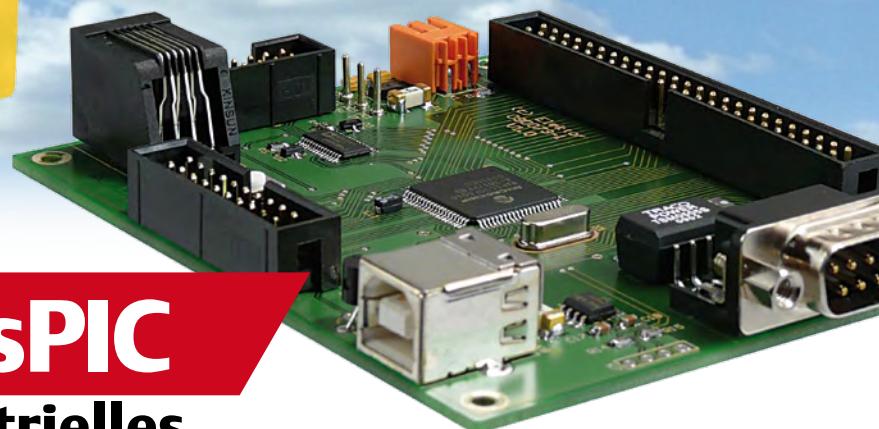


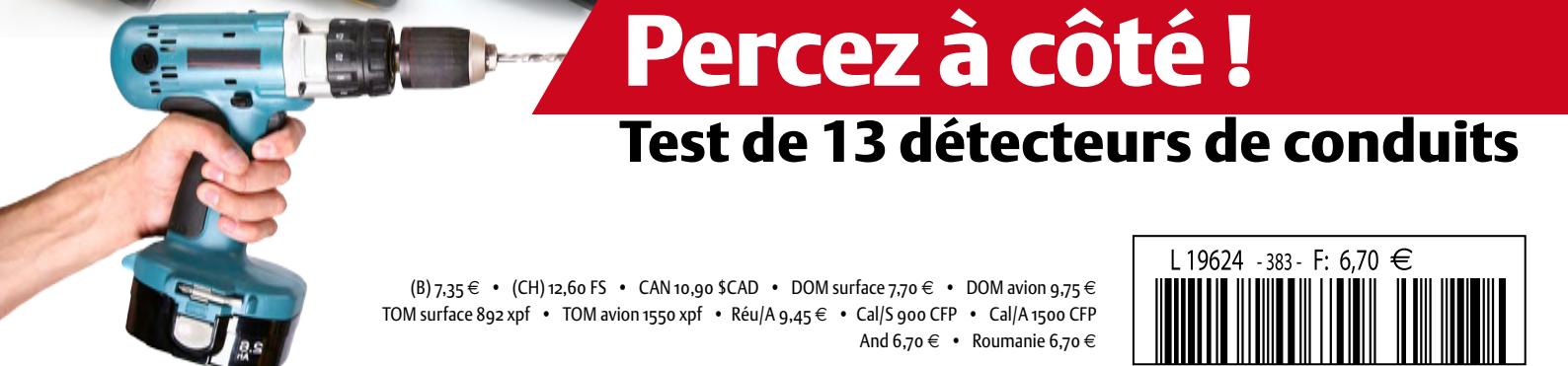
# elektor

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

## AirControl outil météo de poing



## Contrôleur à dsPIC pour applications industrielles



**Percez à côté !**  
**Test de 13 détecteurs de conduits**

(B) 7,35 € • (CH) 12,60 F • CAN 10,90 \$CAD • DOM surface 7,70 € • DOM avion 9,75 €  
TOM surface 892 xpf • TOM avion 1550 xpf • Réu/A 9,45 € • Cal/S 900 CFP • Cal/A 1500 CFP  
And 6,70 € • Roumanie 6,70 €

L 19624 -383- F: 6,70 €



# CiEN

Le Carrefour  
de l'Industrie  
Electronique  
et Numérique

LE NOUVEAU  
RENDEZ-VOUS DE  
L'ÉLECTRONIQUE  
ET DU NUMÉRIQUE

1, 2, 3 juin 2010  
Paris Porte de Versailles<sup>®</sup>  
Pavillon 7.1



Équipements de production • Composants & sous ensembles • Fabrication électronique  
Mesure électronique • Recherche & innovation • Services associés à l'industrie électronique

Badge gratuit sur  
[www.cien-expo.com](http://www.cien-expo.com)



Nos partenaires



NOUVEAU !

# ABO ELEKTOR J'EN VEUX ENCORE PLUS.



## La formule d'abonnement Elektor PLUS !

- 11 numéros dont un double en juillet-août
- DVD-ROM annuel 2010 inclus
- 25%** d'économies par rapport au prix au numéro
- jusqu'à **40% de réduction** sur certains produits d'Elektor
- cadeau de bienvenue d'une valeur de l'ordre de 30 €
- livraison ponctuelle à domicile
- lisez Elektor avant les autres
- NOUVEAU :** accès personnalisé exclusif et GRATUIT aux dernières éditions électroniques d'Elektor, et fonction de recherche améliorée dans le texte intégral des articles des anciens numéros.

Nouveau : accès personnalisé aux nouveaux services exclusifs en ligne !

Dès la souscription de la formule d'abonnement Elektor PLUS vous avez désormais accès directement au nouveau service [www.elektor-plus.fr](http://www.elektor-plus.fr). Vous y trouverez gratuitement trois éditions électroniques complètes du magazine, celle du mois en cours plus celles des deux mois précédents, sous forme de fichiers PDF téléchargeables et imprimables.

Au cours de votre année d'abonnement vous recevrez donc en tout non seulement 11 numéros imprimés mais aussi, dès le début, les 2 dernières éditions électroniques parues !

Sur [www.elektor-plus.fr](http://www.elektor-plus.fr) vous aurez accès à la nouvelle fonction de recherche qui donne des résultats beaucoup plus riches, notamment lors de la recherche de composants spécifiques.

[www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo) • Tél. 01 49 19 26 19

Veuillez utiliser le bon encarté à la fin de la revue.

Elektor

# L'Homme déborde d'énergie

à tel point qu'il n'arrive même plus à fermer son pantalon

Selon Wikipédia, l'ultime source de connaissances d'aujourd'hui, est dite renouvelable une énergie « *exploitable par l'Homme, de telle manière que ses réserves ne s'épuisent pas. En d'autres termes, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation.* » Vu sous cet angle là, l'Homme lui aussi est une source d'énergie renouvelable. Comme de nombreux animaux, il stocke de l'énergie sous forme de graisse pour la consumer quand il en a besoin. En hiver par exemple, ou pour un gros effort. Or, comme nul ne peut l'ignorer, non seulement l'Homme des pays riches mange trop gras, trop sucré et trop salé, mais en plus il ne bouge pas assez. La vitesse de formation de l'énergie par l'Homme est donc plus grande que la vitesse d'utilisation de cette énergie. C'est ainsi que l'Homme est devenu gros. Maigrir demande un gros effort énergétique. Cela est vrai pour l'Homme gros, mais aussi pour la fabrication des produits alimentaires allégés et pour les accessoires de sport. Ainsi l'Homme consomme-t-il de l'énergie pour en constituer des réserves (excessives), puis il en consomme davantage encore pour brûler son trop-plein de calories. Et après il s'étonne que le prix des carburants flambe !

Or, ce n'est pas l'énergie qui fait défaut, mais sa disponibilité au bon endroit, directement à la source, c.-à-d. chez l'Homme gros.

C'est exactement ce que font certains produits dits « verts » récents (ou mis à la mode verte, si vous préférez), dotés d'un mini-générateur d'électricité, communément appelé dynamo. Cela donne des lampes de poche ou des radios équipées d'une manivelle pour recharger la batterie avec un peu de graisse humaine. Les appareils de musculation vont sûrement être équipés de systèmes à récupération d'énergie, s'ils ne le sont pas déjà (je l'ignore, car je ne suis pas gros, comme vous, et ne les utilise donc pas ;-).

Dans ce numéro nous vous présentons quelques-uns de ces produits qui fonctionnent grâce à votre transpiration. Il manque certes le vélo d'appartement qui permet d'éclairer la maison, mais ça ne devrait pas tarder. La technique est disponible depuis l'invention de la dynamo en 1869 par Zénobe Gramme.

Clemens Valens  
Rédacteur en chef



## 6 Mentions légales

## 8 Courier des lecteurs

Vos questions, nos réponses.

## 10 Infos & Actualité

Nouveaux produits.

## 14 Carte de contrôle à dsPIC

Pour applications industrielles

## 20 Le développement durable et Elektor

Du sable, des chips, de l'eau et Internet.

## 22 Découvrir Linux pour l'embarqué

## 24 AirControl

Déterminez l'altitude des nuages.



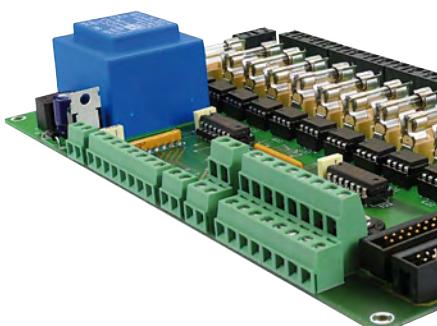
## 30 Test de détecteurs de conduits

De quoi sont-ils capables ?



## 38 Borne de recharge électrique bon marché

Un distributeur automatique de kilowattheures à pièces.



## 43 Carte dsPIC : le making of (2)

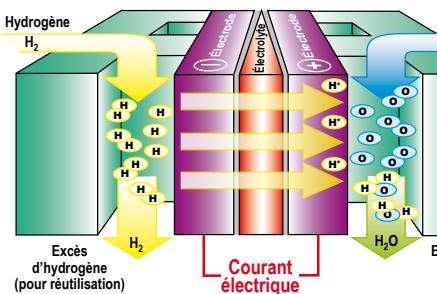
La saga continue avec les tests et la réalisation du prototype d'une carte applicative.

## 44 Embedded World 2010

Ou comment développer des produits tactiles écologiques rapidement.

## 46 Toujours des mesures

Un peu plus sur le facteur de puissance des lampes à basse consommation.



# SOMMAIRE

33<sup>ème</sup> année  
Mai 2010  
N° 383

## 24 AirControl

S'il est appelé AirControl, c'est parce que ce circuit indique l'altitude des nuages à partir de la mesure du taux d'humidité et de la température de l'air, et surtout de savants calculs. Ce qui en fait un outil de météorologie intéressant pour tous ceux qui regardent le ciel.

