDE ou d'un organisme équivalent. Placez les 2 potentiomètres en position médiane pour la mise en service initiale. Le gain sera de l'ordre de  $A = 500$  (potentiomètre P1) et le seuil de commutation du signal d'environ 1,0 V (potentiomètre P2). Ouvrons alors le robinet d'eau chaude et ajustons l'amplification initiale du signal avec P1 pour que le circuit détecte le bruit d'écoulement. (butée gauche du potentiomètre = gain maximum). On peut aussi – si nécessaire – diminuer ou augmenter le seuil de commutation de l'amplitude du signal.

(060099-1)



**Figure 2.** Le boîtier avec le capteur collé à plat est fixé fermement au tuyau d'eau chaude par 2 attaches de câble.

**Liens :**

**Fiche technique LTC 1049 :**

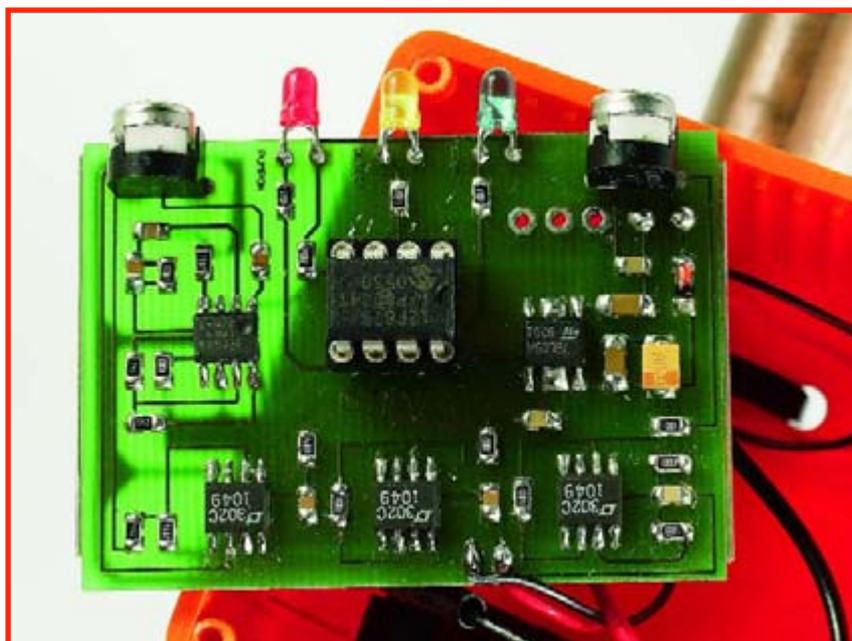
[www.linear.com/pc/downloadDocument.do?navId=H0,C1,C1154,C1009,C1027,P1189,D3403](http://www.linear.com/pc/downloadDocument.do?navId=H0,C1,C1154,C1009,C1027,P1189,D3403)

**Programme de simulation :**

<http://ltspace.linear.com/software/swcadiii.exe>

**Fiche technique LM2907 :**

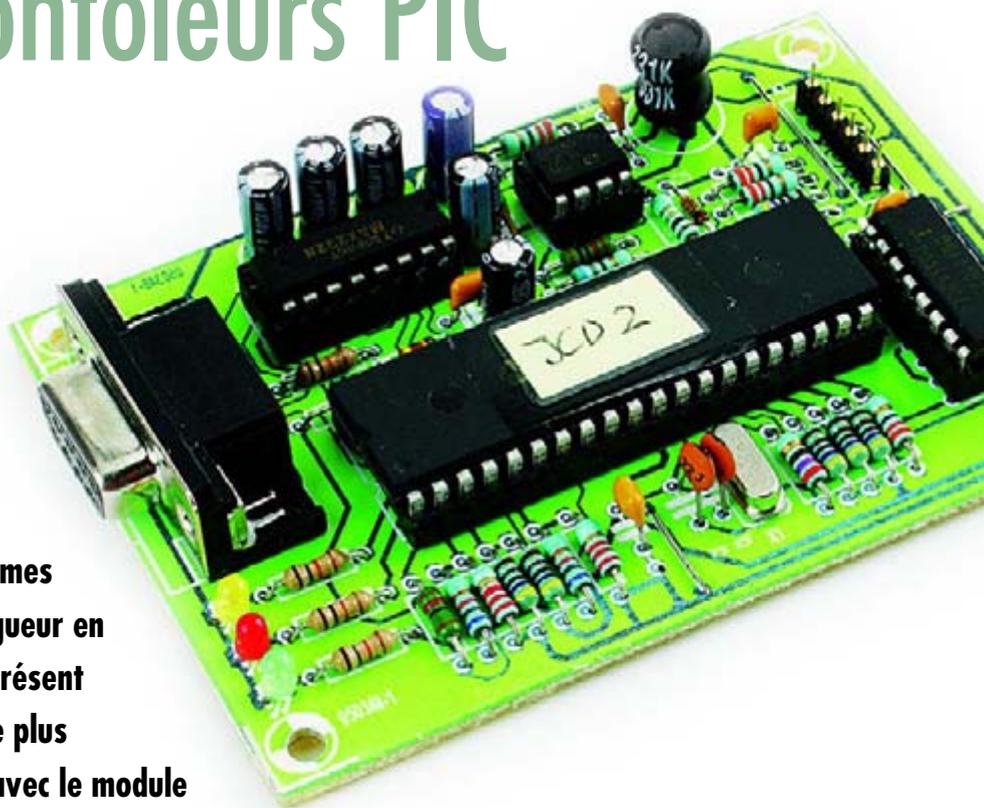
[www.national.com/pf/LM/LM2907.html#Datasheet](http://www.national.com/pf/LM/LM2907.html#Datasheet)



# Programmateur Pour microcontrôleurs PIC

Jürgen Schüle

**Les microcontrôleurs 8 bits PIC des séries 16F et 18F constituent l'intelligence et le coeur de nombreux appareils. Nos lecteurs aussi les apprécient beaucoup. Ils requièrent cependant une électronique permettant d'y transférer les programmes et un ICD (*In-Circuit-Debugger* = débogueur en circuit) pour la recherche d'erreur. Le présent projet remplit ces 2 fonctions, étant de plus compatible, sur la plupart des points, avec le module ICD2 de Microchip mais à un coût moindre.**



Il est possible, à un niveau de complexité très faible déjà, de réaliser des applications fort intéressantes avec les PIC 8 bits que sont les 16F et 18F. Leur fabricant, Microchip [1], met à disposition un environnement de développement, avec assembleur et simulateur SVP, et ce gratuitement. Si l'on veut programmer en langage de haut niveau, différentes sociétés proposent un compilateur C. Comme il s'agit, dans la pratique, le plus souvent de petits projets, la programmation en assembleur reste défendable vu qu'elle n'est pas trop complexe. Il est facile d'apprendre le set de 35 instructions que connaît le PIC16 et guère plus difficile de se faire siennes les 75 du PIC18. C'est l'une des raisons de la popularité des contrôleurs PIC dans les Écoles Techniques [2]. On trouve, pour le transfert d'un programme vers le microcontrôleur, sur Internet, nombre d'exemples de montages et de programmes freeware [3]. La version la plus rudimentaire, qui ne comporte qu'un condensateur, un

interrupteur et 3 résistances vient se brancher sur l'un des ports parallèles du PC. Il est également souvent fait appel à ce que l'on appelle un *Bootloader* qui permet au système-cible de mettre dans sa mémoire de programme le programme transféré par le biais de l'interface sérielle. Il serait souhaitable, au pire lorsque le code programmé ne présente pas le comportement souhaité, de pouvoir « jeter un coup d'oeil » à l'intérieur du processeur monté sur le montage. Il se pourrait que l'on veuille, par exemple, examiner et modifier le contenu des registres, voire arrêter le programme à des points déterminés pour pouvoir mieux découvrir l'origine d'erreurs. C'est ce que permettent ce que l'on appelle des ICD (*In-Circuit-Debugger*) ou des ICE (*In-Circuit-Emulator*).

### ICD, ICE, ICP

Contrairement au *In-Circuit-Emulator*, le *In-Circuit Debugger* fait appel à des

ressources propres au processeur. L'un des inconvénients de cet concept est qu'il faut, lors du développement du programme, penser à garder libre les ressources contrôleur nécessaires au débogage (Cf. **tableau**). En outre, les fonctionnalités de débogage sont, comparées à celles d'un ICE, souvent limitées, au niveau du nombre, par exemple, de positions auxquelles on pourra obtenir un arrêt automatique du programme en cours d'examen (*break-*

#### Ressources du 16F877 nécessaires au débogage

Broches d'E/S	2
Pile	1 Plan
Mémoire de programme	NOP à l'adresse 0000h Dernier emplacement de mémoire 100h
Mémoire de données	70h, 1EBh...1EFh

# / Débogueur IC

points). Un avantage cependant : le matériel nécessaire au débogage se limite le plus souvent à un module de communication intercalé entre le système-cible (à microcontrôleur) et le système de développement, module facile à réaliser et donc peut coûteux. Pour pouvoir, en cours de développement, effectuer directement les modifications de programme nécessaires sur le système-cible, on combine souvent un *In-Circuit-Debugger* avec un module de programmation dit *In-Circuit-Programmer* (ICP). Si, comme c'est le cas du montage décrit ici, les aspects de test et de possibilités de programmation sont supportés par l'environne-

ment de développement, l'entrée du programme, sa conversion, la simulation et le test du matériel-cible se font depuis une interface utilisateur unique.

## ICD2

L'exemple pris lors du développement fut le module ICD2 de Microchip dont on retrouve le schéma en [4], avec pour objectif de réduire le concept à ses fonctionnalités de base en vue de réaliser un appareil reproductible, peu coûteux et compatible sur de nombreux points avec l'original. Voici le cahier des charges que nous nous étions fixé :

- L'alimentation du module en tension 5 V est dérivée du matériel-cible
  - Absence de pilote d'interface entre le module ICD et le matériel-cible
  - Tension de programmation fixe
  - Présence d'une interface de communication unique, à savoir RS-232
- Sachant que la plupart des circuits à contrôleurs PIC sont alimentés en 5 V et que le module ICD se contente d'un courant de 30 mA, les 2 premiers points ne posent guère de problème pour de nombreuses applications. On peut également se passer d'une possibilité de réglage par le progiciel (*firmware*) de la tension de programmation vu

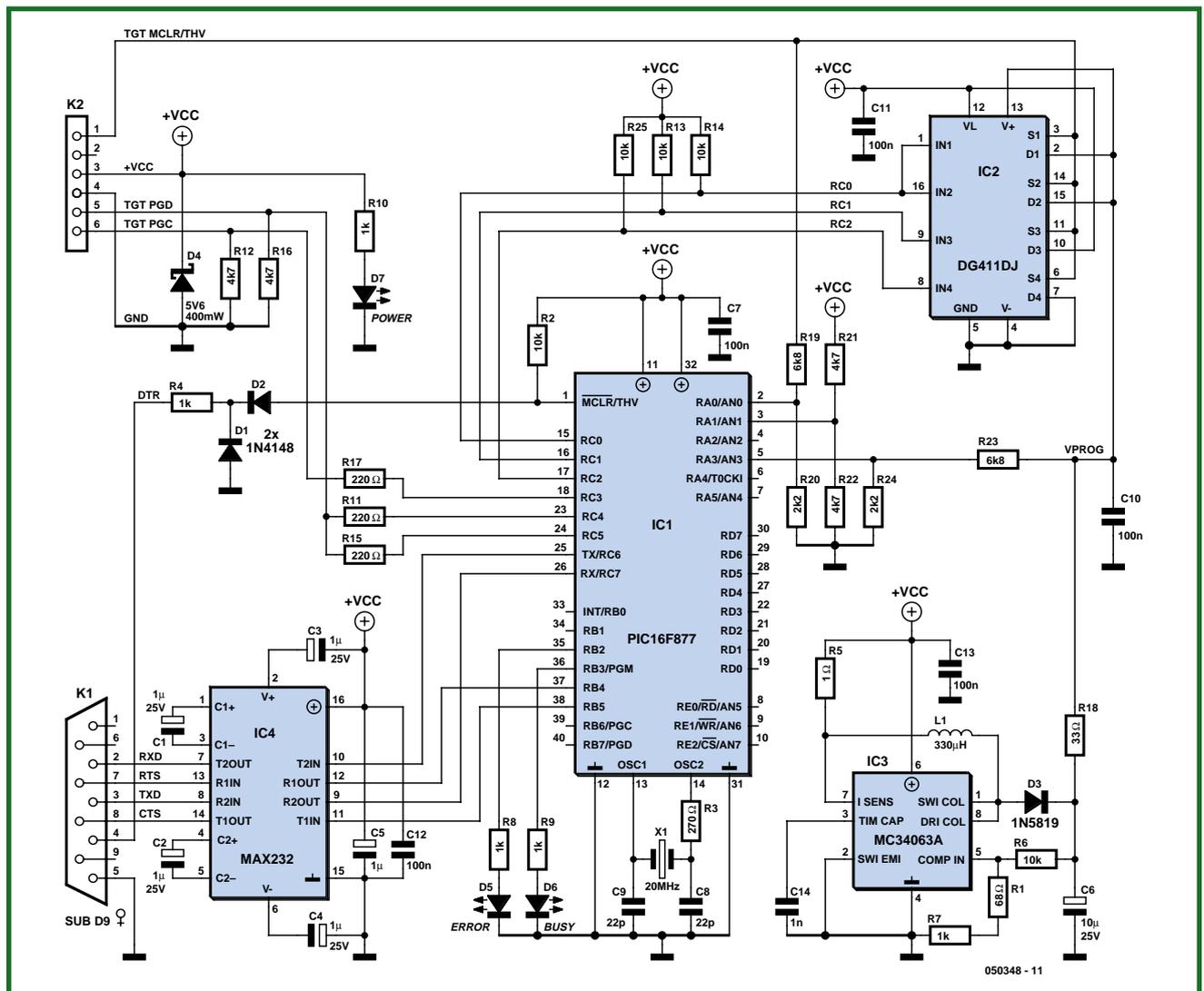


Figure 1. Le coeur du montage est un microcontrôleur 16F877 qui communique avec le PC par le biais d'une interface série.

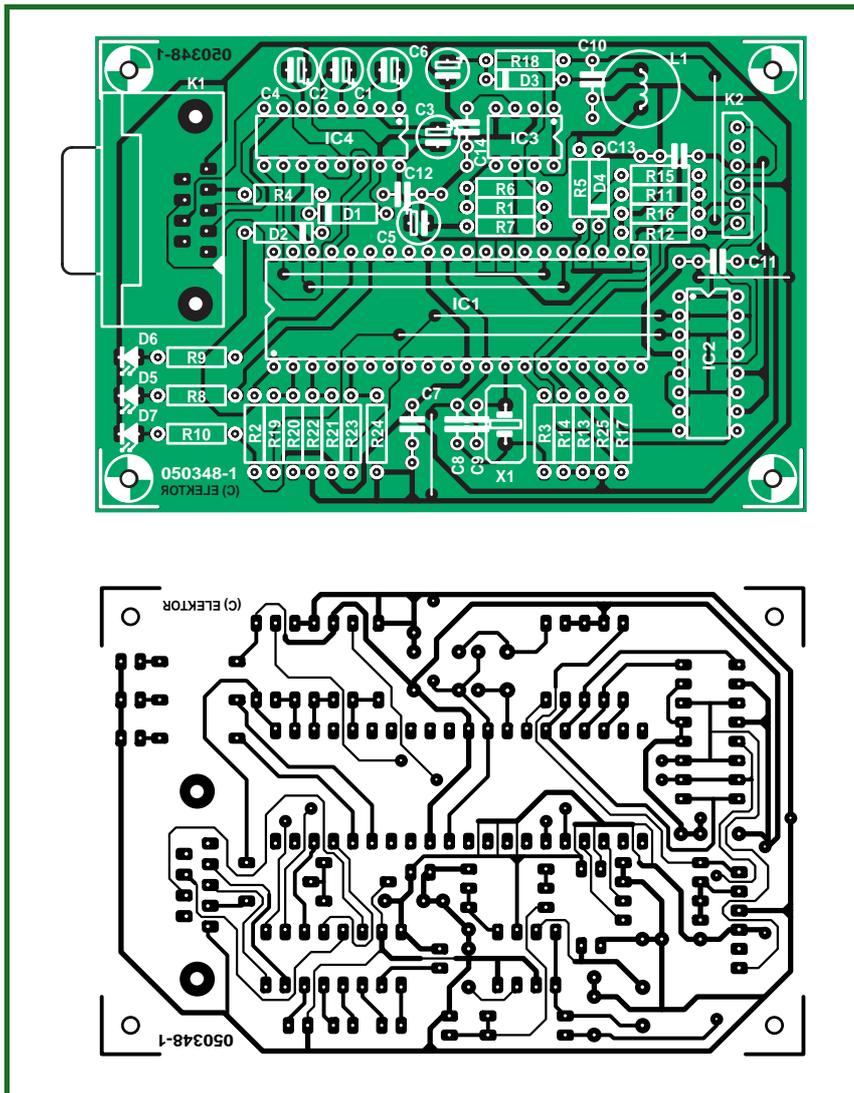


Figure 2. La platine simple face est aérée : la mise en place des composants ne doit pas poser de problème.

## Liste des composants

### Résistances :

R1 = 68 Ω  
 R2, R6, R13, R14, R25 = 10 kΩ  
 R3 = 270 Ω  
 R4, R7, R8 à R10 = 1 kΩ  
 R5 = 1 Ω  
 R11, R15, R17 = 220 Ω  
 R12, R16, R21, R22 = 4kΩ7  
 R18 = 33 Ω  
 R19, R23 = 6kΩ8  
 R20, R24 = 2kΩ2

### Selfs :

L1 = 330 µH radial

### Condensateurs :

C1 à C5 = 1 µF/25 V radial  
 C6 = 10 µF/25 V radial  
 C7, C10 à C13 = 100 nF  
 C8, C9 = 22 pF

C14 = 1 nF

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148  
 D3 = 1N5819  
 D4 = diode zener 5V6/400 mW  
 D5 = LED faible courant rouge 3 mm  
 D6 = LED faible courant jaune 3 mm  
 D7 = LED faible courant vert 3 mm  
 IC1 = PIC16F877 (programmé  
**EPS050348-1**)  
 IC2 = DG411DJZ (Digikey DG411DJZ-ND)  
 IC3 = MC34063ECN (Digikey 497-4280-5-ND)  
 IC4 = MAX232 (Maxim)

### Divers :

K1 = embase Sub-D 9 broches en équerre encartable  
 K2 = embase autosécable à 1 rangée de 6 contacts  
 X1 = quartz 20 MHz  
 Platine : EPS050348-1  
 Kit de composants avec Platine et contrôleur : EPS050348-71

que les contrôleurs PIC courants se laissent programmer sous 13 V.

Il est quasiment impossible de reproduire l'interface USB de l'appareil original sachant que la puce utilisée est extrêmement difficile à trouver. Les pilotes USB propriétaires sont eux aussi source de problèmes. La communication par le biais d'une interface RS-232 ne pose elle pas de problème; il suffit de veiller à ce que le tampon FIFO du port COM utilisé soit désactivé. On peut modifier ce paramètre par le biais de la fonction Gestion de Périphérique de Windows.