## 30 Test de détecteurs de conduits

Un détecteur de conduites est une aide précieuse pour localiser par avance tous les obstacles comme les conduites ou les chevrons dans les murs et les cloisons. Nous avons mis à l'épreuve au labo d'Elektor treize modèles différents. De quoi sont-ils capables et jusqu'à quelle profondeur peuvent-ils détecter une conduite ou une armature ?

## 54 Régulation solaire thermique

Le but de ce projet est la régulation d'installations solaires thermiques qui possèdent plusieurs champs solaires avec des orientations différentes ou des configurations avec plusieurs ballons de stockage nécessitant le contrôle de plusieurs vannes et pompes.

## 72 Énergie propre à l'hydrogène

Les solutions renouvelables pour l'énergie sont en vogue, mais quel est le meilleur choix ? Pour les applications mobiles, l'hydrogène a le vent en poupe. Différents fabricants ont déjà un prototype de « voiture à l'hydrogène » qui roule. Voyons ce qu'on peut réellement faire de ces piles à combustible.

### 48 Équilibrer automatique

Gardez vos packs d'accumulateurs Li-Po en bonne forme grâce à cet appareil.

### 53 Sécurité

### 54 Régulation solaire thermique

À la recherche du point de puissance maximale.

### 60 Émetteur DMX

Des effets lumineux sans ordinateur.

### 61 Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens.

### 62 CO<sub>2</sub>-mètre mobile

La vigilance au volant diminue quand le taux de CO<sub>2</sub> augmente. Surveillez-le avec ce dispositif.

### 66 De l'énergie sous la main

De nouvelles façons pour alimenter votre téléphone portable ou iPod.

### 68 Déclencheur photoacoustique ultrarapide

Flash avec l'ATM18 ou le Minimod18

### 72 Énergie propre à l'hydrogène

Les piles à combustible en pratique.

### 78 Réglementation CEM

### 79 Rétronique

Transmetteur ATV 24 cm G4WIM (1994)

### 84 Avant-première

Le mois prochain dans Elektor.

Elektor International Media propose une plateforme multimédia et interactive destinée à tous les électroniciens.

Du professionnel passionné par son métier à l'amateur aux ambitions professionnelles.

Du débutant à l'expert, de l'étudiant au professeur.

Information, éducation, inspiration et récréation. Analogue et numérique. Théorie et pratique.



**ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE,  
NUMÉRIQUE & EMBARQUÉ**

- MICROCONTRÔLEURS • AUDIO •
- TEST & MESURE

33<sup>ème</sup> année, n°383 mai 2010

ISSN 0181-7450 Dépôt légal : avril 2010  
CPPAP 1113 U 83713

ELEKTOR / PUBLITRONIC SARL  
c/o Regus Roissy CDG - 1, rue de la Haye - BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex - France  
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 : 002-007-97-026  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603  
BIC : ABNAFRPP  
Monnaie : Euro - Branche ABN AMRO : Paris, France

La mission d'Elektor est d'inspirer ses lecteurs et de les intéresser à l'électronique, par la description de projets à réaliser soi-même, et de les informer des développements en électronique et en micro-informatique.

Elektor paraît 11 fois par an, le numéro de juillet/août est double. Il existe, sous le nom Elektor, des éditions en langue anglaise, allemande, espagnole, française et 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 : **Wisse Hettinga**

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

Maquette et graphisme : **Giel Dols, Mart Schroijen**

Rédaction internationale : **Harry Baggen, Thijss Beckers, Jan Buiting, Eduardo Corral, Ernst Krempelsauer, Jens Nickel**

Secrétariat de rédaction : **Hedwig Hennekens**

Rédaction technique : **Antoine Authier (chef labo), Ton Giesberts, Luc Lemmens, Daniel Rodrigues, Jan Visser, Christian Vossen**

# La machine à sérigraphier et la station de placement manuel



Parce que les amateurs aussi ont besoin d'outils CMS de qualité professionnelle !

Un particulier peut-il aujourd'hui fabriquer chez lui des circuits imprimés et les garnir de composants CMS ? La réponse est : « OUI, à condition de disposer des outils adéquats. »

Le four à refusion CMS d'Elektor est un premier pas vers la solution pour l'amateur. En mai 2009, nous avons lancé sous le nom d'Elektor PCB Service un service de fabrication de CI à la demande et proposé quelques outils qui permettent à l'amateur expérimenté de fabriquer des petites séries. Le fonctionnement de notre Elektor PCB Service est à présent bien rodé et le moment est venu de proposer deux outils supplémentaires : une machine à sérigraphier qui, à l'aide d'un pochoir, donne la précision nécessaire pour enduire de pâte à souder les endroits prévus ainsi qu'une station de placement manuel destinée à planter les CMS sur les pastilles à souder, avant d'enfourner la platine pour une refusion.

Bénéficiez d'une réduction de 100 € pour l'achat conjoint de la machine à sérigraphier ET de la station de placement manuel d'Elektor !



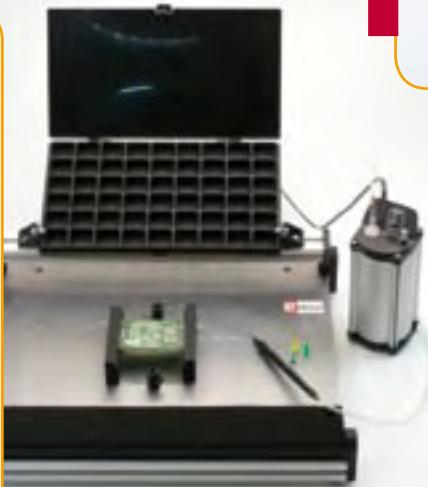
## Station de placement manuel de CMS

Pour un placement précis des composants en CMS sur une platine.

### Caractéristiques :

- Sélectionnée et testée par Elektor
- Appuie-main antistatique ajustable pour un placement des composants précis
- Casier à composants antistatique
- Supports magnétiques pour la platine
- Adapté à personnes gauchères et droitières
- Pipette de préhension avec aiguilles de succion amovibles en plusieurs diamètres
- Pompe à vide sans entretien
- Convient à une utilisation par les écoles, les ateliers, les bureaux d'études et l'électronicien amateur

Dimensions maximum de la platine :  
430 x 280 mm | Prix : 645,00 €\*



# elektor

\*hors frais de port

## Machine à sérigraphier CMS

Pour une application précise de la pâte à souder à l'aide d'un pochoir.

### Caractéristiques :

- Sélectionnée et testée par Elektor
- Alignement X,Y précis de la platine
- Pour des plaques simple et double face, avec composants sur une seule face
- Supports magnétiques pour la platine
- Positionnement et serrage rapide du pochoir
- Les pochoirs n'ont pas besoin de trous de fixation
- Cadre en aluminium robuste et sans entretien
- Convient à une utilisation par les écoles, les ateliers, les bureaux d'études et l'électronicien amateur

Dimensions maximum de la platine :  
180 x 240 mm | Prix : 445,00 €\*

Commander sur  
[www.elektor.fr/outils-cms](http://www.elektor.fr/outils-cms)



Directeur/éditeur : Paul Snakers

Responsable du marketing : Carlo van Nistelrooy

Administration des ventes : ventes@elektor.fr

Publicité : SL Régie - Sophie Lallonder  
12, allée des Crételles - 37300 Joué-Lès-Tours  
Tél : 02.47.38.24.60 - Fax : 02.90.80.12.22  
E-mail : sophie.lallonder@wanadoo.fr

DROITS D'AUTEUR : © 2010 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quel que procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publica-

tion, 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'œuvre 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 Elektor International Media B.V.  
Siège social : Allée 1 - 6141 AV Limbricht, Pays-Bas

Imprimé aux Pays-Bas par Senefelder Misset - Doetinchem

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

### Agenda

Communiquez les dates, au moins deux mois avant la date de l'événement, à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)

4 mai 2010

**Rencontre finale de l'opération « Envie d'Entreprendre »  
Avec l'entreprise lycéenne ECONERGIE soutenue par Elektor (n° 380)**

Salle polyvalente, Place de Hercé, Laval (53)

[www.paysdeloire.fr/politiques-regionales/lycees/actu-detaillee-pae/nb/1227/n/envie-dentreprendre/](http://www.paysdeloire.fr/politiques-regionales/lycees/actu-detaillee-pae/nb/1227/n/envie-dentreprendre/)

15 et 16 mai 2010

**Congrès des utilisateurs francophones d'X-Plane**

Gault Soigny (51210) – [congresxplane.free.fr](http://congresxplane.free.fr)

27 au 29 mai 2010

**CarTec-Inno – Festival de la Robotique et du kart électrique**

Parc des Expositions de Vierzon – [www.cartec-inno.com](http://www.cartec-inno.com)

1, 2 et 3 juin 2010

**CIEN, le Carrefour de l'Industrie Électronique & Numérique**

(anciennement Forum de l'électronique et RF&Hyper Europe)

Paris Expo – Porte de Versailles – [www.forum4s.com](http://www.forum4s.com)

26 au 29 octobre 2010

**PHOTON Recherche Industrie**

Parc Floral de Paris – [www.pri-event.org](http://www.pri-event.org)

7 et 8 décembre 2010

**ForumLED**

Cité Centre de Congrès de Lyon (France) – [www.forumled.com](http://www.forumled.com)



### Suggestions de circuit pour T-Reg (2)

(n° 381, mars 2010)

J'ai lu le courrier d'Alexander Voigt dans le numéro de mars 2010 avec beaucoup d'intérêt et j'aimerais apporter quelques précisions au sujet des pannes de tubes. J'ai travaillé pendant plusieurs années à Bletchley Park à la reconstruction de

l'ordinateur Colossus. Ce calculateur utilise 2500 tubes que nous avions à remplacer ici et là.

Les tubes peuvent être endommagés d'au moins deux façons. La première est appelée « cathode stripping » et se produit lorsque la tension anodique est appliquée avant que la cathode n'ait atteint sa température de fonctionnement. Le vide dans le tube n'étant pas parfait, des ions peuvent se former et revenir sur la cathode et, étant lourds, endommager son revêtement.

La seconde, dite empoisonnement de cathode, se produit lorsque la cathode a atteint sa température de fonctionnement, mais qu'il n'y a pas (ou pas assez) de tension anodique pour attirer les électrons. Un nuage d'ions se forme autour de la cathode et peut conduire à la contamination du matériau la revêtant. Les tubes thermoélectroniques des premiers ordinateurs connaissaient ce sort parce que la logique fonctionnait en mode hors ou sous tension. Hors tension l'empoisonnement de cathode est possible puisqu'aucun

courant ne passe, souvent pendant de longues périodes.

En espérant avoir aidé. Un excellent magazine.