Il vous faudra, si vous envisagez d'utiliser un ordinateur « Legacy-free » c'est-à-dire ne possédant pas d'interface série, opter pour un adaptateur USB-RS-232. Il est important alors que le pilote de cet adaptateur permette un fonctionnement sans tampon FIFO. S'il est impossible de désactiver le tampon FIFO on se trouvera confronté, lors du débogage des erreurs de communication qui rendent impossible une utilisation correcte de l'appareil.

### Le schéma

Le coeur du schéma de la figure 1 est un contrôleur 16F877, IC1, qui communique avec le PC par la voie d'un pilote d'interface RS-232 classique, IC4, un MAX232. Le pilotage du flux se fait par le biais d'un acquittement matériel (*hardware handshake*); le PC peut en outre réinitialiser (« resetter ») le PIC IC1 par le biais du signal DTR.

La tension de programmation de 13 V nominal est fournie par un régulateur à découpage du type MC34063A, IC3, monté en convertisseur rehausseur (*step-up*). La valeur de la tension de programmation est déterminée par le diviseur de tension constitué par R7, R7 et R1; elle répond à la formule suivante :  

$$V_{PROG} = 1,25 [1 + R6/(R1+R7)]$$

Il est donc possible d'ajuster cette tension avec précision aux 13 V requis par un choix judicieux de la valeur de R1.

IC2 est un quadruple commutateur analogique CMOS. Il a pour fonction d'interconnecter la ligne de réinitialisation du système-cible à, en fonction des signaux RC0, RC1 et RC2, soit la tension de programmation, soit à la tension d'alimentation soit à la masse. La communication entre le débogueur et le système-cible se fait par le biais des lignes TGTPGD (Données) et TGTPGC (Horloge). Les valeurs des résistances de forçage au niveau bas (pull down) R12 et R16 sont celles du module ICD original. Les résistances-

série R11, R15 et R17 limitent le courant de sortie à une valeur sans danger pour IC1 en cas de court-circuit sur le système-cible. D4 protège le circuit contre une inversion de polarité de la tension d'alimentation ou une surtension. Cependant, la dissipation limitée de ce composant requiert une certaine prudence, une alimentation de laboratoire réglée à 30 V et 5 A ne se laissera guère « impressionner » par la présence de D4...

Les entrées analogiques RA0, RA1 et RA3 mesurent la tension à la broche de réinitialisation du système-cible, la tension de programmation et la tension d'alimentation. Les valeurs de mesure sont tenues à l'oeil par l'environnement de développement et peuvent être affichée dans la fenêtre « *Debugger/Settings/Power* ». L'utilisation de résistances de 1% de tolérance dans le diviseur de tension permet de disposer de valeurs extrêmement précises.

Les LED D5 à D7 signalent, respectivement, la présence de la tension d'alimentation, une opération en cours au niveau de IC1 ou une situation d'erreur. À l'image du ICD2 de Microchip, la LED *Power*, D7, est verte, D6 (*Busy*) est jaune et *Error* (D5) est rouge.

## Platine et Bootloader

La platine simple face de la **figure 2** ne recevant que des composants standard largement espacés, sa réalisation ne devrait pas poser de problème même si l'on n'a que peu d'expérience du soudage. En une heure l'affaire devrait être réglée. Après mise en place des composants, une dernière vérification et connexion de la platine au système-cible selon les indications de la **figure 3**, on devrait relever sur la broche 2 de IC2 une tension de programmation comprise entre 12,75 et 13,25 V. On pourra, en jouant sur la valeur de R1, ajuster cette tension de programmation. Ceci ne sera que rarement nécessaire, d'autant plus que nombre de PIC s'accommodent de tensions de programmation comprises entre 12 et 14 V.

Si vous ne l'avez pas encore fait, il vous faudra télécharger, depuis la page d'accueil de Microchip [1], la version la plus récente de l'environnement de développement MPLAB IDE (version 7.40 à l'écriture de ces lignes) puis ensuite l'installer. On répondra par « *No* » à la question d'installation de pilotes (*drivers*) USB spéciaux vu que le présent montage utilise l'interface série.

Pour que l'environnement de dévelop-

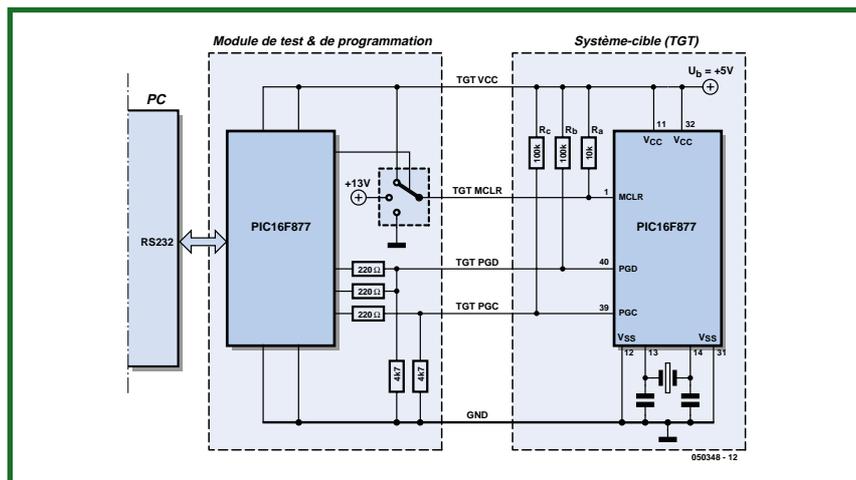


Figure 3. La connexion du module ICD/ICP au système-cible se fait par un quintet de liaisons.

pement puisse télécharger dans le contrôleur PIC le progiciel correspondant au système-cible, IC1 doit être doté d'un *bootloader*. C'est d'ailleurs le cas du contrôleur programmé (**EPS050348-41**) mentionné dans la liste des composants.

Mais il vous est également possible de transférer vous-même le *bootloader* dans un PIC16F877. Le fichier du *bootloader* **BL010101.hex** fait partie de l'environnement de développement MPLAB et se trouve dans le dossier « `\Programme\Microchip\MPLAB IDE\ICD2` ». Si vous ne disposez pas d'un programmeur adéquat, vous trouverez en [3] un circuit simple à brancher sur le port parallèle, électronique que l'on pourra mettre sur un morceau de platine d'expérimentation à pastilles voire câbler « en l'air ».

Le *bootloader* MPLAB a été écrit pour un 16F877. La version plus récente, le 16F877A, connaît un algorithme de programmation modifié et requiert de ce fait un *bootloader* modifié que l'on trouvera sur Internet, à l'adresse [5] par exemple. On court cependant le risque, en cas d'utilisation du 16F877A, que le débogueur ne fonctionne plus le jour où, à l'occasion d'une mise à jour (update) du progiciel, Microchip remplacera le *bootloader* de l'environnement de développement MPLAB par une nouvelle version.

## Ready

On peut, une fois que l'électronique, dotée de son IC1 programmé, est reliée au PC, lancer l'environnement de développement. On commence, par « *Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2* » par le choix du type de débogueur

ICD2 et ensuite, dans le menu « *Debugger/Settings/Communication* » par celui de l'interface série à laquelle l'appareil est connecté. Dans le même menu on paramètre le taux de transmission (*baudrate*) à 57600. Le message suivant apparaît « *ICD-Warn0034: Please ensure that your system's serial FIFO buffers are disabled* » même si les tampons FIFO sont désactivés correctement; on peut donc l'ignorer en toute tranquillité.

Après l'instruction « *Debugger/Connect* » l'environnement de développement entre en contact avec le débogueur, procède à un auto-test et en affiche les résultats dans la fenêtre « *Output/MPLAB ICD 2* ». Curieusement, on voit apparaître le message « *MPLAB ICD 2 Ready* » même si aucun débogueur n'est connecté au système.

Tant qu'il n'y a pas encore, dans IC1, de progiciel correspondant au système-cible, l'environnement de développement propose un téléchargement. Si l'on a choisi, dans le menu « *Debugger/Settings/Status* » l'option « *Automatically download firmware if needed* », le téléchargement se fera automatiquement. La LED D6 (*Busy*) reste allumée tout le long du téléchargement (1 mn environ).

Après un nouveau « *Connect* » l'environnement de développement signale, par ce qu'illustre la **figure 4**, le résultat des opération terminé par la ligne « *MPLAB ICD 2 Ready* ». L'appareil est prêt et pourra être utilisé soit en débogueur, par le point de menu « *Debugger/Select Tool/MPLAB ICD2* » soit en programmeur par le point de menu « *Programmer/Select Programmer/MPLAB ICD 2* ».



Figure 4. Lorsque apparaît ce message, le programmeur/débogueur est prêt à se mettre au travail.

### Trucs & astuces pratiques

L'interface prenant comme exemple un système-cible à base de 16F877 représenté en figure 3 intercalée entre le matériel de la cible et le module de débogage peut être adaptée à tous les systèmes à PIC, si tant est qu'ils supportent le débogueur ICD2 et soient alimentés en 5 V. Le système-cible requiert, en mode débogage, la présence d'un signal d'horloge, ceci n'étant pas nécessaire

lorsqu'il travaille en programmeur. En cours de débogage, l'option « *View/File Registers* » ne doit être activée qu'à de rares occasions spéciales sachant que sinon, lors de chaque arrêt du programme, l'ensemble du contenu de la RAM se voit transféré par le biais de l'interface sérielle. Ceci se traduit, en mode pas à pas, par de longues attentes entre deux instructions. Module de débogage non connecté au système-cible, les programmes char-

gés dans le système-cible en mode de débogage ne tournent pas. Une fois la recherche d'erreur terminée, le transfert du programme vers le système-cible doit se faire en mode programmeur.

Il va sans dire, signalons-le quand même, que Microchip n'a pas de raison d'assurer le support de cette réalisation-maison. Vous pouvez, pour ce dernier, jeter un coup d'oeil à la page Elektor consacrée à ce montage, faire un tour sur le Forum « Microcontrôleurs » d'Elektor [6], voire sur la page d'accueil de l'auteur [7] (en allemand???)

(050348-1)

### Liens Internet :

- [1] [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- [2] <http://www.elektronik.htw-aalen.de/sge/labor/ICD2/ICD2-Clone.html> (anglais)
- [4] [www.mcu.cz](http://www.mcu.cz) (tchèque)
- [3] [www.sprut.de](http://www.sprut.de) (allemand)
- [5] <http://icd2clone.narod.ru/> (russe)
- [6] [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) (français 8-))
- [7] [www.elektronik.htw-aalen.de/sge/schuele](http://www.elektronik.htw-aalen.de/sge/schuele) (allemand)

## La Réglementation

Tous les appareils électriques doivent être construits de telle manière à ce qu'ils respectent les normes définies par le pays dans lequel ils sont utilisés. Les normes ont pour effet de protéger contre un choc électrique tant lors d'une utilisation dans des conditions normales qu'en cas de panne. Il faut de ce fait que soit exclu tout risque d'entrée en contact avec des pièces de l'appareil véhiculant normalement une tension dangereuse ou pouvant être amenées à en véhiculer une en cas de panne par enrobage ou mise en place de capots voire leur implantation à des endroits inaccessibles. Il est également possible d'opter par une limitation des tensions et courants à des endroits accessibles à dessein voire involontairement par un dispositif de limitation de courant et/ou tension ou par une mise à la terre.

L'intensité du courant présentant un danger pour le corps humain varie d'un individu à l'autre et dépend du mode de contact au corps, de la fréquence et de la durée d'application du courant. Il faut prendre les mesures de protection adéquates pour éviter un courant traversant le corps de plus de 30 mA.

Les appareils dotés d'une connexion au secteur sont subdivisés en 3 classes d'isolation, les alimentations devant, outre l'isolation de base, être dotées de dispositifs de protection adaptés à la classe d'isolation.

### Classe I

Les appareils de classe I se caractérisent par le fait que leurs pièces sous tension accessibles qui pourraient devenir, au cas où l'isolation basique s'avérait défectueuse, dangereuses en cas de contact sont reliées à la ligne de masse du secteur (le cas échéant par le biais d'un câble flexible). Ainsi, en cas de défaillance de l'isolation primaire aucune pièce ne peut se mettre à véhiculer de tension.

Si l'appareil est doté d'un câble secteur déconnectable, l'embase secteur de l'appareil doit être dotée d'un contact de terre en saillie.

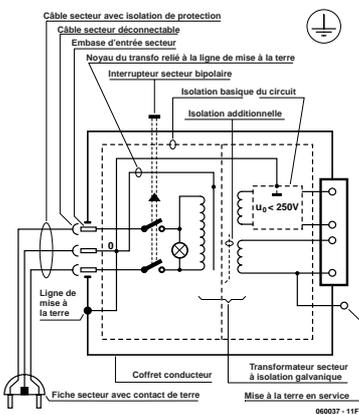


Figure 1. Appareil isolé en classe I.

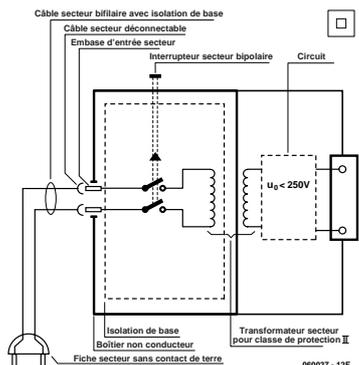


Figure 2. Appareil isolé en classe II.

Le conducteur de terre (vert/jaune) ne doit jamais servir à une autre fonction que celle de mise à la terre et sa section ne doit pas être inférieure à celle des fils de phase et de neutre (bleu). Outre cela, les appareils de classe I peuvent être pourvus d'une isolation double ou renforcée. On peut également rencontrer des parties protégées par TBTS (Très Basse Tension de sécurité) ou impédance différentielle (au cas où il a risque de contact avec des pièces sous tension).

### Classe II

Les appareils de classe II ne comportent pas de connexion de terre. La protection ne repose pas uniquement sur l'isolation de base mais aussi sur des dispositions constructives, à savoir :

**Enveloppe en matériau isolant :** Toutes les pièces sous tension accessibles sont englobées par un matériau isolant durable. Toutes les pièces conductrices ou non (vis, agrafes, etc.) qui traversent l'enveloppe d'isolation doivent, à l'intérieur de celle-ci, être doublement isolées. Si l'on remplaçait une vis en plastique par sa version métallique, l'isolation serait sinon réduite à néant.

**Coffret métallique :** Dans ce cas le coffret durable est en métal, l'isolation supplémentaire étant obtenue une isolation interne complète double ou renforcée.

Il se peut qu'un appareil combine ces deux variantes.



### Classe III

Les appareils de Classe III sont alimentés uniquement par le biais de sources de courant à tension de sécurité extrêmement faibles.

Les transformateurs locaux alimentant ce type d'appareil doivent comporter une isolation de sécurité selon les normes. Les parties sous tension de service lors du fonctionnement ne doivent pas être en liaison avec la ligne de terre ou quelque autre ligne active d'autres boucles de courant. Les fiches des appareils de classe III ne doivent pas comporter de contact de terre; il doit de plus, physiquement être impossible de les enficher dans des prises pour tensions plus élevées. Si la tension d'alimentation se situe en-deçà de 25 V en alternatif ou de 60 V en continu, il n'est pas nécessaire de prévoir de protection anti-contact. Les appareils de classe III où l'on rencontre des tensions supérieures à 50 V CA ou 120 V CC au maximum (valeurs maximale de la classe III) doivent eux être dotés d'une protection empêchant tout contact direct avec les pièces en question.



Figure 3. Fiche et embases d'entrée secteur de châssis.

## Dans la pratique

### Entrée secteur

Dans la pratique, ces règles de sécurité concernent plus spécifiquement l'utilisation de la tension du secteur de 230 V. La règle numéro 1 est de veiller à concentrer autant que possible les pièces véhiculant la tension du secteur, ce que l'on peut réaliser à l'aide d'une embase secteur de châssis (cf. figure 3). On trouve ce type d'embases avec et sans contact de terre, sur certains modèles à fusible et interrupteur secteur intégré ou encore avec filtre secteur. Si l'on n'utilise pas ce type d'embase le câble secteur doit être doté d'un dispositif anti-arrachement. Sur les appareils de classe I la ligne de mise à la terre vert-jaune est à connecter di-

rectement au niveau de l'entrée du contact PE ce dernier ayant une connexion conductrice avec le coffret et -si possible- avec le noyau du transformateur.

### L'interrupteur

L'interrupteur secteur doit avoir une tension de service de 250 V CA, caractéristique souvent indiquée sur le dos de l'interrupteur à côté du courant de mesure. Il est souvent indiqué (entre parenthèses) la valeur du courant de mesure dans le cas d'une charge inductive ou capacitive.

En cas de connexion d'un moteur il faut donc tenir compte de la valeur entre parenthèses. Il faudra se limiter d'utiliser, à proximité de l'alimentation que des composants respectant les normes (interrupteur secteur, porte-fusible, etc.). Tous les interrupteurs secteur devaient être bipolaires. Il existe des exceptions à cette règle (adaptateurs secteur, etc.), qui, dans le cas d'une réalisation personnelle ne permettent que peu de gain en encombrement. Les fusibles et composants des filtres anti-parasitage ne doivent pas être mis hors tension par leur biais, mais peuvent et devraient l'être si possible.

### Câblage

Le câblage de parties se trouvant à la tension du secteur requiert un soin particulier. Les lignes actives doivent avoir une section d'au moins 0,75 mm<sup>2</sup>, section fonction du courant nominal de l'appareil. La ligne de terre aura la même section. Pour des raisons de sécurité on préférera le câble secteur à isolation double (H05VV-F) à sa version simple isolation (H05V-F). Les âmes doivent être connectées aux contacts à vis ou à cosses de l'embase secteur. Il ne saurait en aucun cas être question de souder le câble secteur directement à la platine ou lui faire subir quelque effort mécanique que ce soit.

Les extrémités de câble devant être vissés à une borne doivent être dotées d'une protection anti-usure sous forme d'enveloppe métallique. Il est hors de question de torsader et de souder le fil car il se peut que l'on ait affaire à une soudure froide. Il faut veiller, dans le cas d'appareils de classe I, à ce que la ligne de terre soit reliée à toutes les pièces potentiellement conductrices avec lesquelles il y a un risque de contact, et donc aussi aux axes de potentiomètres et radiateurs.

Il faut en outre veiller à une ventilation adéquate des différents sous-ensembles électroniques. N'omettez jamais un fusible se trouvant sur le schéma. Dans le cas de réalisations-maison on optera comme courant maximal du fusible retardé au primaire, pour une intensité de courant supérieure de 25% au courant mesuré. S'il faut protéger le secondaire il faudra choisir comme courant pour le fusible rapide (qui sera mi-retardé ou retardé dans le cas de charges inductives ou capacitatives) pour l'intensité du courant de fonctionnement de l'appareil.

### Transformateurs

Pour des raisons de sécurité, on optera toujours, pour des réalisations personnelles, pour des transformateurs de sécurité ou des transfos à isolation galvanique. Ces transfos portent le symbole suivant :



Transfo de sécurité protégé contre les courts-circuits



Transfo de séparation non-protégé contre les courts-circuits

Les transfos prétendus protégés contre les courts-cir-

cuits comportent une protection en température intégrée (limitation en température) ou doivent être protégés à l'aide d'un fusible calibré.

Les transfos non-protégés contre les courts-circuits doivent, en fonction des données du fabricant, être protégés soit en entrée soit en sortie.

Lors du câblage côté entrée (côté secteur) d'un transformateur il faut effectuer une fixation supplémentaire des lignes actives de manière à ce qu'elles ne puissent jamais entrer en contact avec la partie secondaire (voir large quant aux écartements de sécurité >1 cm).

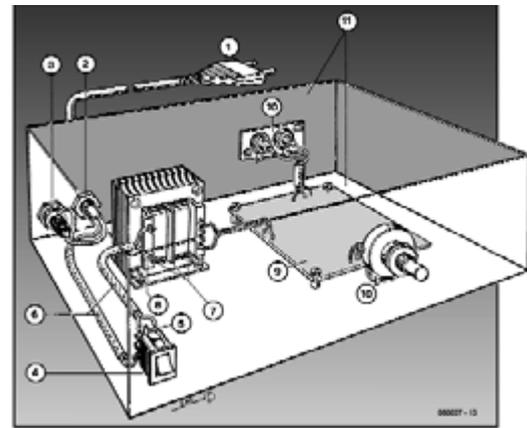
Ne pas utiliser d'autotransformateur pour l'alimentation d'appareil vu qu'ils ne possèdent pas d'isolation galvanique entre le côté « entrée » et le côté « sortie ».

En fonction de leur construction, les transformateurs se laissent catégoriser dans les classes de sécurité I à III, ce qui simplifie la réalisation d'appareils.

## Vérifier, mesurer et tester

Il faut, à intervalle régulier fonction de la fréquence d'utilisation, vérifier le niveau de sécurité des appareils électriques. Citons au nombre de ces vérifications la continuité du système de mise à la terre (courant de test de 25 A, résistance de boucle >0,1 Ω) mais aussi l'état et la fixation du câblage interne.

Lors d'une intervention sur un appareil à des fins de mesure, de test ou de réparation il faut prendre des mesures de sécurité spéciales. On alimente l'appareil par le biais d'un autotransformateur (varioc). On ne connecte jamais qu'un seul appareil (16 A max.) à un varioc. Tout emplacement de travail doit être doté d'un interrupteur de sécurité de personne. Un interrupteur-disjoncteur activé à un courant de fuite de 30 mA constitue une sécurité suffisante.



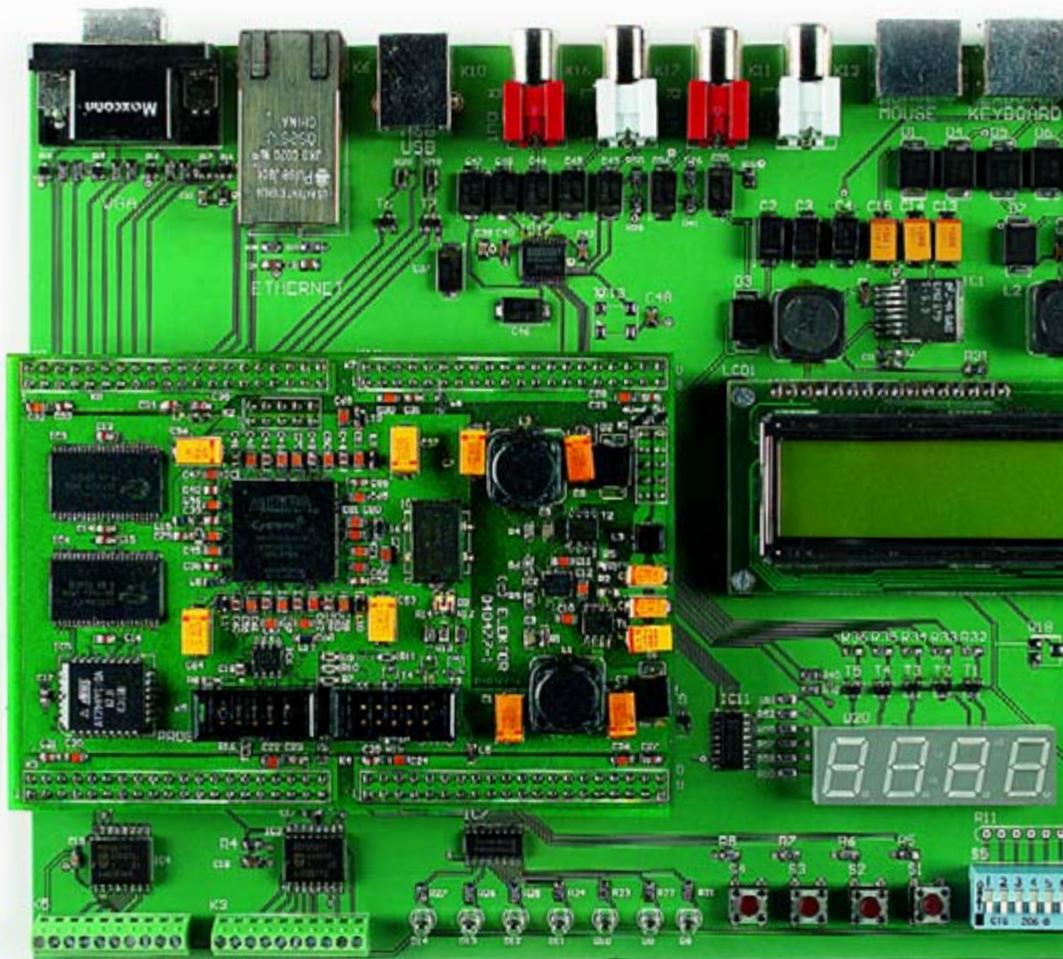
### Exemple d'appareil de classe II

1. Câble secteur à prise moulée bipolaire
2. Dispositif anti-arrachement
3. Porte-fusible
4. Interrupteur secteur bipolaire (normé pour classe II)
5. Connexion à l'interrupteur secteur par cosse et dispositif anti-arrachement
6. Câble secteur à double isolation
7. Écart entre bornes du primaire vers le corps du transfo ou autres pièces de 6 mm au minimum (pour tension au secondaire <250 V)
8. Câble de section cuivre minimale de 0,75 mm<sup>2</sup> pour intensité <6 A
9. Fixation solide de la platine au fond du coffret avec respect d'un écart suffisant (>6 mm, compte tenu des picots et de la flexion)
10. Les pièces pouvant être touchées (axes de potentiomètre, embases) peuvent être mises en contact galvanique avec le coffret
11. Boîtier plastique. Dans le cas de boîtiers métalliques, une double isolation des boucles du primaire et du secondaire est nécessaire

# Cours FPGA

Paul Goossens

**Tout système enfoui utilise un bus système, qui sert au transfert de données entre les différents sous-ensembles. Ceci vaut également lorsque l'on intègre un tel système dans un FPGA. Normalement, on utilise, un autre système de bus dans un FPGA; nous allons vous présenter un système de bus populaire dans le monde des FPGA.**



Le bus système typique d'un circuit à microprocesseur « normal » est constitué d'un bus de données, d'un bus d'adresses et que quelques signaux système tels que RD/WR. Les puces périphériques placent leurs données sur le bus de données lorsque ceci leur est demandé. Le reste du temps, les sorties de données se trouvent à haute impédance, de manière à permettre aux autres circuits du système de mettre des données sur le bus. Les ports de donnée sont du type 3 états, ce qui explique qu'ils puissent passer à haute impédance.

## Différemment

Il est impossible, sur de nombreux FPGA, de faire passer à haute impédance des signaux internes. Une erreur

de conception peut se traduire par des courts-circuits et une mutilation des données sur ce bus. On évite alors, sur un bus système d'un système de ce type, d'utiliser des ports 3 états.

Il est fréquent en outre que cette électronique périphérique travaille à une fréquence d'horloge différente de celle du processeur. La garantie d'un transfert de données correct requiert alors un acquittement (*handshake*).

Afin d'éviter ce genre de problèmes sur un projet à FPGA on a développé plusieurs bus système standard. Nous allons, dans le présent article, nous intéresser à un bus-système très utilisé, le bus Wishbone, bus très utilisé, entre autres, sur [www.opencores.com](http://www.opencores.com), un site très intéressant d'où l'on peut, gratuitement, télécharger des (parties de) projets.

## Système minimum

La **figure 1** illustre un bus Wishbone minimum constitué d'un maître et d'un esclave. On identifie aisément le double bus de données. Les 2 bus sont unidirectionnels, l'un d'entre assurant le transfert des données du maître vers l'esclave, l'autre servant au transfert dans le sens inverse.

Les signaux STB (*STroBe*), CYC (*CYCLE*) et ACK (*ACKnowledge*) assurent l'acquittement lors de chaque transmission de données.

Un esclave ne doit réagir à des signaux Wishbone que si les signaux STB\_I et CYC\_I sont tous deux au niveau haut. Le signal WE (*Write Enable*) indique un « souhait » du maître d'écrire vers l'esclave par sa mise au niveau haut. Si ce signal se trouve au niveau bas, cela

# 5ème partie : systèmes de bus et interconnexions



signifie que le maître cherche à lire des données fournies par l'esclave. Dès que l'esclave en a terminé avec le traitement des données il le signale par la mise au niveau haut du signal ACK. Le maître réagit à cette information par la mise au niveau bas du signal STB. L'esclave peut à son tour mettre sa sortie ACK au niveau bas. Ce protocole d'acquiescement permet de connecter un esclave lent à un maître beaucoup plus rapide. L'esclave a tout le temps qu'il faut avant de mettre la ligne ACK au niveau haut, ce qui lui donne le temps de traiter les données. La **figure 2** donne le chronodiagramme d'une opération de lecture, l'esclave ayant besoin de 2 cycles d'horloge supplémentaires pour boucler le cycle.

## Exemple

Nous avons, dans *ex13*, créé un exemple simple. Le contrôleur 8051 est doté d'une interface-maître à bus Wishbone, bus relié à un esclave rustique. Cet esclave permet de piloter 8 sorties. L'interface-esclave fait en sorte que le signal ACK apparaisse 10 impulsions d'horloge plus tard. Il nous est possible ainsi, à l'aide de l'analyseur logique (intégré dans Quartus) de visualiser l'acquiescement.

Le processeur utilisé ici, un T8052, utilise le bus Wishbone bus pour toutes les transactions dans la mémoire XRAM à compter de l'emplacement de mémoire 0x1000. La seule extension au niveau de ce bus Wishbone est une sortie 8 bits baptisée « *wish\_output* ». En interne, cette extension est en outre dotée d'un décodeur d'adresses. Normalement, celui-ci se trouve dans une partie matériel distincte, mais en raison de la simplicité de l'exemple, nous l'avons intégré à même le noyau (*core*). Nous avons relié 7 des 8 sorties à des LED de la carte d'extension. Le programme provoque l'allumage des LED en une sorte de chenillard.

## Interne

Le traitement de signaux Wishbone est relativement simple. Le signal « *sel* » détecte la correspondance de l'adresse présente sur le bus système avec celle de cette extension (0x8000).

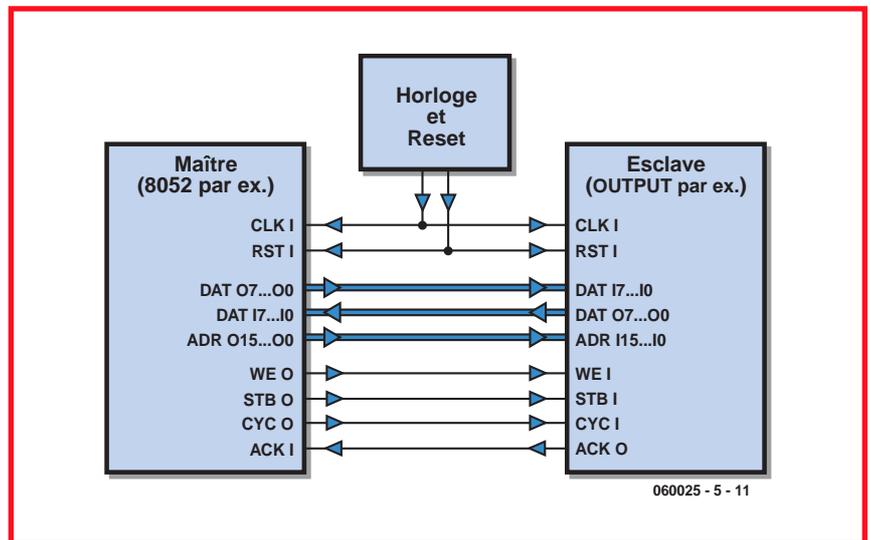


Figure 1. Bus Wishbone minimum constitué d'un maître et d'un esclave.

À compter de la ligne 63 nous faisons en sorte que les sorties soient hautes en cas de réinitialisation (reset). Dès lors qu'il apparaît une adresse valide (*sel*=« 1 ») et que l'on a un cycle d'écriture valide (*STB*=« 1 », *CYC*=« 1 » et *WE*=« 1 »), les données présentes à l'entrée *DAT\_I* sont, lors d'un flanc montant de l'horloge, stockées dans le registre de sortie.

La génération du signal ACK est ici un peu plus complexe sachant que nous voulons retarder ce signal.

Le signal *COUNT* compte le nombre d'impulsions d'horloge écoulé après l'envoi d'une instruction d'écriture en direction de ce noyau. Lorsque le compteur est arrivé à « 10 » le signal *ACK\_OK* passe au niveau haut. Ce signal nous informe que nous pouvons

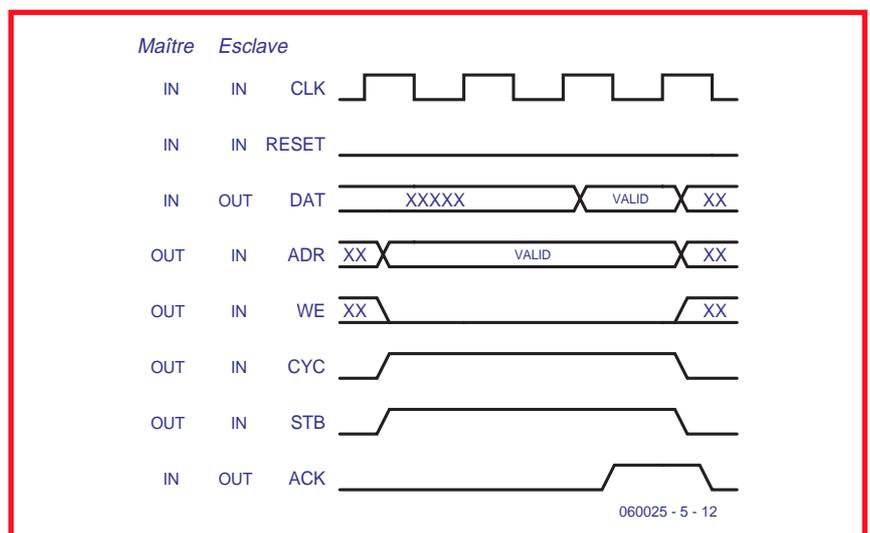


Figure 2. On voit ici qu'il faut à l'esclave, lors d'une opération de lecture, 2 cycles d'horloge supplémentaires pour boucler le cycle.

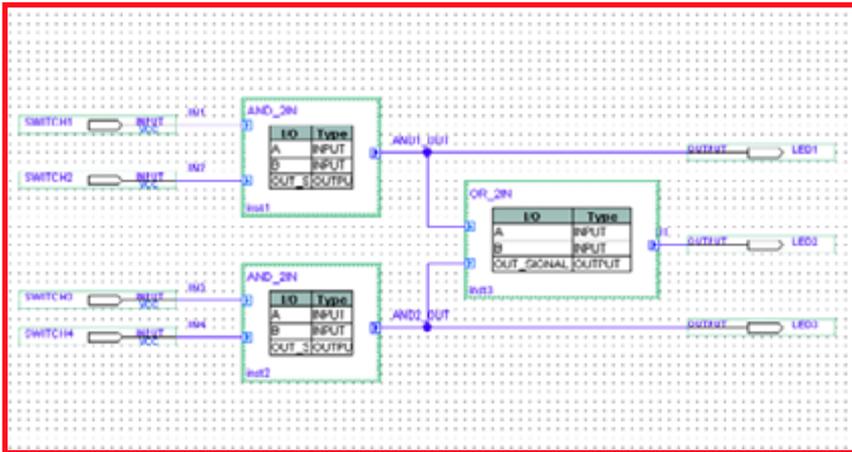


Figure 3. Un circuit simple constitué de 2 fichiers VHDL et d'un fichier graphique.

générer un signal ACK.

Pour finir, le signal de sortie ACK est défini dans la ligne 101. Ce noyau produit également un ACK en cas de présence d'une adresse invalide (sel=« 0 ») sur le bus. Ceci pour éviter que le processeur ne se « plante » si le programme venait à utiliser, malencontreusement, une adresse erronée.

Attention, ACK est un signal asynchrone. Ceci signifie qu'il n'est pas question d'utiliser de bascule (*flip-flop*) : une exigence des spécifications Wishbone. ACK doit passer au niveau bas en réaction au passage au niveau bas de STB ou CYC !

### Expérimentons

Le programme envoie, vers la sortie, 20 000 fois la même valeur. Ceci permet de ralentir le chenillard de manière à ce qu'il soit perceptible visuellement. Dans wish\_output ACK subit un retard de 10 cycles d'horloge. Si nous augmentons cette temporisation le chenillard se déplace plus lentement. Vous pouvez facilement procéder à l'expérience suivante. Remplacez la ligne 87 de wish\_output.vhdl par la ligne suivante :

```
IF (COUNT=200) THEN
```

Recompilez le projet et chargez-le dans le FPGA. Le chenillard est devenu plus lent. On a démontré ainsi qu'un esclave lent relié au bus Wishbone ralentit également le maître. Ce ralentissement ne prend place que lors d'opérations de lecture ou d'écriture du dit esclave. Le reste des instructions est, dans le contrôleur, exécuté à pleine vitesse.

### Esclaves multiples

Dans la pratique, une électronique à base de contrôleur comporte le plus souvent plus d'esclaves qu'un unique esclave d'E/S. Tous ces esclaves doivent communiquer avec le contrôleur par le biais du même bus. Ceci requiert l'ajout d'un rien de matériel additionnel chargé de déterminer, à partir de l'adresse, quel est l'esclave concerné. Dans ex14, des exemples du set de listages à télécharger ce mois-ci, le contrôleur est relié à 2 esclaves, pratiquement identiques à l'esclave de l'exemple précédent. L'entrée d'adresse a disparu vu qu'il n'y a qu'un registre d'écriture et un registre de lecture. Il comporte en outre 8 entrées.