Charles COULTAS

### Oxydation par la condensation

(n° 382, avril 2010)

Je proposerais un produit bien connu dans l'industrie, mais aussi dans le ferromodélisme, c'est le CRC 2-26 electro de CRC Industries dont le siège européen est situé en Belgique, mais la firme est aussi présente en France.

Je l'ai utilisé très longtemps au boulot et à la maison. La démonstration du distributeur consistait à immerger dans l'eau une partie du circuit de train électrique dont les rails étaient enduits du produit, de faire constater que le train continuait à circuler, donc qu'il n'y avait pas de court-circuit, mais que sous l'eau, par le simple poids de la locomotive, le contact avec les roues était maintenu et que le film protecteur se régénérerait immédiatement après le passage de la motrice, évitant ainsi les courants vagabonds.

Jean-Claude SABATIER



Merci pour votre suggestion. CRC Industries est le fabricant et ne vend pas ce produit miracle au détail. Nous avons donc essayé d'obtenir le nom ou l'adresse d'un distributeur en France de ce produit, mais malheureusement CRC Industries France était incapable de nous renseigner. Nous n'avons trouvé ce produit ni chez Farnell, ni Radiospares, pourtant ces deux distributeurs proposent une large sélection de produits CRC.

### Gexadoku

(n° 380, février 2010)

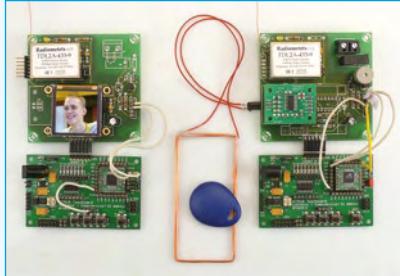
Un peu de désordre à la rédaction d'Elektor ? Dans le n° 382, avril 2010, à la page du Hexadoku, la solution dite du n° 379

## Mises à jour

### Système d'identification VisiOLED

(n° 381, mars 2010)

Dans le tableau 1 sur la page 32 il manque la liaison pour le ronfleur (BUZ) du poste intérieur : connecter la broche 2 de K4 (platine d'émission-réception) avec PC2 (ATM18)



l'ATmega une petite musique de bienvenue à chaque démarrage de l'ampli. Finalement, il n'y avait pas assez de place dans la mémoire pour cette option ludique ce qui explique pourquoi ces deux résistances ne sont pas montées sur la platine.



### Chaque microwatt compte

(n° 381, mars 2010)

L'auteur tient à préciser la deuxième phrase du paragraphe intitulé **Ports d'E/S** ainsi : Toutes les entrées numériques (y compris inutilisées) doivent être fixées à moins de 0,5 V du 0 V ou de  $V_{cc}$ , que ce soit par le circuit extérieur ou par l'activation des résistances de polarisation internes (pull-up).

Une autre précision concerne la remarque à la fin de l'article sur la durée de vie des piles et batteries Li-ion. Si les piles et accumulateurs primaires Li-ion (comme les Li-MnO<sub>2</sub> ou les Li-SOCl<sub>2</sub>) ont une durée de vie de 10 ans, celle des accumulateurs Li-ion secondaires est moins longue à cause d'une autodécharge de plus de 50 % en trois ans.

### Modulo D

(n° 381, mars 2010)

– La valeur de 1  $\mu$ F des condensateurs C15, C24, C31 et C32 comme indiqué dans le schéma et la liste des composants est incorrecte et devrait être 220 pF. Sur la platine par contre tout est correct.

– Les résistances R22 et R23 étaient prévues pour faire jouer par

### Altimètre barométrique

(n° 376, octobre 2009)

– C10 devrait être un condensateur de découplage céramique de 100 nF.

– C13 a une valeur de 10  $\mu$ F comme indiquée dans la liste des composants (et pas 47  $\mu$ F comme indiqué dans le schéma).

– Une nouvelle version du logiciel est disponible sur la page Internet du projet ([www.elektor.fr/080444](http://www.elektor.fr/080444)). Cette version assure la mise sous tension du capteur après le réveil du micro, l'horloge dispose désormais d'un mode 24 heures et la consommation de courant a été un peu réduite.

### Testeur d'accumulateurs

(n° 380, février 2010)

Contrairement à ce que fait croire la liste des composants, T1 à T3 sont bel et bien des BC337-40 comme indiqué dans le schéma (et pas des LMS8117-AMP3.3).



(janvier) est en fait celle de la grille du n° 380, février 2010 ! Pas un mot de commentaire sur le passage de 0-F à 1-G sur cette grille. Un test de capacité d'adaptation de vos lecteurs à un changement-surprise d'environnement ? Sans doute, le passage de ce petit divertissement à une audience mondiale (bravo les USA et la Colombie !) vaut-il bien l'introduction de quelques petites difficultés supplémentaires ! Mais n'en rajoutez pas trop si vous voulez que ça continue à servir d'indice d'audience du journal.

Helmut MÜLLER

Décidément, la grille de février nous a beaucoup perturbées. La solution présentée dans le numéro d'avril (382) concerne en effet la grille du numéro 380 (février).

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

## Règles du jeu

• Publication de la correspondance de lecteurs à la discréption du rédacteur en chef • Les points de vue et opinions exprimées par les correspondants ne

sont pas nécessairement ceux du rédacteur en chef ou de l'éditeur. • La rédaction se réserve le droit de traduire, de corriger ou d'écourter les messages reçus avant de les publier. • Si vous écrivez à la rubrique COURRIER, veuillez indiquer le numéro du magazine

concerné. • Veuillez adresser votre correspondance à : [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr) ou Elektor (rubrique Courrier) BP 12910 95731 Roissy CDG Cedex France

## Le plus petit lecteur de carte imaginable

Eminent accroît sa gamme de produits avec le lecteur de carte Micro SD ultracompact EM1061. Ce lecteur de carte n'est pas plus grand qu'une pièce de 10 centimes d'euros. Seuls 10 mm de ce lecteur de carte restent visibles une fois le lecteur branché sur un ordinateur de bureau ou portable. En outre, ce lecteur de carte pèse moins de 100 g. Et grâce à sa conception minuscule et légère, il se glisse aisément au milieu d'un trousseau de clés ou dans un portefeuille.



Le lecteur convient aux cartes mémoire Micro SD 1.1, 2.0 et SDHC, comme celles d'un téléphone portable ou d'un PDA. Le lecteur de carte est prêt à être utilisé dès sa sortie de l'emballage. Une fois branché sur un port USB, tous les fichiers disponibles s'affichent à l'écran.

Présenté en couleur noir piano, le lecteur de carte Eminent est accompagné d'un capuchon pour le protéger de la poussière et d'une chaînette de porte-clés pour l'attacher. De taille compacte (24 mm x 14,5 mm x 6,8 mm avec coiffe), ce lecteur de carte affiche également un prix de vente conseillé des plus attractifs à 4,95 €.

Le lecteur est compatible avec Windows XP ou supérieur, Mac OS 9.X ou supérieur et Linux Kernel 2.4.0 ou supérieur.

(091012-B) [www.eminent-online.com](http://www.eminent-online.com)

## LED tricolores hydrorésistantes haute luminosité

Les nouvelles LED tricolores à PLCC-6 Blackbody ASMT-YTBO et PLCC-4 norme industrielle ASTM-QTCO d'Avago Technologies destinées aux signaux et panneaux d'affichage multicolores intérieurs et extérieurs ont été optimisées pour les rendre hydrorésistantes. Elles n'ont donc pas besoin de capot de protection, d'où une économie financière pour les

## Module d'entrée-sortie sans fil pour les applications d'automatisme distribuées

Le nouvel adaptateur d'entrée-sortie sans fil POINT I/O (ILX34-AENWG) est un adaptateur sans fil rapide conforme à la norme 802.11g. Il tire parti des dimensions compactes des dispositifs d'entrée-sortie POINT I/O 1734 (modules d'entrée/sortie distribués) du fabricant d'automates programmables Rockwell Automation, et de l'architecture sans-fil intégrée de ProSoft Technology.

Une fois doté de fonctionnalités sans-fil, l'adaptateur convient à la capture de données ou au contrôle de systèmes mobiles (comme des robots, des chariots automatisés, des ponts roulants, ou des engins de terrassement), aussi bien que d'équipements fixes situés dans des secteurs d'accès difficile au sein d'un atelier.

L'adaptateur d'entrée-sortie sans-fil POINT I/O fournit un environnement de programmation familier aux utilisateurs, grâce à l'utilisation du protocole de connexion Ethernet/IP et de l'environnement de programmation RSLogix 5000, pour simplifier la configuration et la communication avec les racks POINT I/O répartis dans l'atelier. Il peut être utilisé dans les réseaux à points d'accès industriels RadioLinx, ou à points d'accès 802.11g tierce partie, pour assurer une communication client 802.11g rapide et à faible latence, sur des zones étendues d'une usine. Cette compatibilité opérationnelle avec la technologie sans fil aux normes existantes protège et rentabilise les investissements des utilisateurs finaux. Pour la sécurité des communications, l'adaptateur sans fil POINT I/O gère le protocole 802.11i WPA2 à cryptage AES.

Les adaptateurs d'entrée-sortie sans-fil POINT I/O offrent flexibilité et évolutivité (jusqu'à 63 modules) grâce aux nombreux types de modules disponibles, parmi lesquels on trouve des modules d'entrées-sorties analogiques, d'entrées-sorties numériques, des relais ou encore des compteurs.

(091012-C)

[www.prosoft-technology.com](http://www.prosoft-technology.com)



concepteurs de panneaux d'affichage intérieurs et extérieurs. Ces LED compactes tricolores s'avèrent idéales pour les écrans vidéo électroniques, les panneaux d'annonces utilisés dans les salles de transit d'aéroports et les tableaux de marque des stades.

Les LED ASMT-YTBO offrent un angle de

vision de 115 ° et sont spécifiquement conçues pour répondre aux exigences des écrans à LED intérieurs et extérieurs, auxquels elles assurent une meilleure définition (taille de pixel supérieure à 12 mm) et une haute luminosité. Elles comportent en outre 6 pattes qui autorisent une meilleure gestion thermique et le contrôle individuel des couleurs de chaque puce, permettant l'affichage d'une multitude de couleurs, blanc compris. Mesurant 4,4 x 4,4 x 3,5 mm, ces LED utilisent en outre un matériau d'encapsulation siliconé qui prolonge la durée d'émission lumineuse optimale.

Le boîtier ASMT-QTCO compact dispose d'un chemin thermique distinct pour chaque puce de LED, ce qui en permet la commande par des courants plus élevés. Ces LED pour montage en surface peuvent donc

fonctionner dans des conditions ambiantes très diverses, assurant ainsi une haute fiabilité. Ces deux LED tricolores sont compatibles avec les procédés de soudage par refusion et leur niveau de sensibilité à l'humidité 2a (MSL 2a) en fait l'idéal pour les utilisations en milieux de production TMS (100043-1) [www.avagotech.com](http://www.avagotech.com)

## Connecteurs pour véhicules blindés à roues

Conçue à l'origine pour répondre aux exigences de la norme automobile DIN 72585 (aujourd'hui ISO 15170), la famille de connecteurs circulaires APD d'ITT Interconnect Solutions convient désormais idéalement à certaines applications de véhicules blindés à roues qui ne sont pas soumises à des spécifications militaires. Ces connecteurs sont légers, économiques, faciles à assembler, et ils offrent un système de verrouillage secondaire qui renforce la sécurité sur les modèles à grand nombre de broches.



Les applications du secteur de la défense utilisent traditionnellement des connecteurs durcis métalliques, qualifiés pour des spécifications militaires. Cependant, la nécessité de réduire les dépenses publiques a partiellement ouvert ce marché aux composants non militarisés, étant donné que toutes les parties des véhicules militaires n'ont pas besoin du même niveau de fiabilité. Les véhicules blindés à roues, principalement utilisés pour le transport des troupes, en sont un bon exemple : tandis que leur structure interne incorpore de l'armement, des équipements radio ou d'aide à la conduite qui nécessitent toujours un connecteur « militaire », d'autres applications comme l'éclairage, les rétroviseurs ainsi que des fonctions comme le refroidissement et le chauffage peuvent se contenter de connecteurs plastiques moins chers et plus légers.

Les connecteurs plastiques circulaires APD acceptent jusqu'à 48 V et offrent un vaste choix de brochages de 1 à 51 voies, ils sont résistants aux fortes vibrations, aux fluides, et leur étanchéité atteint les niveaux élevés IP67 / IP69K. Conformes aux spécifications ISO 15170, ils sont disponibles avec des contacts estampés ou usinés, et comportent un codage mécanique et couleur.

(100043-2)  
[www.ittcannon.com](http://www.ittcannon.com)

## Modules intelligents sans fil pour les applications M2M

Selon certains observateurs, d'ici à 2014 le nombre de connexions cellulaires M2M, permettant d'effectuer des transferts de données sans fil de machines à machines, et qui s'élève actuellement à environ 75 millions, devrait tripler. La société Sierra Wireless favorise ce développement en intégrant les modules sans fil à des appareils utilisés dans de nombreux secteurs, notamment l'automobile, l'énergie, la santé et les transports. Sa famille AirPrime comprend un module sans fil embarqué adapté à chaque besoin. Les dimensions mécaniques disponibles comprennent les matrices de billes (BGA), les mini cartes PCI Express ou les connecteurs carte à carte. Ses caractéristiques s'étendent du mode modem seul aux capacités d'hébergement d'application entièrement programmables. Les interfaces radio comprennent les technologies GSM et CDMA de 2/2,5G à 3,5G.



Par ailleurs, Sierra Wireless offre une solution permettant de surmonter les difficultés posées par les cartes SIM. Les cartes SIM sont conçues pour les téléphones portables, et prennent en compte la durée de vie de l'appareil grand public ainsi que les schémas d'usage. Toutefois, les appareils industriels M2M doivent rester connectés pendant 5, 10 ou 15 ans, et parfois plus. Les produits M2M doivent également faire l'objet d'une conception de niveau industriel afin de pouvoir fonctionner dans des environnements extrêmes – chocs, corrosion, variation de températures, vibration et humidité. La SIM embarquée du fabricant est entièrement industrialisée et personnalisée qui supprime l'emballage plastique d'une carte SIM traditionnelle, intégrant la fonction SIM dans le module lui-même, comme un composant. (100043-3) [www.sierrawireless.com](http://www.sierrawireless.com)

## En bref...

**Atollic TrueSTUDIO pour les microcontrôleurs STM32 de STMicroelectronics est gratuit et sans limites**  
[www.atollic.com](http://www.atollic.com)

**Renesas et NEC Electronics fusionnent pour former Renesas Electronic Corporation (REC)**  
[www.renesas.com](http://www.renesas.com)

**Microchip diversifie son portefeuille de contrôleurs de signal numérique pour applications numériques de puissance**  
[www.microchip.com/get/5SWG](http://www.microchip.com/get/5SWG)

**Le nouveau composant de protection pour bus USB-OTG de Vishay a une capacité < 0,7 pF et un courant de fuite de < 0,085 µA**  
[www.vishay.com](http://www.vishay.com)

**Cypress présente la première solution programmable de communication par courant porteur basée sur l'architecture PSoC**  
[www.cypress.com/go/PLC](http://www.cypress.com/go/PLC)

## Système de mesure courant-tension ultrarapide

Le 4225-PMU est un nouveau module ultra rapide pour les mesures I-V développé par Keithley Instruments. Ce modèle est le dernier apport à la famille toujours croissante des options d'instrumentation pour le système de caractérisation des semi-conducteurs, le Model 4200-SCS. Ce nouveau système intègre les fonctions de production de signaux et de mesures de courants et tensions ultrarapides dans le 4200-SCS.

Le nouveau module est capable de fonctionner en générateur I-V ultra rapide et de faire des mesures tout aussi rapides jusqu'au DC. Sa fonction générateur, les échelles de mesure qu'il permet, le réglage des largeurs d'impulsions et de leur temps de montée sont très largement programmables, ce qui en fait un système extrêmement bien adapté pour les applications qui requièrent à la fois des sorties en tension ultra rapides et des mesures synchronisées depuis le nanomètre CMOS jusqu'aux mémoires flash.

Chaque module 4225-PMU est composé de deux voies intégrées fonctionnant en générateur/mesure, mais il ne nécessite qu'un seul connecteur dans le châssis de base du système qui en comporte neuf. Chaque châssis peut accepter un maximum de quatre modules offrant ainsi un maximum de huit voies générateur/mesure ultrarapides. Chaque voie permet des sorties en tension de haute rapidité (avec des largeurs d'impulsions allant de 60 ns jusqu'au DC) et, simultanément, des mesures de courant et tension. Ce module permet de produire des impulsions en tension ultrarapides en même temps qu'il exécute des mesures de tensions et courants à des vitesses d'acquisition pouvant atteindre 200 Méch/s grâce à deux convertisseurs analogiques/numériques de 14 bits par voie (c'est-à-dire quatre par carte). L'utilisateur peut alors faire son choix entre deux échelles de générateurs de tensions ( $\pm 10$  V ou  $\pm 40$  V sous  $1\text{ M}\Omega$ ) et quatre échelles de mesure de courant (800 mA, 200 mA, 10 mA et 100  $\mu$ A).

(100043-4)



[www.keithley.com](http://www.keithley.com)

## Source de tension/ courant de précision programmable

Le Yokogawa GS200 est une source de tension et de courant programmable extrêmement précis est stable. Doté d'un afficheur à 5½ chiffres, l'instrument fournit des tensions et courants CC à très faible bruit pour des applications de test et mesure. Une fonction optionnelle permet de transformer l'appareil en volt- et ampèremètre. Le GS200 peut fournir des tensions jusqu'à  $\pm 32$  V et des courants jusqu'à  $\pm 200$  mA. Sa précision est de  $\pm 0.016\%$  (gamme de 10 V) et son coefficient de température de  $\pm 0.0008\%/\text{°C}$  garantit une très bonne stabilité.



L'appareil possède un port USB et peut-être équipé d'une interface réseau. Plusieurs appareils peuvent être connectés en parallèle grâce à une interface de synchronisation.

(100043-6)

[tmi.yokogawa.com](http://tmi.yokogawa.com)

## Trois réceptacles de Molex homologués par Intel

Trois modèles de réceptacles pour processeur de Molex ont passé avec succès les



tests de validation d'Intel. Outre Molex, seuls deux autres fournisseurs de réceptacles ont obtenu cette validation sur les trois marchés serveurs, ordinateurs de bureau et ordinateurs portables. Cette homologation Intel signifie que les réceptacles de Molex sont parfaitement compatibles avec les architectures de référence d'Intel et respectent tous les critères de performance électrique et de fiabilité à long terme spécifiques de processeurs Intel.

Conçus spécialement pour la microarchitecture Nehalem d'Intel, le LGA 1366 et le LGA 1156 sont des réceptacles pour processeurs en boîtier LGA (*Land Grid Array*) à 1366 ou 1156 broches respectivement. Le réceptacle rPGA 989/988 est prévu pour les processeurs en boîtier PGA (*Pin Grid Array*) à 989 ou 988 broches.

(100043-5)

[www.molex.com](http://www.molex.com)

## Résonateur à quartz diapason combine haute fiabilité et petite taille

Kyocera (AVX) a développé un résonateur cristal à montage en surface de haute fiabilité, qui délivre une fréquence nominale de 32,768 kHz et se loge dans un petit boîtier céramique de 3,2 x 1,5 mm, et de seulement 0,8 mm de profil. Référencé ST3215SB, ce résonateur à quartz diapason compatible avec la refusion présente une tolérance de fréquence de +/- 20 ppm, une ESR maximum de 70 k $\Omega$  et une température de fonctionnement de -40 °C à +85 °C.

Les nouveaux résonateurs sont sans plomb et conformes RoHS. Leurs valeurs de capacité standards vont de 9 à 12,5 pF et des ver-

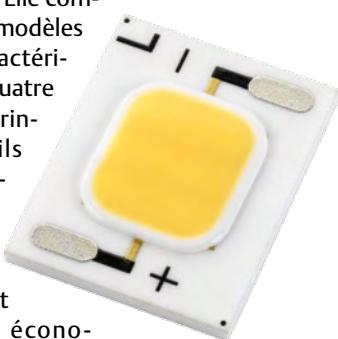


sions basse capacité, de 7 pF ou moins, sont disponibles sur demande.

(100043-7) [global.kyocera.com/prdct/electro](http://global.kyocera.com/prdct/electro)

## Modules à LED « MiniZeni » : petits, lumineux et bon marché

Une nouvelle série de modules à DEL de puissance, nommée « MiniZeni » a été développé par Sharp. Elle comprend six modèles qui se caractérisent par quatre qualités principales : ils sont compacts et très bas profil tout en étant économiques et lumineux. En effet, avec des dimensions de seulement



15 x 12 x 1,6 mm, les modules 'MiniZeni', qui sont équipés d'un substrat céramique, occupent seulement 56 % du volume des modules de la famille « Zenigata » du fabricant alors que les flux lumineux délivrés sont quasiment identiques. Les modules ont un flux lumineux jusqu'à 410 lm (en fonction des modèles) et un indice de rendu des couleurs (IRC) sensiblement amélioré d'au moins 87, quelle que soit la température de couleur.