Le décodeur d'adresses (*wishbone\_decoder*) a pour tâche, en fonction de l'adresse, de transférer les signaux vers l'un des 2 esclaves. Nous utilisons à cet effet 2 signaux (S1\_SEL et S2\_SEL) qui passent au niveau haut à l'apparition de l'adresse correcte sur le bus Wishbone. Au niveau de S1\_SEL cela se traduit par la ligne suivante :

```
S1_SEL <= '1' WHEN ADR_I = x"8000" ELSE '0';
```

Nous avons ici opté pour l'adresse 0X8000 en tant qu'adresse de l'esclave 1.

Il ne peut y avoir de transaction entre l'esclave et le maître qu'à condition que les signaux CYC et STB soient au niveau haut. Il est facile de générer ces signaux pour l'esclave 1.

```
S1_STB_O <= STB_I AND S1_SEL;
S1_CYC_O <= CYC_I AND S1_SEL;
```

Ces lignes ont pour effet de limiter le passage au niveau haut des signaux STB et CYC de l'esclave 1 lorsque ce dernier est bien adressé.

Il nous reste à adapter le bus de données de l'esclave vers le maître. En cas d'adressage de l'esclave 1 ses données doivent être envoyées vers le maître. Ceci vaut également pour l'esclave 2. C'est l'effet de la ligne ci-dessous :

```
DAT_O_MASTER <= S1_DAT_I
WHEN (S1_SEL='1') ELSE
S2_DAT_I WHEN (S2_SEL='1')
ELSE x"00";
```

Ce processus vaut également pour le signal ACK. Il est transmis de façon similaire vers le maître.

### Universel

Grâce au protocole d'acquiescement, le bus Wishbone est universel. Il est envisageable, outre les possibilités évoquées plus haut, de doter ce bus d'extensions, telles qu'un signal d'erreur, ceci en vue de permettre à plusieurs maîtres d'attaquer un bus, etc. Si vous souhaitez en savoir plus à ce sujet nous vous recommandons de télécharger les spécifications de ce bus depuis le site Opencores [1].

Il existe, parallèlement, encore d'autres bus SoC. La plupart d'entre eux font appel à un protocole d'acquiescement, de sorte qu'il est facile de concevoir un pont entre ces différents systèmes de bus.

### Hierarchie VHDL

Jusqu'à présent, tous les exemples de notre cours font appel à une représentation graphique pour interconnecter différents « blocs ». Rien n'interdit cependant, en Quartus, de décrire un projet en VHDL uniquement.

Par 2 exemples nous allons montrer comment cela est possible en VHDL. ex15 est un circuit simple constitué de 2 fichiers VHDL et d'un fichier graphique. Ce dernier est ce que l'on appelle l'entité *top-level*, la plus haute dans la hiérarchie. La fonction de ce fichier est d'accoupler les différentes parties et de relier les signaux au monde extérieur (lire avec les broches du FPGA). C'est la méthode que nous avons toujours utilisée jusqu'à présent. La figure 4 en donne le schéma.

ex16 propose le même projet, mais le document *top-level* y a été remplacé par un fichier VHDL.

Le fichier *ex16.vhdl* (cf. encadré) commence par une déclaration ENTITY standard. Les entrées et sorties de cette entité sont finalement reliées aux lignes du FPGA, vu qu'il s'agit de notre document *top-level*.

Nous trouvons ensuite en ligne 13 le début de la description des signaux d'entrée et de sortie du concept partiel AND\_2IN. Les dénominations des signaux de ce descriptif doivent correspondre exactement aux noms utilisés dans le fichier AND\_2IN.VHDL. Il en va de même pour le projet OR\_2IN. Nous déclarons ensuite les signaux utilisés dans ce projet. Les noms de signaux sont ceux de l'exemple 15. Dans cet exemple, ces signaux représentés étaient dotés d'une étiquette. En VHDL cela correspond à un signal du type STD LOGIC.

En ligne 38 nous procédons à une « instanciation » d'un composant baptisé « inst1 ». Cette référence est à comparer à la dénomination « IC1 » que l'on trouve sur un schéma normal. Nous indiquons, à la suite du :, de quel type de composant il s'agit. Dans le cas présent c'est le composant « AND\_2IN ».

Il reste, pour finir, à relier les entrées et sorties de ce composant aux signaux; c'est ce qui se passe à partir de la ligne 41.

On aura vite fait de saisir le principe par comparaison de ces 2 exemples.

## Compatible

L'écriture d'un projet en VHDL pur a l'avantage d'un code-source compatible avec les autres programmes de CAD. Il est possible, sans trop de problèmes, d'utiliser un tel projet dans le logiciel d'un autre fabricant de FPGA. Il est même possible de réaliser un ASIC monstrueux à l'aide du même code-source !

Autre avantage : l'adaptation d'un fichier VHDL est souvent plus rapide que si elle doit se faire graphiquement, surtout lorsqu'il existe de nombreux signaux allant d'un sous-ensemble du projet à un autre.

(060025-5)

## Liens Internet :

### Page d'accueil Opencores :

[www.opencores.org](http://www.opencores.org)

### Spécifications Wishbone :

[www.opencores.org/projects.cgi/web/wishbone/wbspec\\_b3.pdf](http://www.opencores.org/projects.cgi/web/wishbone/wbspec_b3.pdf)

## Listage ex16.vhdl

```

LIBRARY ieee;
USE ieee.std_logic_1164.all;

ENTITY ex16 IS
PORT
(
    SWITCH1, SWITCH2, SWITCH3, SWITCH4 : IN STD_LOGIC;
    LED1, LED2, LED3 : OUT STD_LOGIC
);
END ex16;

ARCHITECTURE arch OF ex16 IS
    COMPONENT AND_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    COMPONENT OR_2IN
    PORT
    (
        A,B : IN STD_LOGIC;
        OUT_SIGNAL : OUT STD_LOGIC
    );
    END COMPONENT;

    SIGNAL IN1,IN2,IN3,IN4 : STD_LOGIC;
    SIGNAL AND1_OUT,AND2_OUT, OR_OUT : STD_LOGIC;

BEGIN
    IN1 <= SWITCH1;
    IN2 <= SWITCH2;
    IN3 <= SWITCH3;
    IN4 <= SWITCH4;

    inst1 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN1,
        B => IN2,
        OUT_SIGNAL => AND1_OUT
    );

    inst2 : AND_2IN
    PORT MAP
    (
        A => IN3,
        B => IN4,
        OUT_SIGNAL => AND2_OUT
    );

    inst3 : OR_2IN
    PORT MAP
    (
        A => AND1_OUT,
        B => AND2_OUT,
        OUT_SIGNAL => OR_OUT
    );

    LED1 <= AND1_OUT;
    LED2 <= OR_OUT;
    LED3 <= AND2_OUT;

END;
```

# Éclair et tonnerre

Jeroen Domburg et Thijs Beckers

6...30V



**La réparation de l'interconnexion de 2 cellules d'un pack d'accus requiert en fait un appareil de soudage spécial, coûteux. Un soudage classique (au fer à souder) n'est pas une option. Nous allons imaginer une autre approche, à base de condensateurs électrochimiques cette fois. Nous pouvons fort bien utiliser leur capacité à fournir très brièvement de forts courants pour l'opération de soudage.**

La mise en court-circuit d'un condensateur électrochimique chargé produit de belles étincelles. Cela nous est arrivé que cela ait été volontaire ou non. Plus la tension aux bornes du condensateur et sa capacité sont élevées, plus l'étincelle produite est importante. Outre son aspect « récréatif », ce phénomène se traduit par une autre conséquence. Occasionnellement, les contacts du condensateur se trouvent soudés à la pièce métallique créant le court-circuit. Souvent cette liaison est solide. Nous pouvons utiliser cet effet de soudure à des fins utiles.

## Qu'allons-nous faire ?

Les packs d'accus sont le plus souvent constitués de cellules interconnectées à l'aide de languettes métalliques soudées à l'arc. Ce type d'appareil coûte malheureusement encore cher, si tant est qu'un particulier puisse mettre la main dessus. L'amateur d'électronique confronté à un problème de rupture d'interconnexion de cellules a tendance à utiliser son fer à souder mis « pleins pots ». Cette approche est mauvaise et dangereuse si les cellules ne sont pas dotées d'une languette de soudage. Dans le pire des cas, les soupapes de surpression peuvent s'ouvrir, la cellule pouvant même exploser si elle subit une

surchauffe importante.

La soudure à l'arc est l'approche la plus sûre. La languette métallique ne chauffant que très brièvement, l'accum ne bronche pas. Quant en ce qui concerne le courant nécessaire à ce type d'opération, les condensateurs électrochimiques conviennent à merveille. Pour éviter que le soudage soit autre chose qu'un malencontreux court-circuit entre 2 pôles de condensateur, nous avons réalisé un circuit assurant le pilotage du processus de soudage. Comme l'énergie servant au soudage ne vient pas du secteur mais d'un set de condensateurs, l'opération reste relativement sûre.

## Comment allons-nous procéder ?

Le circuit comporte 4 sous-ensembles : l'alimentation, la « batterie » de condensateurs, l'étage de puissance et l'« allumage ». Les condensateurs constituent le cœur et le bloc, physiquement, le plus imposant. Ils fournissent le courant servant au soudage. Il suffit, en principe, de 8 condensateurs de 10 000 µF, mais disposer d'un nombre plus important ou de condensateurs de capacité plus grande « ne mange pas de pain ».

L'alimentation prendra, de préférence, la forme d'une ali-

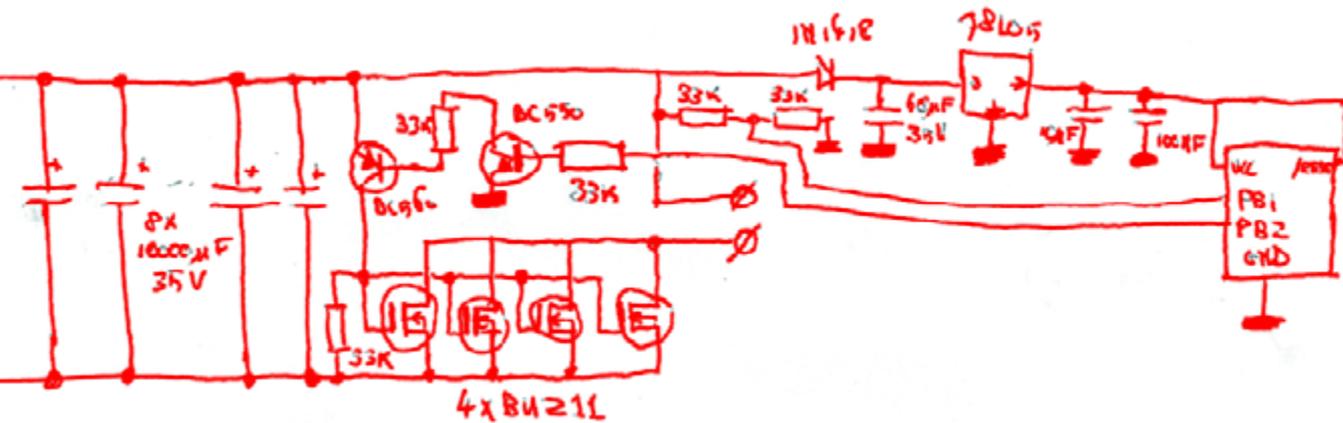


L'acteur principal : le condensateur. Il s'agit d'un exemplaire de 10 000 µF. Nous en interconnectons 8 à l'aide de morceaux de câble pour enceintes (la pile, AA sert uniquement de référence).



Ainsi donc. Le câble pour haut-parleur a été dénudé et bien étamé aux endroits où seront soudés les condensateurs.

# Souder à l'aide de condos



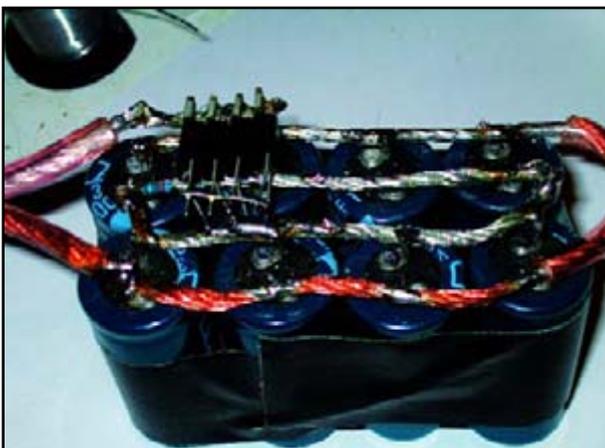
mentation de laboratoire. Elle présente l'avantage de permettre une régulation de la puissance par modification de la tension de sortie. Elle permet en outre de limiter le courant en cours de soudage. On pourra éventuellement utiliser un transformateur protégé contre les courts-circuits doté d'un pont de redressement en aval. L'étage de puissance prend la forme de quelques FETMOS du type BUZ11 pris en parallèle. Ce type de transistors ne coûtent pas cher et supportent 30 A. Le calcul du nombre de FETMOS nécessaire est empirique. La taille du courant dépend en effet d'un certain nombre de facteurs difficiles à déterminer. Commencez avec de l'ordre de 5 FETMOS. Si l'un d'entre eux devait rendre l'âme vous pouvez en déduire qu'ils sont en trop petit nombre. Les FETMOS étant des composants pilotés en tension, l'adjonction de FETMOS additionnels ne requiert pas de modification du reste de l'électronique. L'attaque des FET BUZ11 doit se faire par l'application de tension sur les grilles. Plus la tension grille-drain croît plus leur conduction augmente. De manière à tirer le meilleur parti de cet effet, les FETMOS ne sont connectés directement à l'allumage mais au travers d'un étage à transistor. Les grilles sont ainsi attaquées à une tension plus élevée et les FETMOS amenés encore plus loin dans

leur conduction.

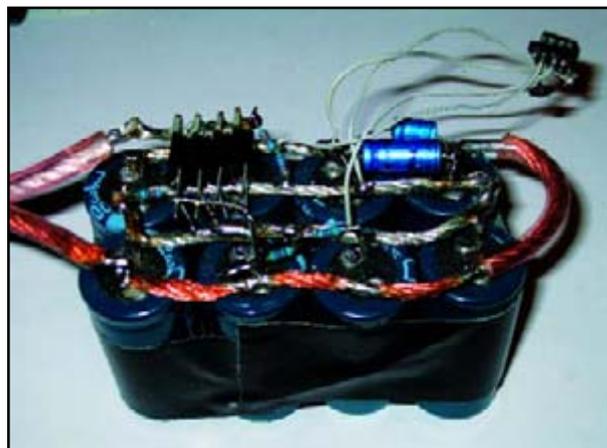
Un microcontrôleur se charge de « l'allumage ». Il mesure la tension sur l'électrode de soudage reliée aux FETMOS (au travers d'un diviseur de tension, l'entrée n'appréciant pas trop 30 V). Lorsque cette tension grimpe (lorsque les 2 électrodes entrent en contact donc) le microcontrôleur atteint 1 seconde avant de faire passer les FETMOS en conduction. Ceci laisse le temps de bien disposer les électrodes et de se préparer physiquement et mentalement au « coup de feu ».

Bien que la logique représentée par le microcontrôleur soit très rudimentaire (un petit comparateur et une paire de monostables arrivent au même résultat), nous avons opté pour un ATtiny13. Si une application ultérieure en avait besoin on pourra ainsi programmer dans le microcontrôleur un patron de déclenchement et d'allumage spécifique.

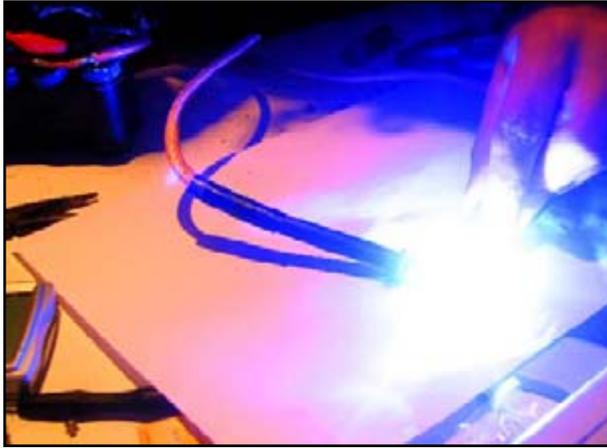
Le montage comporte également une partie d'alimentation 5 V à l'intention du microcontrôleur. Ce sous-ensemble est bien filtré et doté de condensateurs-tampon, le reste du circuit étant caractérisé par de nombreuses crêtes de courant et de tension. On a en effet un pic supérieur à 100 ampères lors du soudage.



Les FETMOS. Ne voulant pas nous trouver confrontés à des platines mutilées, nous avons câblé le prototype « en l'air » au-dessus des condensateurs.



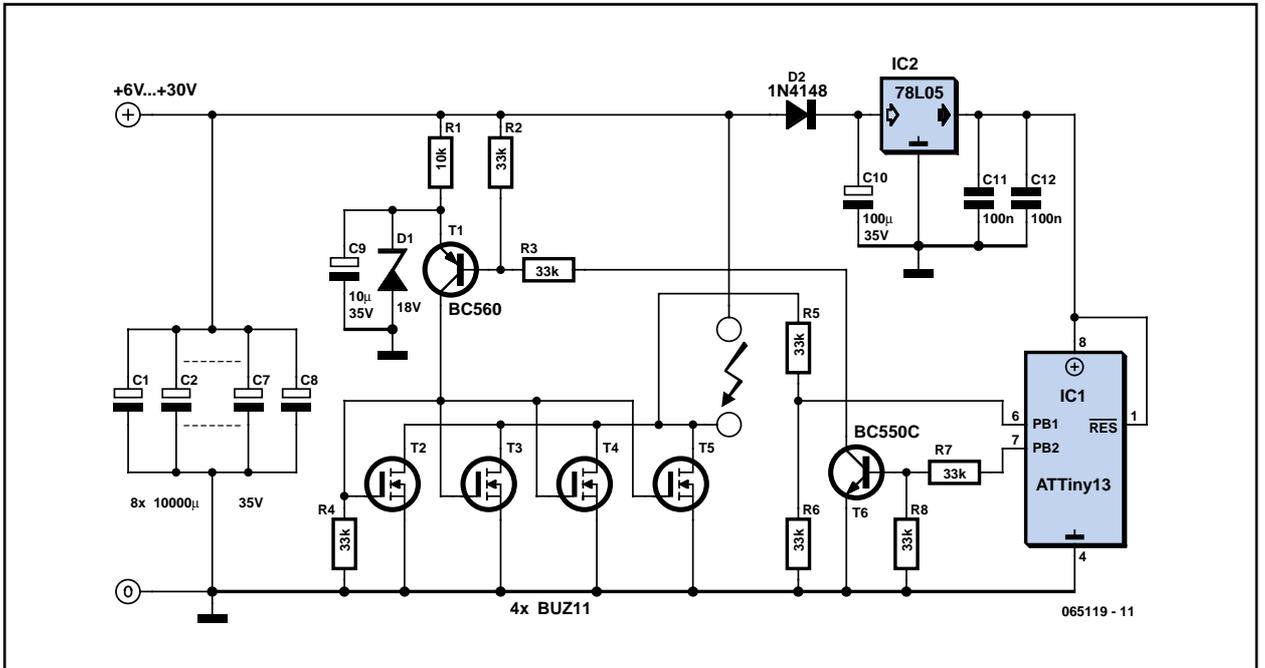
On y relie l'étage de commande à transistors (en bas à gauche), l'alimentation 5 V (en haut à droite) et le microcontrôleur (fils aux pattes).