La nouvelle gamme est disponible pour deux puissances électriques consommées : 6,7 W et 3,6 W. Chaque module est constitué d'une matrice de LED bleues, recouvertes de luminophores, interconnectées et implantées sur un substrat céramique. Dans le cas des MiniZeni à 6,7 W, la matrice comprend 45 LED disposées en 15 x 3 et fournit un flux lumineux compris entre 355 et 410 lm, selon les modèles. Les versions à 3,6 W sont, elles, constituées d'une matrice de 24 LED disposées en 8 x 3 pour un flux lumineux maximum de 230 lm.

(100043-8) [www.sharpsme.com](http://www.sharpsme.com)

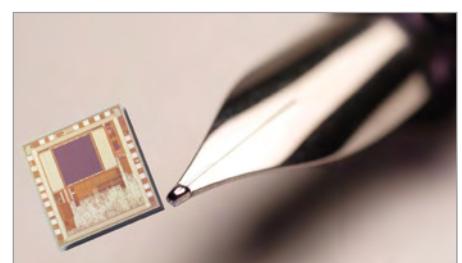
tels que les téléphones intelligents (*smartphones*), les PC portables, les netbooks, les lecteurs multimédias, les terminaux GPS et autres télécommandes d'équipements de divertissements domestiques.

Un joystick optique ou module de navigation optique commandé par le doigt (OFN) permet aux utilisateurs mobiles de bénéficier d'une précision accrue et de la souplesse d'une souris de PC de bureau, tout en donnant aux fabricants d'équipements grand public la possibilité de réduire l'espace occupé en intégrant la plus petite des interfaces utilisateurs. Celle-ci se distingue d'autres technologies telles que celles des écrans tactiles qui ne sont en général pas suffisamment précises pour les applications mobiles émergentes. Des actions telles que le pointage de lieux sur une carte, la sélection de liens hypertexte sur des pages Web ou le réglage du volume de lecture à l'aide d'un curseur tactile peuvent s'avérer difficiles ou imprécises en utilisant directement le contrôle sur l'écran tactile. Autre solution, les pavés tactiles, mais ils occupent nettement plus de place que les modules de navigation optique commandés par le doigt et ne sont pas aussi efficaces en cas d'humidité ou lorsque l'utilisateur porte des gants. D'autres solutions telles que les boules de pointage ou les boutons conviennent encore moins aux produits portables de petites dimensions.

(100043-9) [www.st.com](http://www.st.com)

## Module de navigation optique commandé par le doigt

STMicroelectronics présente un circuit intégré ultrabasse consommation contenant toutes les fonctions nécessaires pour contrôler un joystick optique ou module de navigation optique commandé par le doigt (ou OFN pour *Optical Finger Navigation*). Annoncé sous la référence VD5376, ce circuit de contrôle de joystick optique permet aux utilisateurs d'interagir avec les fonctions de plus en plus sophistiquées que l'on trouve dans les produits électroniques portables



## Spécialiste prototypes & petites séries

**EURO**  
CIRCUITS

PCB proto	prototypes Double Face & 4 couches
STANDARD pool	jusqu'à 8 couches avec nombreuses options
TECH pool	tracés cuivre jusqu'à 100µm en pooling
IMS pool	circuits semelle aluminium en pooling
On demand	toutes options jusqu'à 16 couches

Renseignements au +33 (0)3 86 87 07 85 - Courriel [euro@eurocircuits.com](mailto:euro@eurocircuits.com)  
Fabricant Européen de circuits imprimés professionnels

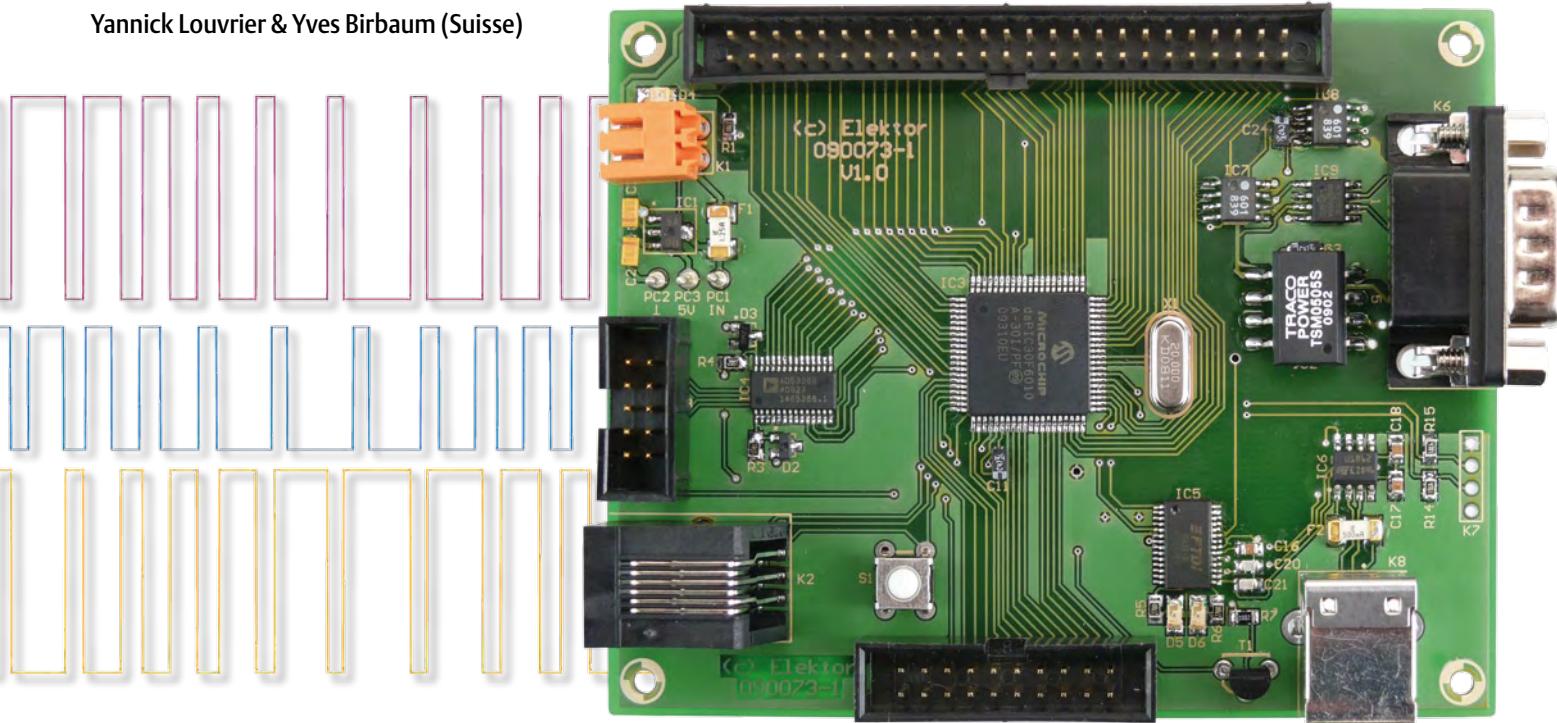
### Tous services

- Calcul de prix et commandes instantanés
- Pas de frais d'outillages
- Pas de minimum de commande
- Pas de paiement en ligne
- Délais à partir de 2 jours ouvrés
- Pochoirs pâte à braser

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

# Carte de contrôle à dsPIC pour applications industrielles

Yannick Louvrier & Yves Birbaum (Suisse)



La carte de contrôle présentée dans cet article a été conçue afin d'être introduite dans des applications typiques de l'électronique industrielle telles que le contrôle de moteur ou encore le réglage de convertisseur statique du type élévateur ou abaisseur.

## Caractéristiques techniques

- carte universelle à microcontrôleur dsPIC30
- bus CAN isolé
- port série par USB
- 14 entrées analogiques
- 8 sorties MLI
- bus I<sup>2</sup>C

Les objectifs étaient d'obtenir une carte avec un grand nombre de générateurs à modulation de largeur d'impulsions (MLI), ce qui permet de contrôler plusieurs moteurs et convertisseurs statiques simultanément. Le prix de la carte de contrôle réalisée devait être aussi bas que possible. De plus, la carte doit pouvoir être montée au fer à souder sans avoir recours à un four à refusion. Sur cette base, nous nous sommes logiquement tournés sur la gamme de microcontrôleurs

dédiés au contrôle de moteur proposés par Microchip. Parmi la gamme de composants proposés, la série dsPIC30F a retenu notre attention. En effet, cette série de composants hybrides microcontrôleur-DSP de 16 bits capable d'effectuer jusqu'à 30 MIPS et doté d'un registre de 40 bits permettant ainsi la détection de

dépassement ainsi que la possibilité d'effectuer des multiplications 16 x 16 et des divisions 32 x 16 et 16 x 16 est très intéressante dans les applications de réglage. Afin de bénéficier d'une flexibilité maximale dans cette série de composants, le microcontrôleur dsPIC30F6010A [2] a été sélectionné. Ce microcontrôleur possède 68 ports d'entrée/sortie et il permet de générer jusqu'à 8 signaux MLI. Cette caractéristique remplit parfaitement notre cahier

des charges d'autant plus qu'il est muni d'une mémoire flash de 144 ko qui permet le contrôle d'applications relativement complexes. En plus de ces nombreuses qualités, le dsPIC30F6010A possède également un convertisseur A/N à 16 bits, huit sorties *output compare*, huit entrées *input capture*, deux UART, deux ports SPI, deux ports I<sup>2</sup>C, deux contrôleurs CAN et cinq compteurs.

La documentation sur ce composant est abondante, gratuite et comprend de nombreux exemples et applications.

Un autre avantage réside dans l'environnement de programmation MPLAB qui est téléchargeable gratuitement sur le site Internet de Microchip [3], mais, malheureusement disponible que pour Windows. Cependant si cet environnement de programmation peut être un peu laborieux lorsque les applications sont relativement complexes, il a le mérite de proposer de

nombreuses fonctions comme la possibilité de simuler un code et de contrôler le temps nécessaire à l'exécution de chaque instruction. Sans être indispensables à l'utilisateur expert, ces outils permettent d'effectuer un apprentissage ludique à la programmation des microcontrôleurs PIC.

La synoptique de la carte de contrôle est montrée en **figure 1**. Un connecteur de 50 broches donne accès à 43 broches configurables du microcontrôleur, parmi elles les modules MLI, *output compare* et *input capture*. Ce connecteur comporte également les connexions pour les capteurs incrémentaux, permettant d'accéder directement à un compteur du dsPIC. Ce port peut également être utilisé pour effectuer des extensions.

Cette carte conçue pour le contrôle de systèmes plus ou moins complexes doit permettre la mesure de grandeurs à régler. Ainsi, via un connecteur de 20 broches, 14 grandeurs analogiques comprises entre 0 et 5 V peuvent être lues.

En complément des ports analogiques et numériques, cette carte compte de nombreux périphériques de communication. En effet, elle est dotée d'un bus de terrain CAN, d'une connexion UART par USB et d'une connexion I<sup>2</sup>C.

La carte utilise des composants CMS afin de garder sa taille aussi petite que possible, 80 mm x 100 mm sur un circuit double face. Cependant, équipé d'un bon fer à souder, cette carte ne présente pas de difficulté au montage.

### La carte en détail

Après une explication générique des fonctions implémentées sur cette carte de contrôle, il convient de détailler le matériel utilisé ainsi que les différentes fonctions de cette carte. Il va sans dire que le lecteur doit s'appuyer sur la documentation du dsPIC30F6010A disponible sur le site de Microchip. La **figure 2** montre le schéma électrique de la carte.

Le gros connecteur K5 permet d'exploiter beaucoup de fonctions du micro. Il offre l'accès à :

- Le port A qui permet en plus des fonctions d'entrées/sorties numériques de définir les niveaux de tensions analogiques.

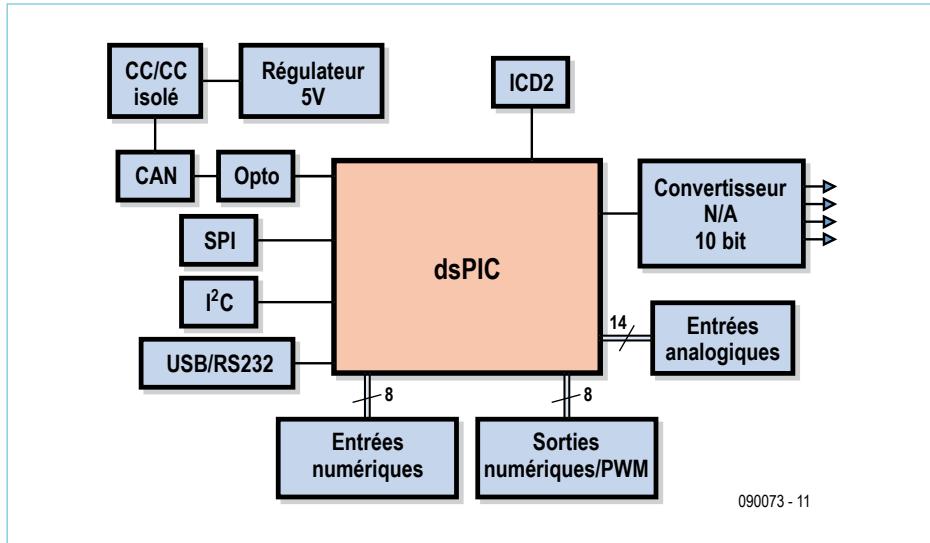


Figure 1. Synoptique de la carte de contrôle à dsPIC.

ques pour le convertisseur A/N. Il offre deux entrées d'interruptions externes (INT).

- Les broches RC13 et RC14 du port C qui permettent de configurer le deuxième canal du débogueur in situ ICD (In-Circuit Debugger) ainsi que d'implémenter une base de temps externe pour une horloge en temps réel.
- Le port D qui dispose de 8 modules input capture et 8 modules output compare. Ce registre permet également la programmation de sept interruptions et l'accès au troisième canal de l'ICD.
- Le port E qui permet de générer 8 signaux MLI. Ce port offre également deux entrées d'interruptions externes.
- Les ports RF4 à RF8 qui regroupent les fonctions SPI1, UART2, ICD canal 4 ainsi que deux possibilités d'interruptions externes.
- Les ports RG0, RG1, RG6 à RG8 qui permettent d'utiliser le contrôleur CAN2, la liaison SPI2 ainsi que trois sources d'interruptions externes.
- La broche MCLR qui permet d'effectuer un reset du microcontrôleur.
- Le connecteur K4 est affecté à la mesure des signaux analogiques et il est donc connecté aux broches RB2 à RB15 du microcontrôleur permettant ainsi la mesure de 14 signaux analogiques.

Un convertisseur numérique/analogique à 10 bits et à quatre canaux de type AD5336 (IC4) est utilisé. La valeur numérique à convertir est transmise à l'aide des ports RE0 à RE9. Pour que la conversion ait lieu, la fonction doit être activée par le microcontrôleur par l'intermédiaire de la broche RF4. Les quatre sorties analogiques sont adressées par l'intermédiaire des broches RC1 et RC3 du micro.

Le contrôleur CAN1 intégré au microcontrôleur est utilisé pour réaliser la communication avec le microcontrôleur via le bus de terrain CAN. Afin d'éviter la destruction de la carte de contrôle à la suite de surtensions qui pourraient survenir au niveau de la ligne, il a été décidé de munir cette interface d'une alimentation 5 V isolée (IC2) et de deux photocoupleurs en plus de l'émetteur-récepteur IC9.

Pour la mise en service du bus I<sup>2</sup>C, seules deux résistances de rappel sont nécessaires. La valeur d'une résistance varie en fonction de la vitesse du bus que l'on souhaite atteindre. Sur la carte, la valeur de la résistance soudée est de 4,7 kΩ ce qui permet d'atteindre une vitesse théorique de transmission de 100 kbit/s.

Afin d'améliorer la connectivité de la carte de contrôle et ainsi faciliter son utilisation, une puce FT232RL (IC5) de la firme FTDI a été utilisée pour permettre sa connexion via le port USB d'un ordinateur. Ce circuit, muni du pilote [4], a pour effet lors du branchement à l'ordinateur d'ajouter un port série virtuel. Cette fonction permet ainsi à l'utilisateur de communiquer via le port USB comme s'il s'agissait d'une liaison RS-232. L'alimentation de la carte s'effectue avec

## CARTE DE CONTRÔLE

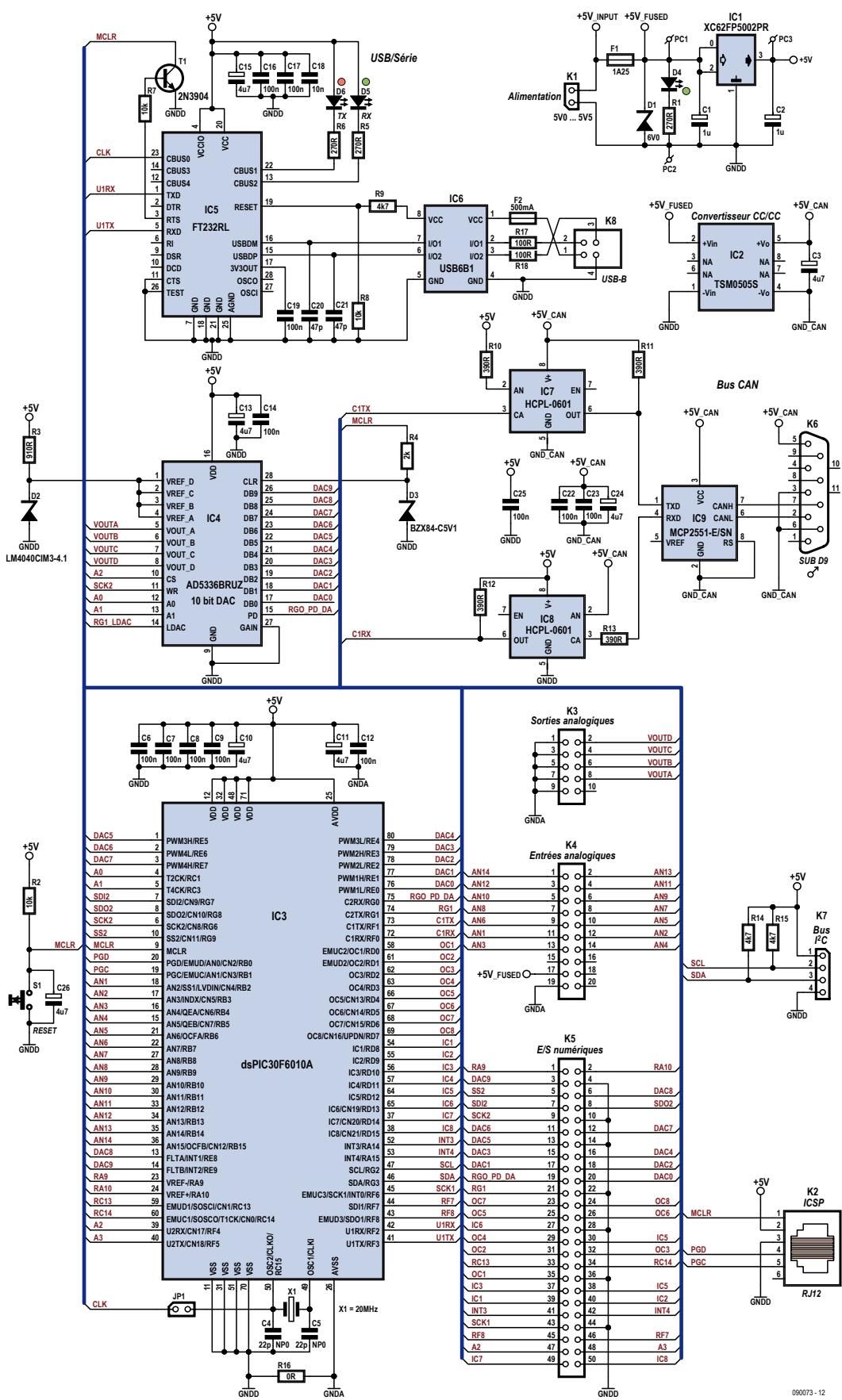


Figure 2. Schéma électrique de la carte à base du microcontrôleur dsPIC.