Premier essai : faire des étincelles ! Le set de condensateurs peut fournir sa puissance rapidement. Attention aux morceaux de métal qui pourraient fuser.



Comment fixer 2 cellules l'une à l'autre ? La liste des pièces nécessaires : les cellules, une languette de métal (qui pourra être un morceau de tôle) pour la connexion.



Bien étamer le métal à l'endroit où doit être fixée la cellule aide. L'étain fond en effet plus facilement que la languette de métal ou le métal de la cellule.



Fixez la languette à l'une des électrodes de soudage et appuyez-la doucement contre la pile. Appuyez ensuite l'autre électrode fermement contre le métal à côté de la languette. Attention au flash.

## Notes

Le courant pouvant circuler au point de soudage dépend de 4 facteurs : la tension d'alimentation, la capacités des condensateurs, la résistance interne de ces derniers et la résistance du reste du circuit de décharge. Il est facile de jouer sur la tension. On peut, en utilisant un transformateur présentant un rapport d'enroulement différent ou, si l'on utilise une alimentation de laboratoire, en donnant une pichenette au bouton de réglage de la tension, ajuster l'intensité du courant de soudage.

Il faut veiller à ce que la résistance présentée par le trajet parcouru par le courant soit la plus faible possible. Il est donc important que les liaisons électrodes-condensateurs-FETMOS prennent la forme de fil de la section la plus forte possible. Il est préférable, pour abaisser la résistance interne des condensateurs, de ne pas utiliser un seul condensateur de forte capacité, mais d'en prendre plusieurs en parallèle. L'idéal serait des condensateurs dits *Low-ESR*, mais les condensateurs ordinaires coûtent moins cher tout en faisant bien le travail requis.

Nos électrodes de soudage prennent la forme de pointes



Si tout s'est bien passé, la languette est fixée fermement à la pile.

## L'auteur :

**Jeroen Domburg** est, dans sa vie de tous les jours, étudiant en Electrotechnique à IUT Saxion d'Enschede (NL). Il est un amateur éclairé et enthousiaste, qui, consacre son temps libre aux microcontrôleurs, à l'électronique et aux ordinateurs. Cette rubrique décrit une série de projets personnels, modifications et adaptations intéressantes proposés par leurs auteurs. Il arrive dans certains cas qu'ils aborde l'aspect sécurité façon un peu cavalière. Il faudra donc prendre leurs propositions avec le grain de sel requis.

de sondes de multimètre mises au rebut, mais un morceau de câble électrique d'installation fait également l'affaire.

On pourra télécharger le code-source du microcontrôleur aux adresses données en [1] ou [2].

## Avertissement

Bien qu'un appareil de soudage à l'arc à condensateur soit, en raison de sa puissance plus faible, plus sûr qu'un appareil de soudage standard, il est prudent de respecter certaines règles de sécurité :

- Attention à bien respecter la polarité des condensateurs lors de leur connexion au circuit.
- Portez des lunettes de protection lors du soudage. Bien que les éclats métalliques soient rares, rien de plus bête que d'en prendre un dans l'oeil.
- Déchargez l'appareil après vous en être servi. Cela vous évitera de vous effrayer si, lors du rangement, les 2 électrodes devaient se toucher.

(065119-1)

## Liens Internet :

[1] [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

[2] [sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/capwelder/](http://sprite.student.utwente.nl/~jeroen/projects/capwelder/)



Le second soudage se fait de la même façon.



Les 2 piles se trouvent maintenant fixées solidement l'une à l'autre.

# Un autre contrôleur



## AT89S8253 au lieu de AT89S8252

Burkhard Kainka

La fameuse carte à AT98S8252 Flash décrite dans Elektor de décembre 2001, conçue à l'origine pour servir de base au cours « Microcontrôleur », elle a été réalisée à plusieurs milliers d'exemplaires. La

mauvaise nouvelle est qu'Atmel a arrêté la production de l'AT89S8252 ! En fait il s'agit d'une bonne nouvelle vu que son remplaçant, le AT89S8253, est non seulement compatible broche à broche mais constitue une amélioration indéniable par rapport à son prédécesseur.

# pour la carte Flash

Les améliorations les plus marquantes sont une mémoire Flash de taille plus importante, un mode Page pour une programmation plus rapide et l'option d'une vitesse de calcul doublée. Le tableau récapitule les nouvelles caractéristiques.

Que le AT89S8253 puisse se substituer au AT89S8252 monté à l'origine sur la carte Flash se laisse vérifier par un test simple : on extrait le 8252 de son support; on enfiche dans ce dernier un 8253 que l'on programme avec le progiciel habituel et on démarre le tout. Résultat on ne peut plus satisfaire : tout fonctionne comme auparavant.

Il y a cependant une petite différence au niveau de l'oscillateur à quartz. Un seuil de tension d'alimentation minimum plus faible et le nouveau mode d'économie d'énergie ont des répercussions sur le circuit de l'oscillateur. Les valeurs recommandées des condensateurs encadrant le quartz (C1 et C2 de la carte Flash) sont de 5 pF  $\pm$  5 pF. On peut tout simplement supprimer les condensateurs de 22 pF d'origine. Il est impératif cependant d'obtenir une oscillation, mais même avec 22 pF, le quartz de 11,059 2 MHz oscille très proprement. En fait, il n'y a rien à modifier, on pourra implanter au choix soit l'ancien soit le nouveau microcontrôleur.

## Logiciel de programmation

Le AT898252 présentait, lors de la programmation, une certaine lenteur, surtout lorsque l'on voulait transférer la totalité des 8 Koctets. Le temps devenant de plus en plus précieux, Atmel se devait de faire quelque chose. Ils s'attaquèrent à l'interface de programmation qui fut fortement modifiée. Cela se traduit par un protocole tout neuf qui, de plus, connaît maintenant un mode Page. Il est possible de transférer 64 octets d'un coup, l'ensemble étant ensuite flashé d'un trait. On y gagne du temps. Alors que l'ancien contrôleur requérait au moins 12 secondes pour 8 Koctets, le nouveau n'en met pas une pour la totalité de 12 Koctets. Ceci implique cependant l'utilisation d'un nouveau logiciel de programmation. La version la plus récente du programme ATMELISP.exe (**figure 1**) de Ulrich Bangert (DF6JB) supporte déjà le nouveau circuit. Il suffit de choisir le contrôleur souhaité et le matériel « DK7JD » (= carte Flash d'Elektor). Il peut s'avérer nécessaire, sur certains PC, d'augmenter le Clock-Delay (délai horloge). À partir de là tout fonctionne comme d'habitude.

Dans le cours « Microcontrôleur » nous utilisons 2 outils de téléchargement spéciaux pour le 89S8252, outils qu'il faut maintenant remplacer pour travailler avec le 89S8253. **MicroFlash53** tel est le nom du nouvel outil de programmation spécialement destiné au 89S8253 (**figure 2**). Il permet le transfert de fichiers .hex et .bin d'une taille maximale de 12 Koctets.

Un second outil, **TasmEdit**, sert à l'écriture de programmes en assembleur; lui aussi est remplacé par une nouvelle version spécifique au 89S8253 : **TASMedit53** (**figure 3**). Il faudra, si vous envisagez d'écrire votre propre logiciel

## Améliorations

AT89S5253 comparé au AT89S5252 :

- 12 Koctets de Flash au lieu de 8 Koctets
- Mode Page pour une programmation plus rapide
- Vitesse de traitement double par inhibition de l'option Clock/x2
- Fonction de POR et de détection de brownout
- Tension d'alimentation entre 2,7 et 5,5 V

de programmation, tenir compte d'un passage du protocole 3 octets d'origine à un nouveau protocole 4 octets maintenant. Il n'est plus possible maintenant d'écraser tout simplement d'anciens octets par des nouveaux car ceci est en contradiction avec la possibilité de mode Block. De plus, il faut, avant la programmation, effacer la totalité de la mémoire Flash à l'aide de Chip Erase. Après effacement il faut initier une RAZ (**R**emise **A** Zéro = **R**eset) pour retourner dans le mode de programmation. Après basculement de l'état de RAZ il faut respecter un délai d'attente suffisant pour permettre au condensateur de RAZ de changer de charge. Les listages 1 et 2 montrent les lignes concernées du code source en Delphi du nouveau logiciel.

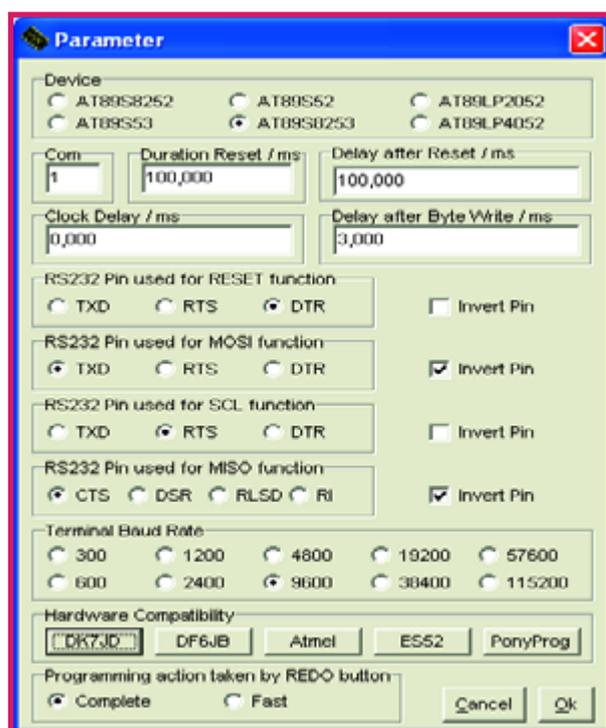


Figure 1. ATMELISP.exe.

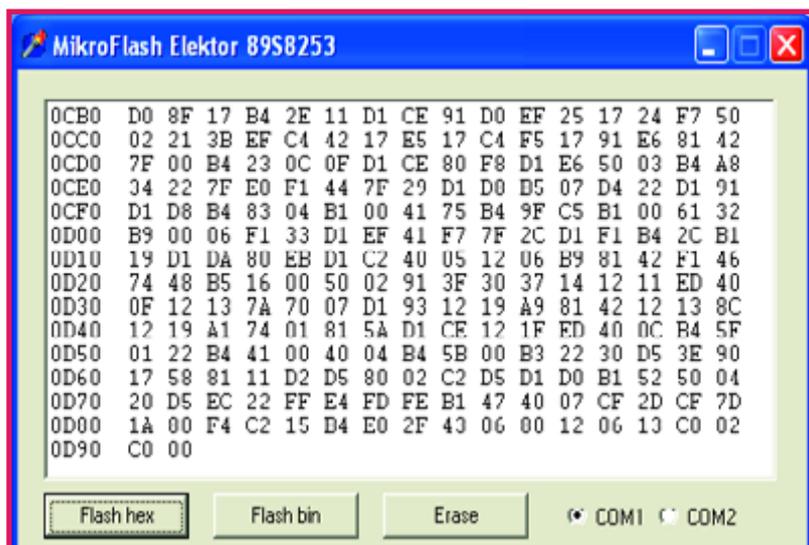
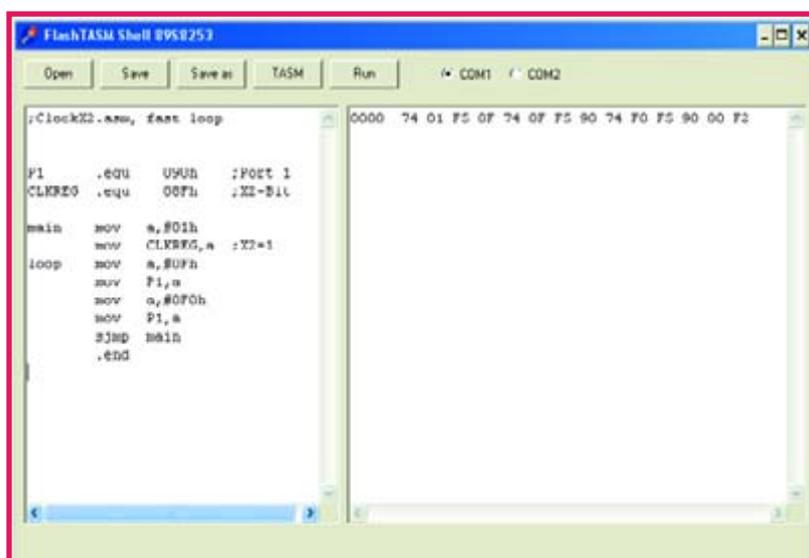


Figure 2. MikroFlash53.exe.

## Vitesse double

Le AT89S8253 possède un noyau 8051 amélioré, avec lequel un cycle d'instruction ne dure plus 12 cycles d'horloge comme sur son prédécesseur, mais n'en dure plus que 6. Ceci a multiplié la vitesse du contrôleur par deux, encore que cela ne soit pas directement sensible. En effet, la fréquence d'horloge fournie par l'oscillateur à quartz subit, en interne, une division par deux. Il est cependant possible de désactiver ce prédiviseur. On dispose pour cela d'un nouveau registre, CLKREG à l'adresse 08FHEX avec le bit X2 dans le Bit0 du registre. Après le démarrage du contrôleur, CLKREG contient un 0. Le bit X2 se trouve de ce fait à zéro et le prédiviseur activé. L'accès à CLKREG ne peut se faire que bit par bit; il faut donc écrire tous les 8 bits, les bits 1 à 7 n'ayant pas de signification. Il suffit d'écrire un « 1 » dans le registre CLKREG pour voir fonctionner le nouveau contrôleur à vitesse double.

Figure 3. TASMedit53.exe.



```
CLKREG .equ 08Fh ;X2-Bit
Mov a, 01h
Mov CLKREG,a ;X2=1
```

La limite de vitesse est atteinte avec une horloge de 24 MHz. Par conséquent, si le bit X2 est positionné, la fréquence de quartz ne doit pas être supérieure à 12 MHz. La carte Flash étant dotée d'un quartz de 11,059 2 MHz, il n'y a pas la moindre restriction au positionnement du bit X2. 3 lignes de programmes additionnelles, il n'en faut pas plus pour faire travailler n'importe quel programme 2 fois plus vite qu'auparavant !

## Tension et Brownout

Le nouveau contrôleur possède une plage de tension d'alimentation allant de 2,7 à 5,5 V. La carte Flash est paramétrée à 5 V, ceci n'empêche cependant pas de programmer un contrôleur dans cette carte, d'en tester le fonctionnement et de l'utiliser dans un matériel cible travaillant à une tension plus faible.

L'électronique de RAZ a été épaulée par une fonction POR (*Power-On-Reset*). Il est de ce fait de supprimer le condensateur de RAZ. Après la mise sous tension on a génération automatique d'un état de RAZ qui est quitté 1 milliseconde plus tard. Le circuit de RAZ est associé en outre à une détection de *brownout* (tension trop faible pour un fonctionnement correct) paramétré à un niveau de déclenchement de 2,2 V. Toute chute de la tension d'alimentation en-deçà de 2,2 V, déclenche une RAZ. On est assuré ainsi de la sécurité maximale même en l'absence de circuit de surveillance de la tension externe. En 2 mots

Ce nouveau contrôleur donne de meilleures performances à la carte Flash d'Elektor. Elle conserve toutes ses fonctions et possibilités d'application originales (y compris l'utilisation pour le cours de programmation) sans la moindre modification. Aspect important : elle voit son avenir confirmé, car s'agissant d'un contrôleur tout neuf, il est fort probable que sa durée de production s'étale sur un certain nombre d'années...

(060052-1)

## Téléchargements :

Vous pourrez télécharger le logiciel de programmation pour le cours depuis le site Internet d'Elektor.

Vous pourrez le trouver à 2 endroits du site [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) :

1. e-CHOPPE – Livres – Micro-contrôleurs – Programmation de microcontrôleur
2. Magazine – Mai 2006 – Un autre contrôleur pour la carte Flash

Vous pourrez également trouver la version la plus récente de Atmellsp sur la page FAQ de l'auteur (en allemand) : [www.b-kainka.de/basismifaq.htm](http://www.b-kainka.de/basismifaq.htm)

# CHRONO DE PISTE AUTO

Nico van Rooijen

**Une piste de course pour modèles réduits est un joli jouet pour garçon. Mais les « grands garçons » aussi adorent, à l'occasion, se faire plaisir. On ne parle plus alors de jouet, mais de « violon d'Ingres ». Entre amis, il arrive que les esprits s'échauffent lorsqu'il s'agit de savoir qui a passé le premier le finish. Nous vous proposons un circuit qui pourra se faire l'arbitre de telles situations.**



Dans une course sur piste il n'y a qu'une chose qui importe : qui est le plus rapide ? Dans la majorité des cas, la différence est évidente, mais, à l'occasion, les premiers passent la ligne côte à côte et il faut un « photo-finish » pour les départager. On peut bien évidemment doter sa piste d'une installation photo mais il ne faut pas exagérer. La réalisation présentée ici, si elle est simple n'en est pas moins très précise.

De par la présence d'un microcontrôleur le schéma peut rester relativement simple. Ce composant permet des mesures très précises et des prises de temps indépendamment du (programme tournant sur le) PC. Grâce à ce découplage du PC il est relativement facile d'atteindre une précision du 1/1 000<sup>ème</sup> de seconde. Sur le PC lui-même les différents *timers* (le *timer* système, le *timer* USB, les interruptions, etc.) se mélangent un peu les

pinceaux ce qui peut entraîner de fortes variations de la précision. Ici pas de problème à ce niveau.

## Le matériel

La **figure 1** nous présente le schéma de l'électronique. D3 et D4 sont des LED infrarouges. Elles seront montées à l'aplomb de la piste. Les photodiodes D5 et D6 seront elles implantées dans la piste elle-même et disposées exactement en face des LED de manière à « voir » parfaitement la lumière des LED (cf. figure 5). Lors du passage d'un bolide, la photodiode est occultée un bref instant et ne détecte plus le rayonnement de la diode IR. Ceci se traduit par une variation du courant dans la photodiode et une détection par IC3 du passage de la voiture. Ce double ampli op est monté en comparateur en vue de comparer la tension aux bornes des photodiodes à une tension prédéterminée (R3/R6).

Le microcontrôleur, un 89C2051, est cadencé à 12 MHz par le quartz X1. Cette fréquence lui donne suffisamment de vitesse pour lui permettre de relever les temps de tour de piste avec une précision du 1/1 000<sup>ème</sup> de seconde. Le programme présent dans le microcontrôleur assure une conversion de ces temps au format ASCII pour une transmission vers le PC. La connexion du microcontrôleur au PC se fait par un circuit intégré de Maxim qu'il n'est plus nécessaire de vous présenter, un MAX232. Les LED D1 et D2 signalent visuellement le passage d'un bolide miniature.