## Liste des composants

Résistances (1%, 250 mW, CMS 0805 sauf indication contraire)

R1, R5, R6 = 270  $\Omega$   
 R2, R7, R8 = 10 k $\Omega$   
 R3 = 910  $\Omega$   
 R4 = 2k0  $\Omega$   
 R9, R14, R15 = 4k7  $\Omega$   
 R10-13 = 390  $\Omega$   
 R16 = 0  $\Omega$ , 1%, 125 mW, CMS 0805  
 R17, R18 = 100  $\Omega$

Condensateurs :

C1, C2 = 1  $\mu$ F / 16 V, tantalé, boîtier A  
 C3, C10, C11, C13, C15, C24, C26 = 4,7  $\mu$ F / 16 V, tantalé, boîtier A  
 C4, C5 = 22 pF, NP0, CMS 0805  
 C6, C7, C8, C9, C12, C14, C16-19, C22, C23, C25 = 100 nF, X7R, CMS 0805  
 C20, C21 = 47 pF, NP0, CMS 0805

Semi-conducteurs :

IC1 = XC62FP5002PR, SOT-89-3 (Torex)  
 IC2 = TSM 05055 convertisseur CC/CC, 5 V / 1 W (Traco)  
 IC3 = dsPIC30F6010A-30I/PF (Microchip)  
 IC4 = AD5336BRUZ (Analog Devices)  
 IC5 = FT232RL (FTDI)  
 IC6 = USB6B1 (STMicroelectronics)  
 IC7, IC8 = HCPL-0601 (Avago)  
 IC9 = MCP2551-E/SN CAN (Microchip)  
 D1 = Diode SMCJ6V0A (Fairchild Semiconductor)  
 D2 = LM4040CIM3-4.1/NOPB (National Semiconductor)  
 D3 = Diode Zener BZX84-C5V1 5,1 V / 250 mW, SOT23 (NXP)  
 D4, D5 = LED verte, CMS 1206 (par exemple Farnell 1226371)

D6 = LED rouge, CMS 1206 (par exemple Farnell 1318261)

T1 = 2N3904BU (Fairchild Semiconductor)

Divers :

K1 = Embase horizontale, 2 voies au pas de 3,5 mm SL 3.5/2/90G (Weidmuller) plus fiche femelle 2 voies BL 3.5/2 (Weidmuller)  
 K2 = Embase RJ12 (par exemple Farnell 3938359)  
 K3 = bornier 10 points vertical  
 K4 = Embase 20 points vertical N2520-6002-RB (3M)  
 K5 = Embase 50 points vertical N2550-6002-RB (3M)

K6 = Embase sub-d à 9 voies (par exemple Farnell 1097063)

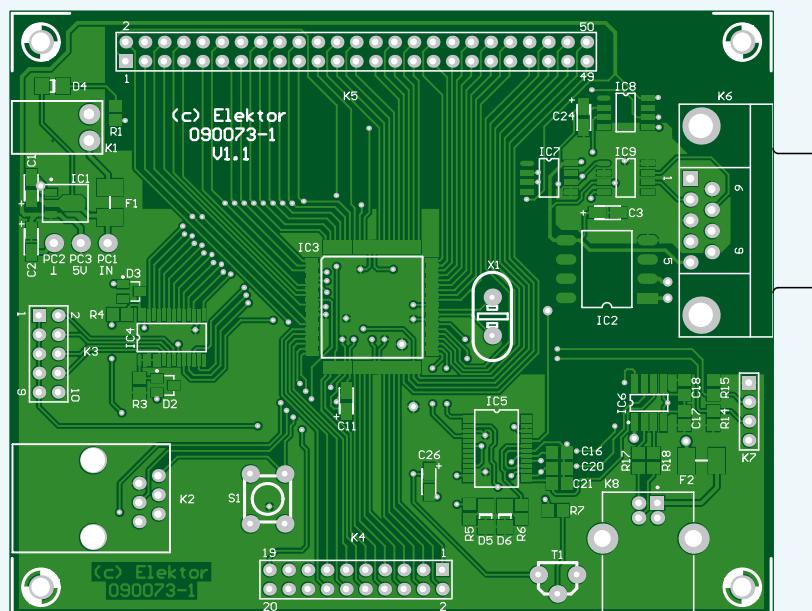
K7 = bornier 4 points au pas de 2,54 mm  
 K8 = Embase USB-B (par exemple Farnell 1308876)

F1 = Fusible rapide CMS 1,25 A 125 V (par exemple Farnell 1596473)

F2 = Fusible rapide CMS 500 mA (par exemple Farnell 9922156)

S1 = Bouton-poussoir, SPNO (par exemple Farnell 1555982)

X1 = Quartz 20,000 MHz, HC-49US Platine 090073-1, voir [1]



une alimentation continue comprise entre 5 V et 5,5 V, donnant ainsi l'occasion de recycler d'anciens chargeurs de téléphones mobiles. Dans notre cas, un chargeur Nokia est utilisé, il fournit une tension d'alimentation de 5 V avec un courant de 890 mA.

### Programmation et première mise en service

La programmation de la carte se fait à l'aide du logiciel de développement MPLAB [3]. Pour la gamme de microcontrôleurs à 16 bits, la programmation se fait en assembleur ASM30 directement disponible sur MPLAB. Quant à la programmation en C, le compilateur C30 est également téléchargeable sur le site de Microchip.

La première utilisation nécessite un programmeur compatible qui permet de charger le programme d'amorçage (*bootloader*) dans le micro. Dans notre cas, la programmation s'effectue à l'aide du programmeur ICD2 [5] et l'environnement de programmation MPLAB. Cependant, un autre programmeur compatible peut être

utilisé. Si tout se passe bien, le programmeur est nécessaire qu'une seule et unique fois, ensuite le bootloader sera utilisé pour « flasher » le micro via le port USB.

Le bootloader Tiny PIC utilisé est à télécharger sur le site de Claudio Chicalita [6]. Quelques modifications sont nécessaires dans le fichier source pour l'adapter au microcontrôleur dsPIC30F6010A. Le fichier modifié a été renommé *tinybld\_ds6010.s* et est disponible dans le téléchargement sur [1]. Il est important de noter que les paramètres de configuration du microcontrôleur doivent être adaptés selon les besoins dans ce fichier. Le programme d'amorçage se trouve à la fin de l'espace mémoire du micro, veillez donc à ne pas l'écraser avec une application trop grosse.

Lors de la première utilisation du bootloader, le pilote nécessaire à l'utilisation du port COM virtuel d'IC5 doit être installé sur l'ordinateur. Une fois les pilotes installés, il faut encore configurer correctement IC5 en utilisant le programme MPROG3.0 fourni par FTDI. Lancer le programme et ouvrir le

fichier EEPROM-FTDI.upt (disponible dans le téléchargement sur [1]). Les paramètres nécessaires au bon fonctionnement d'IC5 seront affichés (figure 3). Programmer la puce avec ces paramètres.

Une fois la programmation du bootloader dans le micro et la configuration du circuit FTDI achevées, le logiciel MPLAB ainsi que le programmeur ne sont plus nécessaires. La programmation du microcontrôleur s'effectue désormais à l'aide du logiciel *tinybldwin* (figure 4 et [6]).

Afin que le micro entre dans le mode bootloader, le mode reset doit être activé. Pour se faire, un transistor bipolaire NPN commandé par le signal RTS d'IC5 force le MCLR du micro à zéro. Pour que cela fonctionne, il faut activer la commande RTS dans les options du programme *tinybldwin*. Quant à la vitesse de transfert, elle doit être fixée à 19200 bauds/s et le port « comX » virtuel doit être sélectionné. Un appui sur le bouton « CheckPIC » permet de vérifier la communication entre le micro et l'ordinateur. Pour programmer le microcontrôleur, charger

## CARTE DE CONTRÔLE

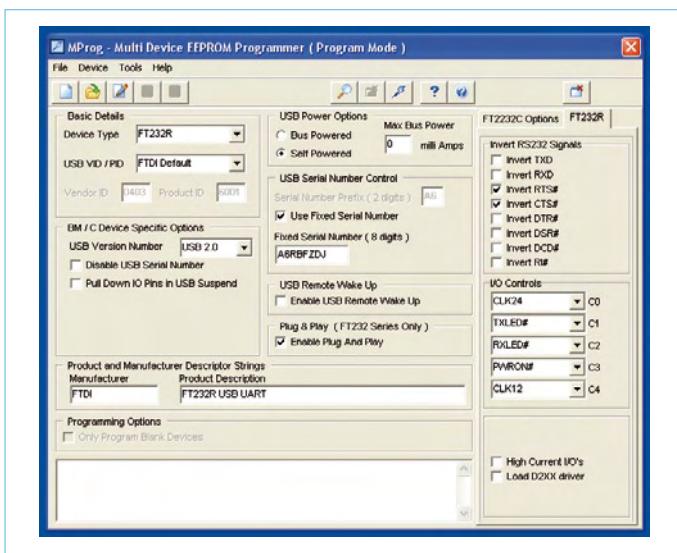


Figure 3. Voici comment paramétrer MPROG pour programmer IC5.

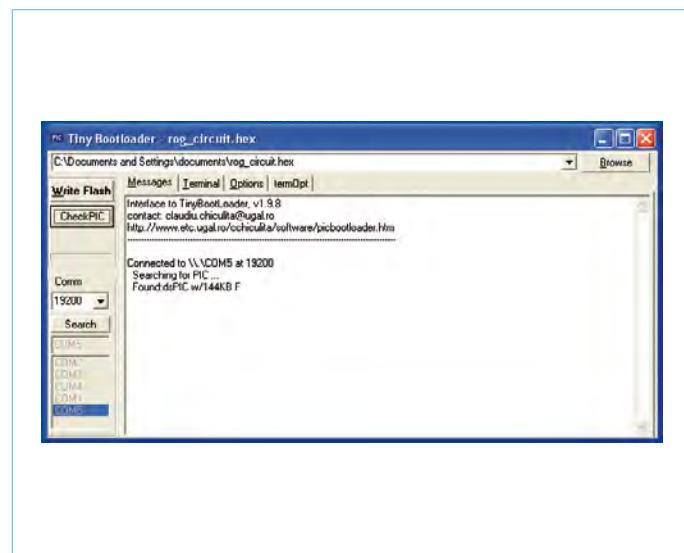


Figure 4. Ce programme permet de charger une application dans un microcontrôleur PIC préalablement programmé avec le programme d'amorçage Tiny PIC Bootloader.

le fichier HEX désiré et cliquer sur « Write Flash ». Lors du démarrage du microcontrôleur après le reset, le bootloader est chargé. Il attend 500 ms pour voir si une demande provient de la liaison série asynchrone RS-232. Si oui, il se met en mode programmation. Sinon, il lance l'application contenue dans le microcontrôleur.

Une petite application de test est disponible dans le téléchargement sur [1]. Elle envoie d'abord le caractère « E » sur le port série (paramétré en 19200n81), puis elle balaye continuellement les sorties RD0 à RD7 pour faire un chevillard style K2000.