## Réalisation

La **figure 2** vous propose la platine dessinée à l'intention de ce montage. La réalisation ne devrait pas poser de problème et ne présente pas de piège. À ne pas oublier, le pont de câblage à disposer sous IC1. On mettra le microcontrôleur

# Pour grands garçons rapides

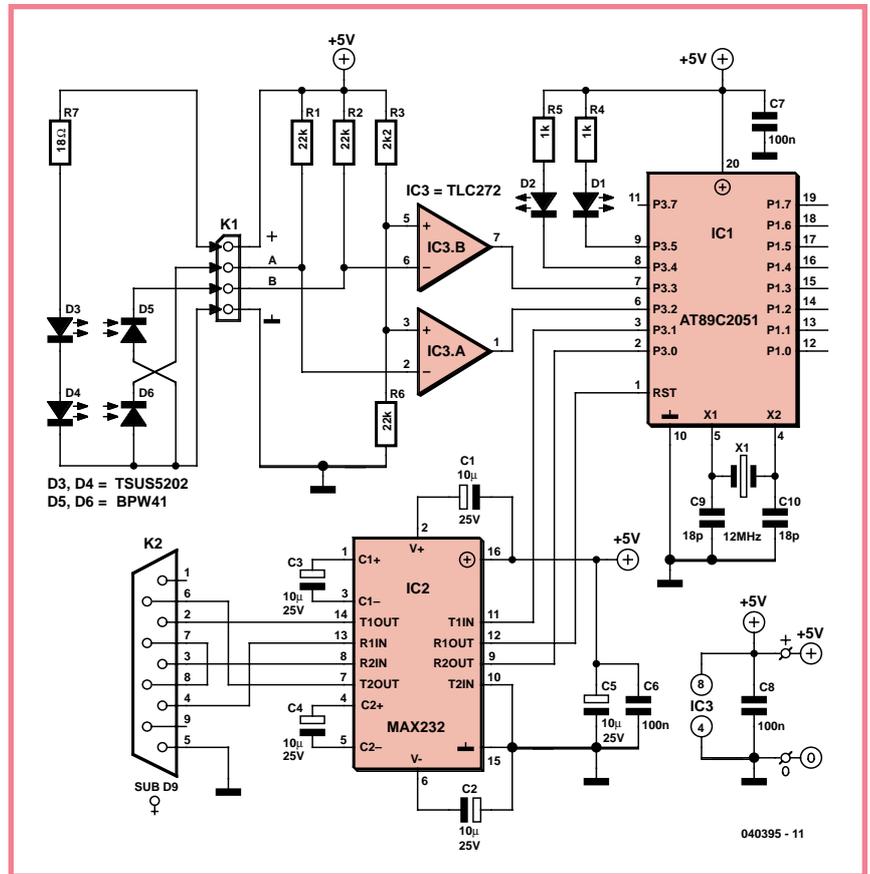
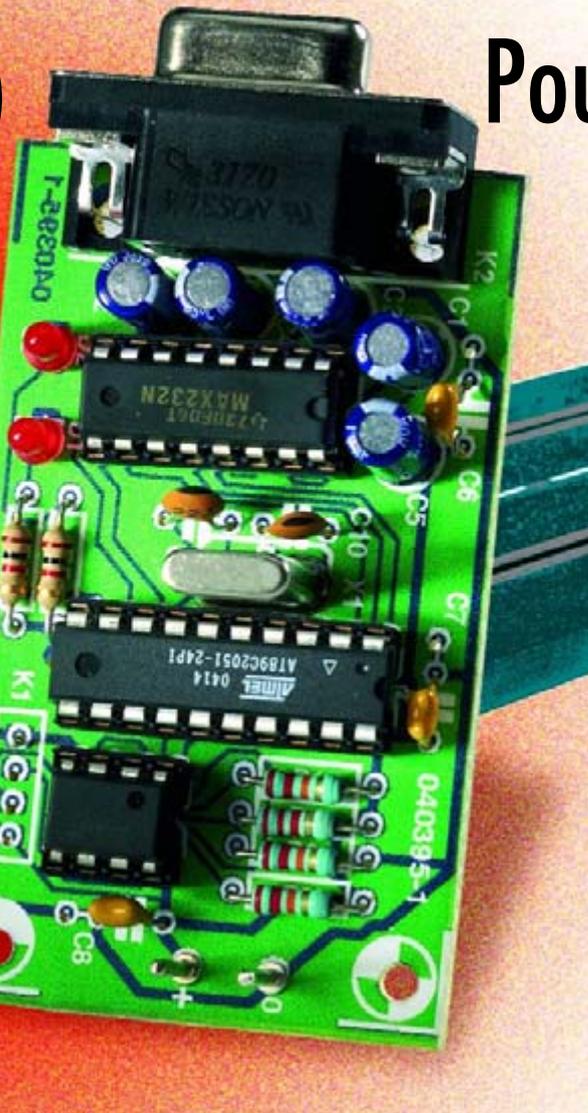


Figure 1. Le schéma électronique de notre chrono pour piste de course.

## Liste des composants

### Résistances :

- R1, R2, R6 = 22 kΩ
- R3 = 2kΩ
- R4, R5 = 1 kΩ
- R7 = 18 Ω

### Condensateurs :

- C1 à C5 = 10 μF/25 V radial

- C6 à C8, C11 = 100 nF
- C9, C10 = 22 pF

### Semi-conducteurs :

- D1, D2 = LED 3 mm faible courant
- D3, D4 = LED IR telle que, TSUS5202
- D5, D6 = photodiode telle que, par exemple, BPW41IC1 = AT89C2051-24PI (programmé **EPS040395-41**)
- IC2 = MAX232
- IC3 = TLC272

### Divers :

- K1 = embase SIL à 1 rangée de 4 contacts
- K2 = embase Sub-D 9 points femelle encartable
- X1 = quartz 12 MHz
- Platine EPS040395-1 disponible via ThePCBShop (cf. [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))
- CD avec logiciel : EPS040395-81
- Logiciel disponible également sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr).

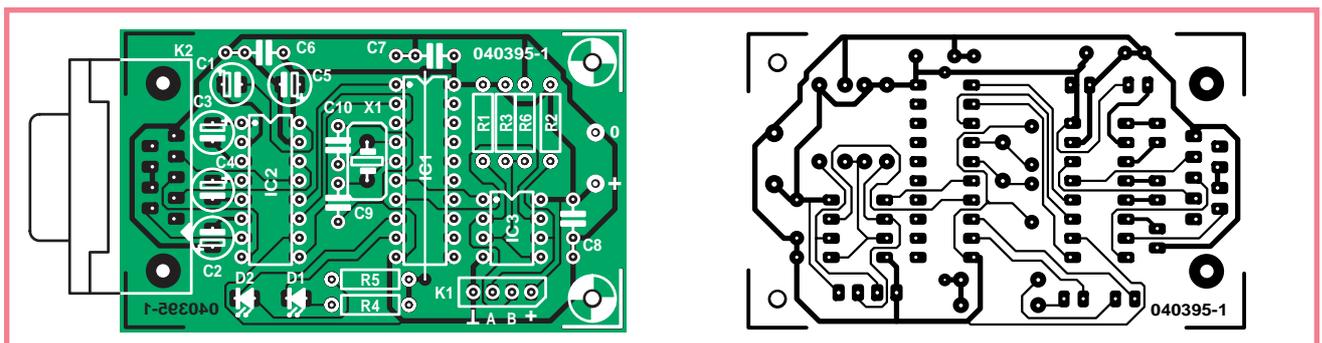


Figure 2. L'embase RS-232 est soudée à même le circuit imprimé. N'oubliez pas le pont de câblage à implanter sous IC1 !

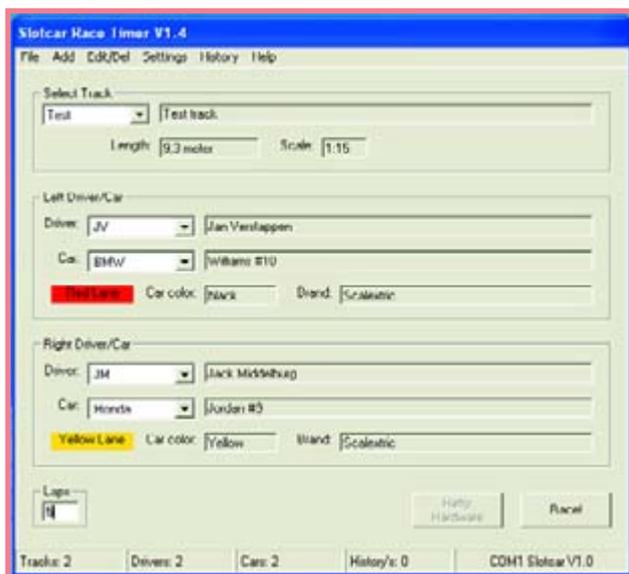


Figure 3. Paramètres du logiciel tournant sur le PC.

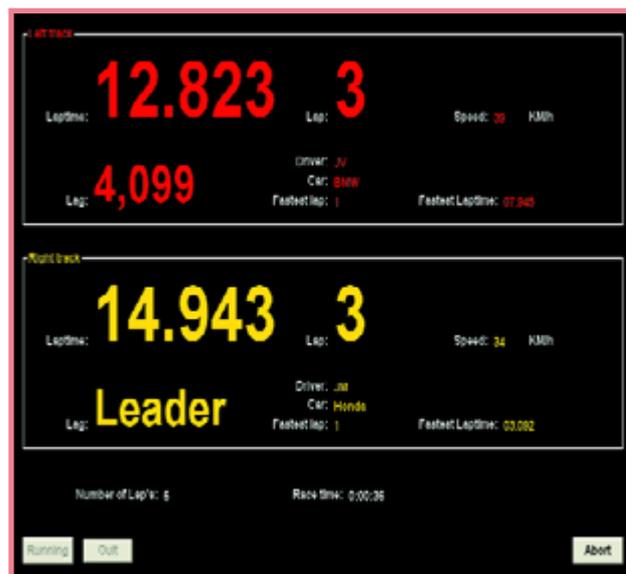


Figure 4. Les temps au tour et le nombre de tours.

(programmé !) de préférence sur un support. Le connecteur sub-D femelle est soudé directement sur la platine. Nous avons déjà parlé du positionnement des LED et des photodiodes. À noter que la résistance R7 n'est pas montée sur la platine mais prise en série avec les LED. L'alimentation pourra se faire à l'aide d'un adaptateur secteur fournissant une tension régulée de 5 V. La consommation de courant des circuits intégrés est faible, de l'ordre de 20 mA. Le courant consommé par les LED IR constitue la majeure partie de l'énergie nécessaire (>100 mA).

La liaison vers le PC se fait à l'aide d'un câble RS-232 1:1, (un câble modem zéro ne convient pas ici).

### Le logiciel

Il se compose ici de 2 programmes : le progiciel à mettre dans le microcontrôleur et le logiciel tournant sur le PC. Le microcontrôleur programmé existe auprès des adresses habituelles mais vous pouvez également télécharger depuis notre site et le code objet et le code-source de même d'ailleurs que le programme tournant sur le PC. La totalité du logiciel est en outre disponible sur CD-ROM (EPS040395-81).

Le logiciel pour PC s'explique de lui-même (cf. figure 3). On peut choisir la piste (*track*) mais aussi les coureurs. On peut indiquer quelles voitures courent et les couleurs choisies. Il va sans dire qu'il faut, pour pouvoir sélectionner des pistes, des cou-

reurs et des voitures qu'il y ait effectivement différentes pistes, coureurs et voitures... On pourra les créer à l'aide du point de menu « Edit/Add ». En bas à gauche il faut entrer le nombre de tours que doit comporter la course. Le bouton « Race! » fait apparaître un écran qui visualise les informations les plus importantes (cf. figure 4). Une fois la course terminée, ces informations sont présentées proprement et le vainqueur identifié. On pourra stocker les données en vue d'un post-traitement ou pour mettre du sel dans les plaies (morales) du perdant. Nous vous souhaitons beaucoup de plaisir lors de la réalisation mais aussi lors de vos compétitions, car c'est bien là le but (ultime) de la manoeuvre !

(040395-1)

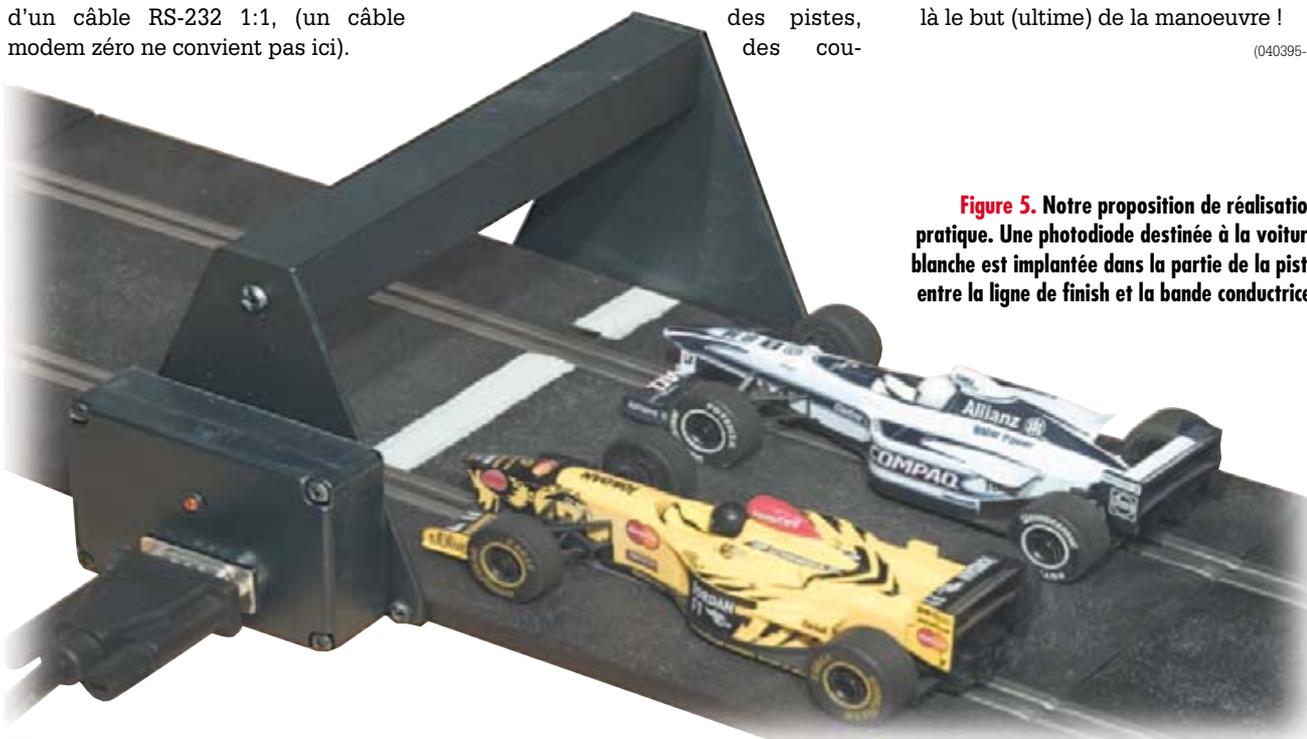


Figure 5. Notre proposition de réalisation pratique. Une photodiode destinée à la voiture blanche est implantée dans la partie de la piste entre la ligne de finish et la bande conductrice.

# Hexadoku

## Puzzle pour les électroniciens

Notre Hexadoku est, en quelques mois, devenu un puzzle fort connu et très apprécié, et ce pas uniquement par les lecteurs d'Elektor. Rien de tel pour faire travailler sa matière grise, que vous soyez électronicien ou non. Nous vous proposons ici notre hexadoku d'octobre.

Participez et gagnez l'un des prix.

Les instructions pour la résolution de ce puzzle sont enfantines. Le Hexadoku utilise les chiffres du système hexadécimal, à savoir de 0 à F. Du tout cuit pour les électroniciens et programmeurs !

Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de façon à ce que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) ne soient utilisés **qu'une seule**

**et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (identifiés par une ligne plus grasse). Certains chiffres sont déjà placés dans le puzzle et en définissent ainsi sa situation de départ.

La solution de ce puzzle vous permettra de gagner de jolis prix. Il vous suffit de nous envoyer la **série de chiffres** en grisé.

F			2	8	5			9	1	0					
8		5				1	C	6	7	F	4	E			9
D	C		4			E			B	0					F
	1		B	F		3	7	A	8		E	C	D		5
	F		A									D	3	B	
C	E	D						3		5	9				7
	5		1	9	2					7	8				
7	B	9			3				0	C	6	5	4		
B	9	A		8	7			F			C			1	
	3		7	0			4	9	B	5	D				6
	2			9		F	6		8			3			
	6	8		3	1	C	A		2					B	
			4	0	7	B	E						2	D	
E	D		C				3	8		1	2				
	4	1			A	D		7	6				8	E	
		7	F	E				5			3				

### Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres de la section grisée) par E-mail, télécopie ou courrier **avant le 1<sup>er</sup> novembre 2006** à

Elektor c/o Regus Roissy CDG  
Le Dôme  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
01.49.19.26.19  
95731 Roissy CDG  
Email: hexadoku@elektor.fr

Tout recours légal est exclu de même que le sont les personnels de Segment B.V. et leur famille.

### Les gagnants

La bonne solution de l'Hexadoku du numéro 336 (juin) est : **IDRFBV**

Le gagnant du **E-blocks Starter Kit Professional** est :

**Jean-Francois Frebourg** (76200)

Les **3 bons Elektor** d'une valeur de **€50** chacun vont à :

**Helmut Müller** (91700),  
**Alexandre Kromberger** (67100) et  
**Pascal Schmidt** (64230)

Nos félicitations aux lauréats !

### Participez et gagnez !

Nous tirerons au sort l'une des réponses correctes qui nous seront parvenues; son auteur recevra un

**E-blocks Starter Kit Professional** d'une valeur de **€365,75**;



nous offrirons en outre **3 bons Elektor** d'une valeur de **€50** chacun.

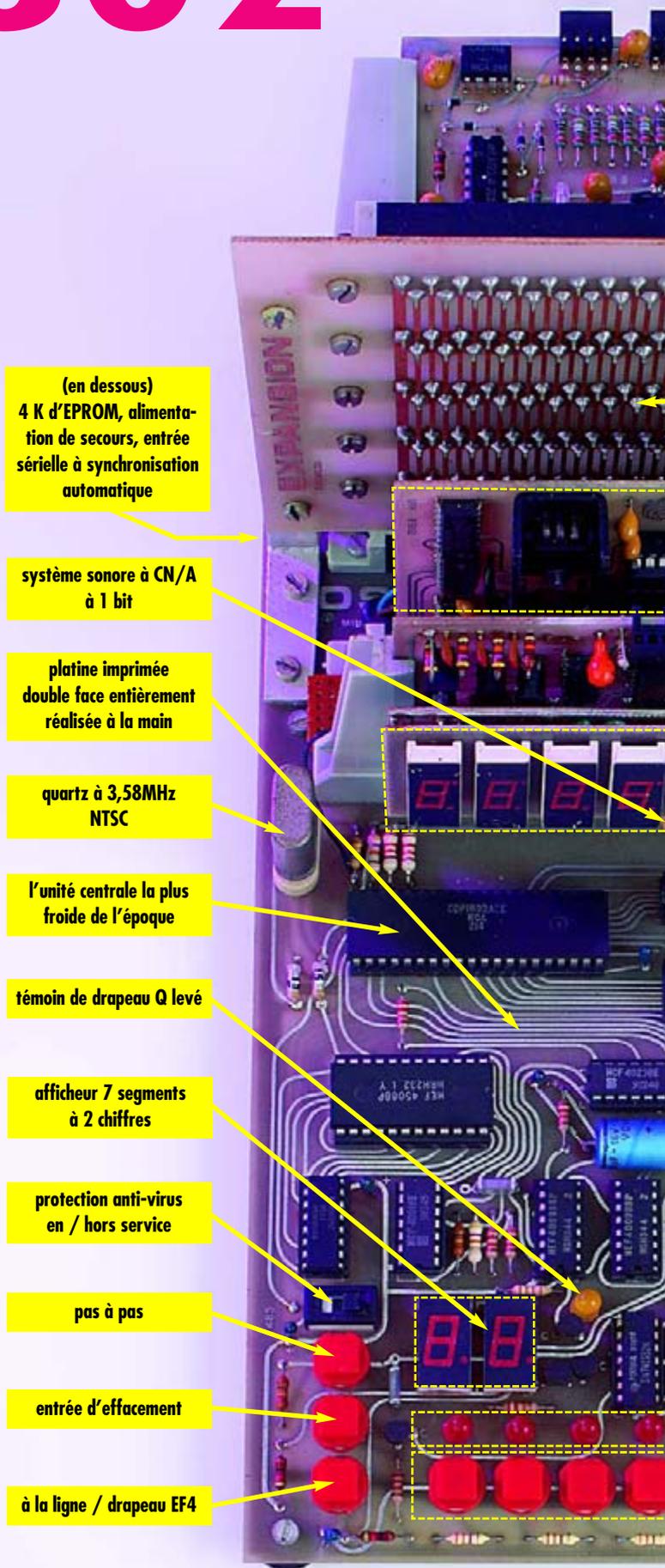
Faites vos jeux !

# CDP1802 —

Jan Buiting

Retour en 1975, quand un brillant concepteur de chez RCA, aux États-Unis, le Dr Joseph Weisbecker, inspiré par l'architecture du microprocesseur Intel 4004, développe deux puces, le CDP1801R et le CDP1801U, pour créer son propre microprocesseur. Début 1976, grâce aux progrès du processus de fabrication chez RCA, il était possible de réunir les deux dans un seul boîtier, immatriculé d'abord CDP1802 puis « Cosmac ». La fréquence d'horloge s'élevait en même temps de 2 MHz à 6,4 MHz sous une tension d'alimentation de 10 V, particularité remarquable, puisque la plupart des microprocesseurs d'alors, aussi bien TTL que NMOS, tournaient sous 5 V et consommaient des centaines de milliampères, ce qui les rendaient brûlants au toucher. Le CDP1802 fut le premier processeur composé uniquement en CMOS, ce qui lui offrait de nombreux avantages : faible consommation, larges plages de température, meilleure immunité au bruit, grande gamme de tensions d'alimentation et la capacité d'interfacer directement avec les puces CMOS de la série 4000 aussi bien qu'avec les bons vieux TTL 7400. Le 1802 offrait une horloge à une seule phase, la possibilité d'opérer en statique (le processeur peut travailler à n'importe quelle fréquence et s'arrête simplement à 0 Hz) et une architecture inhabituelle que l'on disait « claire », « totalement propre » et « efficace ». C'était un processeur à 8 bits avec une pile de seize registres larges de 16 bits dont chacun pouvait assurer le fonction de compteur ordinal (P) et de pointeur de pile (X). Il disposait aussi de l'adressage direct (DMA), de quatre entrées logiques lisibles par logiciel et de sept canaux de sortie rudimentaires d'un octet de largeur. La publication par Joe Weisbecker en 1976 de son ordinateur Cosmac « ELF » DIY dans la revue *Popular Electronics* a fait s'étendre énormément la popularité du 1802 et des milliers d'a-

mateurs on embrassé la vogue des microprocesseurs CMOS pour laisser les utilisateurs de 8080, 8085 et autres 6502 se faire du mauvais sang à cause de la chaleur dégagée par leurs alimentations. Comme beaucoup de micro-ordinateurs concoctés à la maison en ce temps-là (comme le KIM), ELF s'est agrémenté d'une panoplie de projets d'extension, matérielles et logicielles, allant jusqu'au FORTH, au Tiny Basic, aux interfaces pour disquette et même à la sortie vidéo en couleurs. La promotion auprès des amateurs fut une réussite. Du côté des professionnels, le CDP1802 se distinguait comme le premier micro capable d'être fabriqué en technologie de silicium sur saphir (SOS) qui le rendait résistant aux radiations cosmiques. C'est ainsi qu'il est effectivement parti dans l'espace, des versions CMOS/SOS du CDP1802 construites avec l'aide de Sandia National Labs ont été embarquées dans des vaisseaux spatiaux parmi lesquels UoSAT-1, UoSAT-2, Viking, Voyager et Galileo, à bord desquels ils ont opéré pendant des décennies sans la moindre défaillance malgré les conditions impitoyables qu'ils devaient endurer. Mon expérience personnelle du 1802 remonte à 1981, quand j'ai acheté un livre qui décrivait ce que je considère comme la version la plus élaborée, européanisée, de l'ordinateur ELF. J'avais vu un ami se bagarrer avec son ensemble de développement pour 8085 et je décidai de me passer des services d'Intel. Quelques semaines après avoir ouvert le livre (rédigé par Bob Stuurmann, un des auteurs qui contribuent à présent à notre magazine *Elektron*), j'avais construit mon micro-ordinateur sur une seule carte sur laquelle trônait un CDP1802 et j'étais capable d'allumer et d'éteindre une LED par action sur un poussoir. Je lui ai également fait exécuter une rengaine de Noël avec un écouteur branché sur une des lignes de sortie. J'étais bien le seul à m'en émerveiller. Les perfectionnements de mon système Cosmicos par rapport au



(en dessous)  
4 K d'EPROM, alimentation de secours, entrée série à synchronisation automatique

système sonore à CN/A à 1 bit

platine imprimée double face entièrement réalisée à la main

quartz à 3,58MHz NTSC

l'unité centrale la plus froide de l'époque

témoin de drapeau Q levé

afficheur 7 segments à 2 chiffres

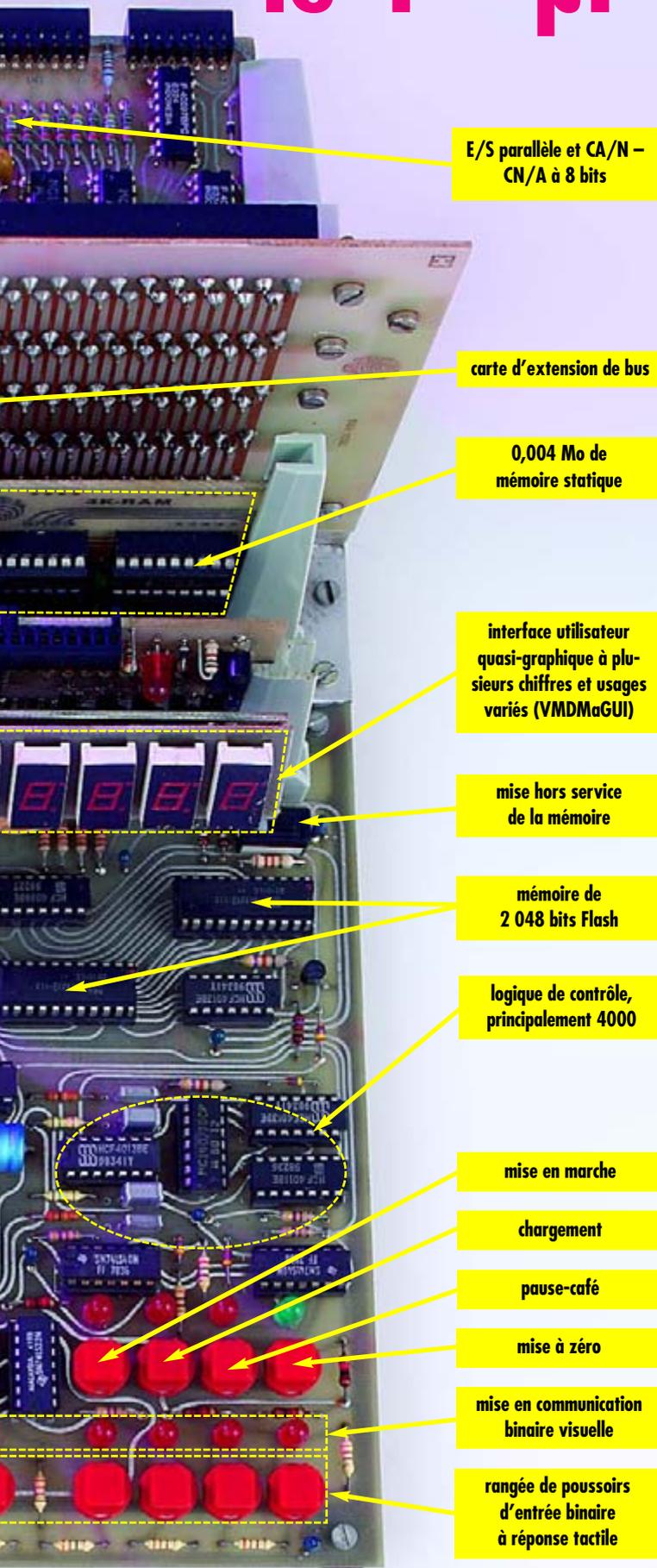
protection anti-virus en / hors service

pas à pas

entrée d'effacement

à la ligne / drapeau EF4

# le 1<sup>er</sup> µP dans l'espace



E/S parallèle et CA/N –  
CN/A à 8 bits

carte d'extension de bus

0,004 Mo de  
mémoire statique

interface utilisateur  
quasi-graphique à plu-  
sieurs chiffres et usages  
variés (VMDMaGUI)

mise hors service  
de la mémoire

mémoire de  
2 048 bits Flash

logique de contrôle,  
principalement 4000

mise en marche

chargement

pause-café

mise à zéro

mise en communication  
binaire visuelle

rangée de boutons  
d'entrée binaire  
à réponse tactile

ELF, dont il s'inspirait manifestement, consistaient principalement dans l'usage de puces CMOS autour du 1802 et en une platine imprimée de très haute qualité riche en systèmes d'extension. Pour l'essentiel, j'ai pu acheter localement tout ce qu'il me fallait sans avoir à commander aux USA. Au point de vue de la qualité, si le ELF suivait la norme TV NTSC, mon Cosmicos adhérerait au PAL, subtil et d'une technique plus évoluée.

Au fil des ans, le Cosmicos CDP1802 s'est mué successivement en système d'alarme, en tampon d'impression (avec 48 Ko de RAM dynamique), en jeu vidéo, puis en générateur de mire et de titres pour ma station de télé amateur. Jusqu'à tout récemment, il m'a servi à commander la température et l'humidité dans la serre. Au début, on le programmait directement par les quelque 90 codes opératoires, faciles à mémoriser, du 1802, puis en code assembleur et finalement dans une version modifiée de « Chip-8 », un magnifique petit interpréteur utilisable sur plusieurs microcontrôleurs de l'époque.

Si mes souvenirs sont bons, au faite de sa gloire, mon système Cosmicos se composait d'une unité centrale CDP1806 scannée à 8,86 MHz, de 128 Ko de RAM dynamique, d'une unité à disquette avec lanceur d'amorce, d'un modem, d'une carte vidéo simple et d'une sortie sonore. Il travaillait avec l'assembleur et le désassembleur, FORTH, Chip-8, le Tiny Basic, quelques jeux et une pléthore d'utilitaires bien stylés, tous issus d'un lecteur de disquette de 5,25 pouces ou de cassettes. Le tout était casé dans un boîtier de bureau de 19 pouces qui en a vu de toutes les couleurs dans le coffre de ma voiture, transbahuté d'un coin à l'autre du pays, de réunions de clubs en rencontres amicales. Il a même été confisqué un jour par la douane allemande. De façon stupéfiante, on pouvait littéralement

le décortiquer en pièces en quelques minutes pour le ramener dans son plus simple appareil, la carte mère et rien d'autre qu'un clavier binaire et un afficheur à sept segments à LED.

Notez bien, nous étions alors dans l'ère avant l'Internet, aussi fallait-il encore se procurer livres et documentation à la dure, il était indispensable de savoir lire et écrire et une carte de membre d'un club d'enthousiastes était essentielle si vous vouliez passer pour quelqu'un de sérieux. Pour mon bonheur, quantité d'amis américains qui s'intéressaient aussi de près au 1802 et programmaient allègrement leur système ELF-2 m'ont envoyé par la poste des livres et des magazines ainsi que probablement des centaines de photocopies, chaque fois en échange de quelques coupons-réponse internationaux (qui s'en souvient ?). Les téléchargements n'existaient pas, il a fallu attendre la fin années 80 pour voir se développer la manie du BBS (système de bulletins électroniques) en utilisant un modem à 75/1200 bauds. N'en parlons plus !

Je peux affirmer que si je n'avais pas construit et programmé mon système à 1802, je n'aurais pas été engagé comme éditeur technique du présent magazine en 1985. Les éditeurs de l'époque chez Elektor étaient ébahis de voir ce micro-ordinateur qui, contrairement au Junior Computer, était beaucoup moins compliqué et gourmand en énergie. Aujourd'hui, le CDP1802 et ses dérivés le 1805 et le 1806 sont des antiquités, pourtant on en trouve encore dans quantité de systèmes et d'appareils en service comme des feux de signalisation, des enregistreurs de données et des distributeurs automatiques. Au début des années 90, une firme allemande a vendu un ordinateur domestique basé sur le CDP1802 sous l'appellation COMX-35. En compétition alors avec le Sinclair et le Commodore, il n'a jamais atteint le succès.

(065062-1)

Rétronique est une colonne mensuelle s'intéressant à de l'électronique du siècle dernier y compris des montages de légende décrits dans Elektor. Nous sommes ouverts à toutes les contributions et suggestions. N'hésitez pas à nous envoyer un E-mail à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr), sujet : Rétronique Elektor

# Le ZigBee™ avec

Fabrice André

**De nos jours, il n'est plus de secret pour personne, que le « sans fil » a pris une importance capitale dans nos vies. Il suffit, pour s'en convaincre, de regarder autour de soi pour découvrir les innombrables applications qui nous entourent au quotidien telles que, téléphones portables, systèmes d'alarme, portes de garage, claviers et souris, etc.**

Aujourd'hui, le mot d'ordre semble être d'éliminer tous ces fils qui nous encombrant et la demande en la matière est grandissante. Pour y parvenir, sous l'égide de grands constructeurs, diverses normes de transmissions sans fil ont vu le jour comme le Bluetooth, ou le Wi-Fi qui semble avoir le vent en poupe actuellement, tout ceci apparaît comme étant bien compliqué pour l'amateur averti qui serait tenté de sauter le pas et de concevoir sa propre application *wireless* alors, comment faire ?

Nombreux sont les fabricants de circuits intégrés à proposer des puces sachant fonctionner sur l'une ou l'autre des technologies sans fils en vogue actuellement. On trouve même des microcontrôleurs doués de cette faculté mais, tous sont bien souvent spécifiques onéreux et difficile à approvisionner au détail, le CC2420 de Chipcon en est un bon exemple. Quand bien même ces tracas surmontés, le concepteur sait bien qu'à un moment donné il se retrouvera forcément face à une difficulté d'une autre nature. Les données doivent bien finir par quitter le silicium pour naviguer dans l'air, et transiter par le classique étage de sortie avant de rejoindre une antenne correctement accordée.

Cet étage de sortie, constitue le cauchemar de l'électronicien amateur qui ne manquera pas de rester circonspect devant ces selfs qui le terrorisent et duquel dépendent les performances de son application. Cela n'a pas échappé aux constructeurs qui proposent désormais des « solutions H.F » sous forme de modules prêts à l'emploi. Nous allons nous intéresser à l'un d'entre eux dont le fonctionnement s'appuie sur le protocole ZigBee.

## Un mot sur le ZigBee

ZigBee est le nom de baptême d'une norme de communication sans fil à vocation essentiellement industrielle. Historiquement, le ZigBee est une évolution d'une autre spé-



cification, le Home RF, aujourd'hui tombé en désuétude et auquel on promettait un bel avenir jusqu'à l'apparition d'un sérieux concurrent, le *Wireless Fidelity* (Wi-Fi).

La disparition prématurée du Home RF peut donner à penser voire à s'inquiéter quelque peu, et il serait logique de se demander si l'histoire ne risque pas de se reproduire. À cette inquiétude sans fondement, nous pouvons répondre que le ZigBee est soutenu par de grands groupes tels que Freescale (anciennement Motorola), Honeywell, Philips ou encore Microchip et Mitsubishi qui se sont associés sous la dénomination « ZigBee Alliance ». Il a aussi la faveur de Paul Allen, l'un des fondateurs de Microsoft qui le finance à coup de millions (de dollars !). Le ZigBee tire son origine de la norme IEEE 802.15.4 et partage la même fréquence de travail que le Wi-Fi (2,4 GHz), dispose de 16 canaux distincts qui sont autant de réseaux pouvant cohabiter en un même lieu sans se gêner. Il autorise un débit de données pouvant atteindre au maximum 250 Kbps sur une portée de 100 m.

Cette dernière vitesse peut paraître faible lorsqu'elle est comparée aux 54 Mbps du Wi-Fi ou au 1 Mbps du Bluetooth et c'est bien là que réside ce qui pourrait être interprété comme son point faible. Nous le disions précédemment, il s'agit d'un protocole industriel, le débit n'est pas primordial pour ce type d'applications. En revanche, le ZigBee a été développé dans le but d'offrir une faible consommation, et surtout un faible coût.

Le **tableau 1** en fin d'article donne un comparatif des 3 technologies sans fil que nous venons d'évoquer.

## Les modules XBee

MaxStream, l'un des leaders de la communication sans fil vient récemment d'ajouter à son catalogue un produit

# XBee™



## Zig(Bee) et PUCE

### L'aspect logiciel

Ce module *Low Cost* (faible coût) s'interface très facilement au moyen d'une classique liaison série comme celles que l'on retrouve couramment à l'intérieur d'un microcontrôleur (UART) ou bien sur le port COM d'un ordinateur (RS-232) à une vitesse atteignant 115 200 bauds. Toutefois la connexion directe de ces deux standards avec un Xbee n'est pas possible car, comme le suggère le synoptique de la **figure 3**, celui-ci s'alimente non pas en 5 volts comme c'est le cas pour une majorité de circuits numériques, mais sous 3,3 volts. Il est dans ces conditions hors de question de présenter en entrée un quelconque signal supérieur à cette tension. Nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

Son utilisation ne fait appel à aucune connaissance spécifique et il n'est partant pas nécessaire d'être un spécialiste du protocole ZigBee car, c'est le module qui s'occupe de tout. S'agissant d'un système « intelligent », il embarque une logique de fonctionnement qui permet à l'utilisateur de lui envoyer des commandes au moyen d'un jeu d'instructions déterminées par le constructeur. Que ceux qui commencent à se dire que les choses se gâtent, se rassurent, la méthode n'est pas très compliquée. Nos lecteurs quelque peu habitués « à programmer du microcontrôleur » ne seront guère surpris, car ces commandes sont en réalité de simples codes ASCII (ou chaînes de caractères), les mêmes que ceux que l'on utilise pour dialoguer avec un modem (généralement désigné Code AT ou Hayes). Les commandes sont envoyées au Xbee de la même manière que les données, un mécanisme software permet de les distinguer l'une de l'autre, voici comment cela se passe :

Pour envoyer une commande, vous devez préalablement placer le Xbee en mode d'attente d'instruction, en émettant successivement 3 caractères « + » (2B en hexadécimal, « +++ » donc).