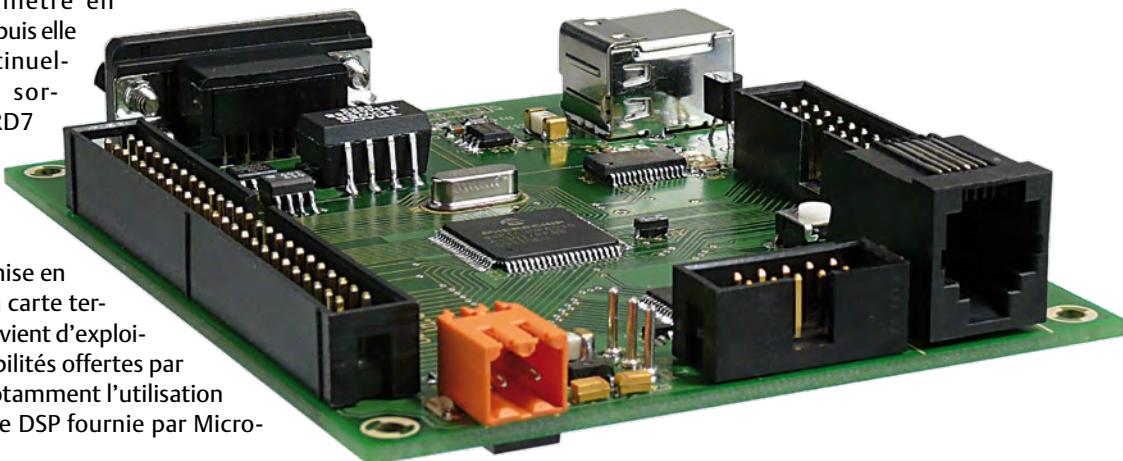
Une fois la mise en service de la carte terminée, il convient d'exploiter les possibilités offertes par celle-ci et notamment l'utilisation de la librairie DSP fournie par Micro-

chip. En effet, cette carte dédiée au réglage et au contrôle d'applications se doit d'être capable d'effectuer rapidement quelques opérations mathématiques simples. Afin d'utiliser ces fonctions, la bibliothèque libdsp-coff.a doit être rajoutée aux autres bibliothèques du projet (*Library Files*). Ce fichier se trouve (probablement, selon votre installation) dans C:\Program Files\Microchip\MPLAB C30\lib\libdsp-coff.a

(090073-1)

## Liens Internet

- [1] [www.elektor.fr/090073](http://www.elektor.fr/090073)
- [2] [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70150D.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70150D.pdf)
- [3] [www.microchip.com/mplab](http://www.microchip.com/mplab)
- [4] [www.ftdichip.com/FTDrivers.htm](http://www.ftdichip.com/FTDrivers.htm)
- [5] [www.microchip.com/icd2](http://www.microchip.com/icd2)
- [6] [www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm](http://www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm)



## Les nombres fractionnaires à virgule fixe

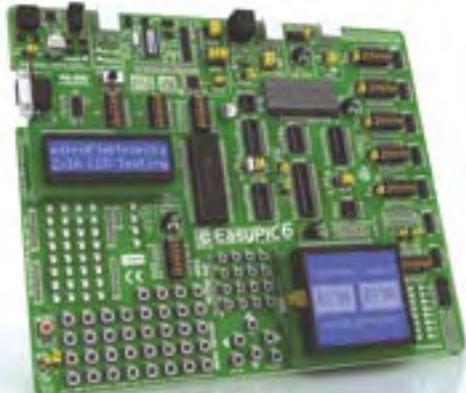
Pour sa bibliothèque, et pour l'application de calculs rapides basée sur des registres à 16 bits, Microchip utilise les nombres fractionnaires à virgule fixe (*fractional*) codés selon la notation « 1.15 » permettant de représenter des nombres compris entre -1 et  $1-2^{-15}$  (0,999969482). Ainsi, -1 est représenté par 0xFFFF et  $1-2^{-15}$  par 0x7FFF, la valeur 0x0001 correspond donc à  $2^{-15} = 1/32768$ . L'avantage de ce codage est d'éviter les problèmes de dépassement de capacité lors des multiplications, car le résultat d'une multiplication de n'importe quel nombre compris entre -1 et  $1-2^{-15}$  est également entre -1 et  $1-2^{-15}$  (sauf -1 x -1). La multiplication de deux fractions décimales peut être effectuée de manière rapide en appliquant la fonction mpy de la bibliothèque DSP.

# NOUS VOUS FACILITONS LA VIE

MIKROELEKTRONIKA est un fabricant reconnu d'une large gamme d'outils de développement, des compilateurs pour différentes familles de microcontrôleurs et des livres sur l'électronique. Notre but est de fournir à nos clients des produits fiables et de haute qualité en plus d'un service hors pair.

## CRÉEZ FACILEMENT VOS PROPRES DISPOSITIFS ÉLECTRONIQUES

### GRÂCE À NOS OUTILS DE DÉVELOPPEMENT



Mikroelektronika produit des systèmes de développement compétitifs pour programmer et expérimenter avec de différentes familles de microcontrôleurs comme les PIC®, dsPIC®30F, dsPIC®33/PIC®24, PIC32®, AVR®, PSoC®, 8051 et ARM®. Ils offrent de nombreux modules embarqués et il est possible d'améliorer leurs performances en rajoutant de modules à commander séparément.



## ÉCRIVEZ D'EXCELLENTS LOGICIELS GRÂCE À NOS COMPILEURS



Mikroelektronika édite également des compilateurs et des environnements intégrés de développement pour des familles de microcontrôleurs populaires. Mikroelektronika offre des compilateurs C, BASIC et PASCAL pour les microcontrôleurs PIC®, dsPIC®30/33-PIC®24, AVR® et 8051.

- **SUPPORT TECHNIQUE GRATUIT DURANT LA VIE DU PRODUIT**
- **MISES À JOUR GRATUITES POUR LES COMPILEURS**
- **LARGE GAMME DE MICROCONTRÔLEURS SUPPORTÉE**
- **DE NOMBREUX EXEMPLES PRATIQUES ET FACILES À UTILISER**

## APPRENEZ PLUS SUR LES MICROCONTRÔLEURS ET COMMENT LES UTILISER

### GRÂCE À NOS LIVRES



Qu'est qu'un microcontrôleur au juste ? De l'électronique intégrée sur une puce capable de piloter une petite sous-marine, une grue ou un ascenseur... C'est vous qui décidez de ce qu'ils pilotent. Il suffit de charger un logiciel contenant les bonnes instructions dans le micro...

## EXPLOREZ LES POSSIBILITÉS DES MICROCONTRÔLEURS AVEC NOS CARTES D'EXTENSION

Nos cartes d'extension ont été conçues pour permettre aux étudiants et ingénieurs d'explorer facilement les possibilités de différents microcontrôleurs. Ils sont connectés à des modules périphériques comme un convertisseur A/N et N/A, le bus CAN, Ethernet, IrDA, MP3, RS485 etc.

# Du sable, des chips, de l'eau et Internet

## Le développement durable et Elektor

Wisse Hettinga (Elektor)

Sur le plan des économies d'énergie, Elektor tel un cordonnier mal chaussé se retrouve avec du pain sur la planche avec son serveur, son armée de PC, ses instruments de laboratoire et ses fers à souder, tous occupés à réchauffer la biosphère. Une entreprise telle Elektor, active depuis trois décennies, a certainement contribué à la masse totale de CO<sub>2</sub> rejeté.

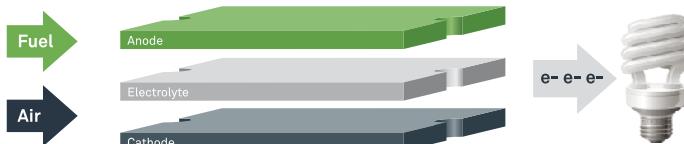
Bien que cette contribution soit modeste, il n'est pas interdit de se demander si des solutions existent qui permettent de diminuer notre empreinte écologique. Le cas échéant, Elektor se retrouverait en première ligne pour communiquer là-dessus. Mais nous n'en sommes pas encore là. Pour ce galop d'essai, nous nous limiterons à évoquer quelques thèmes peu connus, voire fantaisistes.

### Bloom Box

Dévoilée en février 2010, cette pile à combustible à électrolyte solide se singularise par son substrat d'une composition chimique proche du sable, rigide et robuste. À l'instar de toute pile à combustible, le Bloom Box réalise une catalyse, une réaction chimique à température modérée qui se solde par un bilan électrique non

burant, le Bloom Box s'en sort bien avec un rendement légèrement supérieur aux meilleures installations conventionnelles. Toutefois, il me semble que la technologie existante, si décentralisée, procurera les mêmes avantages que le Bloombox. Mieux encore, si la décentralisation s'opère au moyen de centrales à cogénération avec utilisation de la chaleur habituellement perdue, le rendement thermodynamique peut atteindre 94 %, une performance qu'aucune pile à combustible ne peut atteindre. Il existe des méthodes de financement pour aller vers la décentralisation qui reposent sur la fiabilité, la durée de vie et les performances prouvées des solutions classiques. »

### Bloomenergy®



nul. Elle exige donc d'être alimentée en hydrogène, alcool, gaz ou biogaz. Les enjeux de cette technologie étant colossaux, l'annonce de Bloomenergy [1] a été hyper-médiatisée, sorte de Keynote à la Apple, avec Colin Powell *himself* à la barre, bien visible au conseil d'administration, et Arnold Schwarzenegger, l'écolo californien. Quelques semaines plus tard, le buzz étant retombé, voici qu'arrive un intéressant mémo « *à-propos du Bloom Box* », concocté par Ernst, un de nos correspondants ayant eu la chance de travailler sur les piles à combustible.

« Les piles à combustible à électrolyte solide ont un rendement de 55 à 66 %, quasi égal à celui des centrales électriques conventionnelles à turbine à gaz. Au premier degré, le Bloom Box ne réduit pas l'empreinte carbone. En revanche, si la production d'électricité se fait de façon décentralisée, il y a moins de pertes dans la distribution. Là se trouve l'avantage de Bloomenergy. Si l'on fait appel au biogaz comme car-

### Batibox (Fr) et Recupel (Be) : reloaded

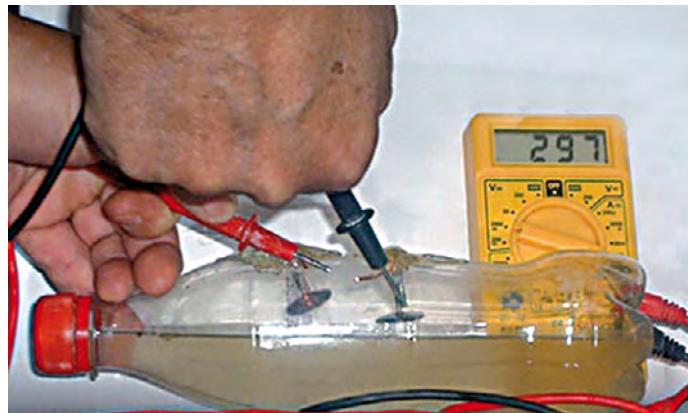
En France et en