À cet instant, le Xbee considère que ce qui suivra sera une commande au format Hayes, on commencera par lui envoyer le préfixe adéquat c'est-à-dire « AT » en ASCII immédiatement suivi de la commande puis, des paramètres relatifs à la commande s'il y en a ; pour finir, un retour chariot (*carriage return*) clôture la session. C'est ce qu'illustre l'exemple de la **figure 4**. Le Xbee s'exécute et vous retourne alors un résultat pour vous informer du bon déroulement des opérations. Si tout s'est bien passé, Xbee émettra en votre direction le message « OK » et en cas de problème c'est la chaîne de caractère « ERROR » que vous recevrez.

Il est à noter, enfin, que pour nous simplifier encore la vie MaxStream a développé un petit logiciel bien pratique baptisé **X-CTU**. Téléchargeable gratuitement sur le site Internet du constructeur il permet d'effectuer tous les réglages possibles des XBee en quelques clics de souris. Il faudra pour cela connecter le module sur l'un des ports COM de votre P.C (en ayant pris soins d'adapter les signaux !). Avec X-CTU vous pourrez tester vos modules et les mettre à jour.

très justement baptisé Xbee (prononcer ix-bi), et par la même occasion apporte sa modeste contribution à notre électrosmog déjà bien encombré.

Le Xbee est un transceiver (émetteur/récepteur) complet de très petite taille implémentant le protocole ZigBee, il est bidirectionnel et peut à ce titre émettre et recevoir des données alternativement (*half-duplex*).

MaxStream en propose deux versions : le **XBee** et le **XBee PRO™** ; tout deux ont un fonctionnement identique et sont compatibles broche à broche (d'où le qualificatif d'interchangeable **figure 1**).

La seule différence réside dans leur puissance d'émission, jusqu'à 1 mW pour le premier et 63 mW pour le modèle PRO. Bien que la puissance d'émission soit un facteur important dont dépende la portée de l'application d'autres points doivent être considérés : il faut notamment garder à l'esprit qu'une forte puissance d'émission entraîne une consommation de courant plus importante, 45 mA sont nécessaires pour développer 1 mW sur l'antenne et l'on passe à 270 mA pour 63 mW (une application autonome alimentée sur batterie ne tiendra pas le choc bien longtemps !).

Il faudra aussi veiller à respecter la législation en vigueur dans chaque pays puisque les puissances rayonnées sont réglementées, en France la limite se situe à 10 mW. Pour palier à ce casse-tête administratif Maxstream l'a rendue réglable au travers d'un paramètre.

L'examen des différentes photos illustrant cet article nous apprend qu'il existe pour chacune des deux versions d'Xbee 3 versions d'antenne possibles (**figure 2**) :

- Antenne de surface intégrée (faible encombrement)
- Avec connecteur d'antenne (antenne externe déportée)
- Antenne verticale intégrée (meilleures performances que 1).



Figure 1. MaxStream souligne l'importance de l'interchangeabilité par la création d'un logo spécifique.

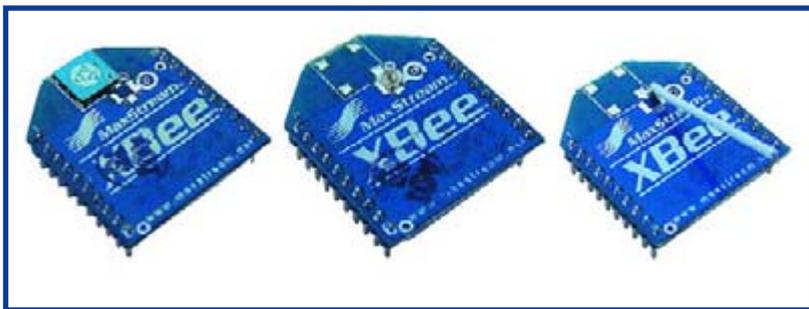


Figure 2. 3 modèles d'antennes proposées : antenne en surface, connectée par embase et intégrée.

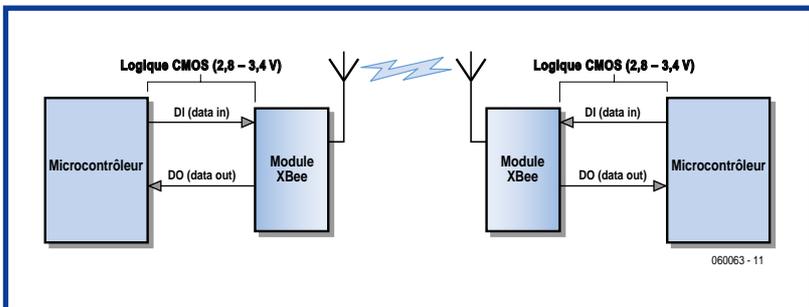


Figure 3. Synoptique d'un système pour transmission de données à base de 2 modules Xbee.

### Principe des tampons (buffers)

S'agissant d'une liaison sans fil il n'est pas possible d'émettre et de recevoir simultanément des données (*Half-Duplex*), pourtant c'est bien au travers d'une liaison série (UART) *Full-Duplex* que le module se connecte à votre application. Pour réussir ce tour de force 2 tampons (*buffer*) ont été mis à contribution, le synoptique de la structure interne de la **figure 5** en dévoile le principe. Chacun d'entre eux est un emplacement de stockage temporaire d'une capacité de 100 octets par lesquels transitent les données à émettre et reçues. Lorsque des données arrivent simultanément des deux côtés (RF et UART) elles sont empilées dans leur tampon respectif, puisque l'antenne est occupée en réception, elle ne peut émettre, le module est 'occupé'. Dès que le flux de données RF s'interrompt, le XBee, libre à cet instant «*commute* » son antenne en émission et se met alors à transmettre les données empilées dans le tampon d'émission. Sur

le même principe, les données HF reçues sont dépilées une à une et transmises à l'application par l'UART. Ce système certes très astucieux n'est pas parfait, une application qui enverrait une importante quantité de données aurait vite fait de surcharger le tampon d'émission RF. MaxStream a semble-t-il pensé à tout et a intégré une «*alarme de bourrage* ». Dès que l'application a rempli le tampon d'émission à 17 octets de la saturation (83 octets stockés en attente), la broche 12 est réaffectée et passe au niveau Haut pour signaler au système d'arrêter de remplir le tampon. Dès que les données ont pu être dépilées du tampon puis émises, et qu'il ne reste plus que 66 octets en attente (34 octets de libres), la broche 12 peut reprendre ses droits. L'auteur assimile cela à une sorte d'hystérésis software.

### Les Xbee en pratique.

Voyons à présent l'aspect électronique. Le concepteur prudent commence généralement par effectuer quelques recherches sur son «*petit produit* » et aime bien s'inspirer d'un schéma déjà «*digéré* » comme base de départ. À ce titre, un petit tour sur le site Internet du constructeur à l'adresse suivante : <http://www.maxstream.net/support/knowledgebase/full-list.php>, et l'on aura accès à des briques de connaissances très bien organisées, chacun pourra à sa guise venir y piocher les réponses à ses questions.

La **figure 6**, expose le principe autour duquel sera articulé toute application.

Le module compte une vingtaine de broches suivant une logique qui n'est pas sans rappeler les classiques boîtiers DIL de nos circuits numériques, mais à une différence près, la très petite taille des Xbee impose un pas égal à 2 millimètres. Ceci peut gêner le lecteur qui voudrait «*plugger* » le module sur l'application à l'aide d'un support. Heureusement, des barrettes femelles (très utilisées dans nos souris d'ordinateur) sont disponibles chez Radiospares sous la référence 131.9872.

Nous rappelons à nouveau que l'alimentation ne se fait pas en 5 V mais sous 3,3 V, toute valeur supérieure entraînera le décès prématuré de votre précieuse module. Celle-ci doit être découplée à l'aide d'un condensateur de 100 nF situé au plus près possible des broches 1 et 10. La communication se fait au niveau des broches 2 et 3 dans le sens indiqué par les flèches.

Viennent ensuite un certain nombre de broches dotées d'un astérisque (\*), ce sont des fonctions prévues par le constructeur mais non implémentées à ce jour. Lorsque celles-ci seront disponibles Maxstream mettra à disposition sur son site Internet le nouveau progiciel (*firmware*) qu'il vous suffira tout simplement de «*flasher* » dans votre Xbee. En attendant vous pouvez laisser ces broches en l'air sans crainte, il en sera de même pour celles repérées NC.

La broche 5 est importante car c'est elle qui conditionne le démarrage du module.

Un niveau logique «*1* » (3,3 V) démarre le Xbee et le place en état de fonctionnement tandis qu'une tension de 0 volt le place en état inactif. Une simple résistance de forçage d'une valeur de 10 kΩ connectée vers la broche 1 assurera un fonctionnement normal dès la mise sous tension.

La broche 9 concentre plusieurs fonctions, c'est au travers d'un paramètre interne que l'on décidera de son rôle. La plus importante est sans doute le mode «*coma* » qui plongera le module dans un profond sommeil à condition que le registre interne SM soit réglé à une valeur non nulle.

La broche 7 fournit un signal PWM (*Pulse Width Modulation* = **M**odulation de **L**argeur d'**I**mpulsion) proportionnel à la force du dernier signal HF (RF en anglais) reçu. Ce signal numérique modulé sur une période de 8,32 ms (120 Hz) ravira les aficionados de guirlandes lumineuses et autres barregraphes qui ne manqueront pas de le rendre analogique pour l'exploiter. L'association d'un réseau R/C et d'un LM-3914 vous rendra ce service. Pour les « Softeux » que l'électronique rebute, une autre méthode existe, vous pouvez en effet « demander » au XBee la puissance du dernier signal reçu en consultant son paramètre interne DB. Comme son nom l'indique, l'information est fournie en dbm c'est-à-dire (décibel par rapport à 1 mW). Le dbm peut facilement être converti en milliwatt et inversement en utilisant les relations suivantes :

$$x = 10 \log_{10}(P/(1 \text{ mW}))$$

et

$$P = (1 \text{ mW}) 10^{(x/10)}$$

(Rappel, 0 dBm = 1 mW, 10 dBm = 10 mW, 20 dBm = 100 mW, 30 dBm = 1 W).

## En conclusion

L'utilisation des XBee est un véritable jeu d'enfant et repose sur un simple dialogue de port série que nos ordinateurs et microcontrôleurs savent très bien faire. Conscient que tout ne peut être dit en un seul article l'auteur nous a promis de nous proposer prochainement une application concrète mettant en œuvre ces petits modules. Pour plus d'informations n'hésitez pas à consulter le site Internet du constructeur : [www.maxstream.net](http://www.maxstream.net) L'adresse où télécharger X-CTU : [www.maxstream.net/support/downloads.php?PHPSESSID=575749e0e95a4454cd0780d36f486fc7](http://www.maxstream.net/support/downloads.php?PHPSESSID=575749e0e95a4454cd0780d36f486fc7) Notons que le distributeur en France des Xbee est Lextronic : [www.lextronic.fr](http://www.lextronic.fr)

switch49@free.fr (060063-1)

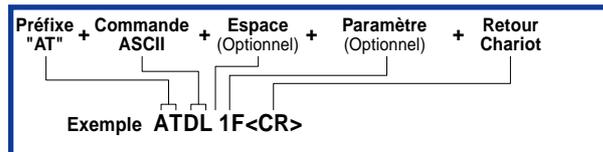


Figure 4. Structure d'une instruction AT telle que les reconnaissent les modules Xbee

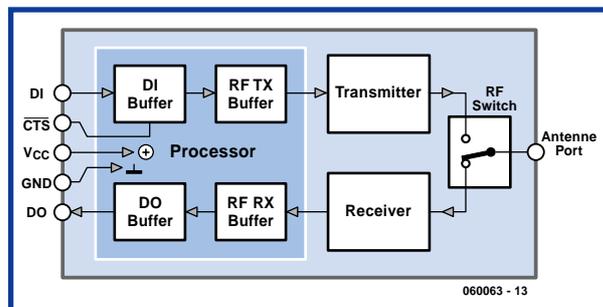


Figure 5. Synoptique de la structure interne d'un Xbee.

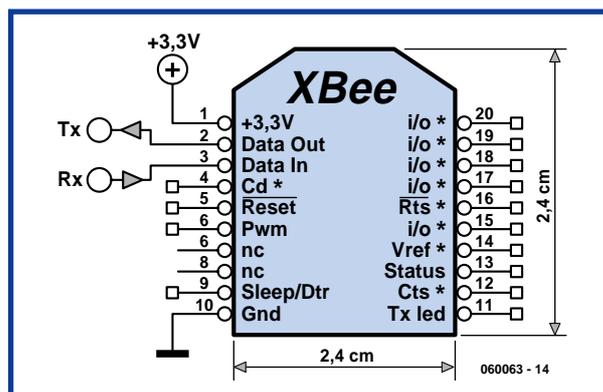


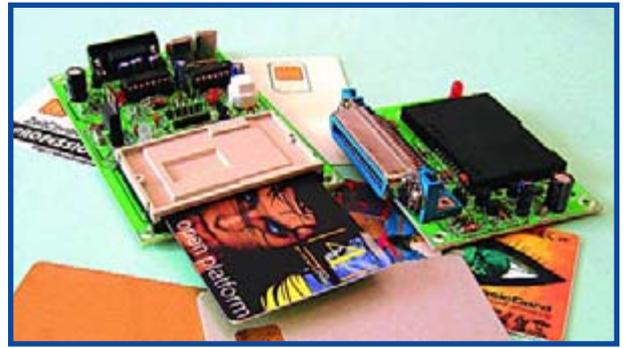
Figure 6. C'est fou ce que l'on peut coincer dans un boîtier de moins de 7 cm<sup>2</sup> !

Tableau 1. Comparatif des 3 technologies sans fil les plus utilisées actuellement.

	Wi-Fi	Bluetooth	ZigBee
<b>Bandes de fréquence</b>	2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz, 868/915 MHz
<b>Taille pile</b>	~1 Mbit	~1 Mbit	~20 Kbits
<b>Taux de données brut</b>	11 Mbps	11 Mbps	250 kbps (2,4 GHz) 40 kbps (915 MHz) 20 kbps (868 MHz)
<b>Nombre de canaux</b>	11 - 14	79	16 (2,4 GHz) 10 (915 MHz) 1 (868 MHz)
<b>Types de données</b>	Numérique	Numérique, Audio	Numérique, Paires Key-Value
<b>Portée inter-node</b>	100 m	10_100 m	10_100 m
<b># de systèmes</b>	32	8	255/65 535
<b>Consommation</b>	Moyenne – plusieurs heures sur 1 pile	Moyenne – plusieurs jours sur 1 pile	Très faible – plusieurs années sur 1 pile
<b>Pénétration marché</b>	Haute	Moyenne	Nulle
<b>Architecture</b>	Étoile	Étoile	Étoile, Arborescence, Cluster
<b>Applications idéales</b>	Internet dans bâtiments	PC et périphériques téléphoniques	Contrôle et monitoring à faible coût

## 2 LECTEURS/PROGRAMMATEURS DE CARTES À PUCE

Pour développer ou analyser une application à base de carte à puce (càp) il est indispensable de posséder ce que l'on désigne sous le vocable très général de lecteur de cartes. On a besoin, selon que l'on veut utiliser une carte totalement vierge ou bien une carte à OS, de lecteurs et/ou de programmeurs différents. Nous vous en proposons non pas 1, mais 2 : le premier pour les cartes FUN et Jupiter, l'autre pour les cartes Phoenix, SmartMouse et JDM. Cet article sera épaulé par un article de base dédié aux différents types de cartes à puce.



### TEST : STATIONS DE SOUDAGE

Tout électronicien qui ne se limite pas à ne faire que de la simulation en a, un jour ou un autre, besoin : une station de soudage. De préférence dotée d'un fer à souder permettant le soudage de petits composants tels que les CMS devenus pratiquement le standard.

Nous avons fait un tour sur le marché des stations de soudage au prix compris entre 40 à 400 €, en avons choisi une quinzaine et leur avons fait subir un test d'utilisation pratique. Le numéro de novembre vous donnera les résultats de ce test.

### EXTRA : RÉSULTATS DU CONCOURS R8C !

Les meilleurs envois basés sur ce contrôleur populaire (grâce à Elektor) passent la revue.

### CLÉ USB À ARM ET RS-232

Ce mini-montage universel constitue le « chaînon manquant » entre un système à microcontrôleur et un PC. Par le biais d'un contrôleur ARM épaulé par un progiciel astucieux, ce petit circuit est compatible, côté microcontrôleur, RS-232 et, côté PC, compatible USB. Le montage comporte un connecteur pouvant recevoir des cartes de mémoire SD et MMC de sorte que l'utilisateur est en mesure de déterminer lui-même la capacité de mémoire à mettre à disposition d'une application donnée. Côté USB, le montage se comporte comme une clé USB, depuis le microcontrôleur la communication avec la carte se fait par un pilote qui saisit une série d'instructions prédéfinies.



Des raisons rédactionnelles impératives peuvent se traduire par un non-respect à la lettre de cette avant-première du prochain numéro. Attention le numéro de novembre devrait être en kiosque à partir du 14 octobre 2006.

WWW.ELEKTOR.FR WWW.ELEKTOR.FR WWW.ELEKTOR.FR

## Le site Elektor - du sang neuf !

De par l'approche adoptée « **Projet par Projet** » lors de la construction, le visiteur de cette nouvelle mouture du site trouvera sur la même page, tout ce qui a trait à un projet donné : téléchargement de l'article au format .pdf, du logiciel, commande (platine et composants), mais aussi informations additionnelles et mises à jour.

**Magazine** : fait apparaître le sommaire du numéro le plus récent. Un clic sur le titre concerné permet de lire le début de l'article concerné.

**Collection** : Permet de remonter le temps grâce aux archives. Pour le moment, tous les articles depuis l'année 2000 sont téléchargeables, un moteur de recherche permettant de travailler par année et/ou par mot-clé.

**Quoi de neuf sinon sur www.elektor.fr :**

- Un Forum lecteur
- Petites Annonces Gratuites
- Nouvelles vous concernant
- Courriel Hebdomadaire Gratuit
- FAQ
- e-CHOPPE, pour tous vos achats

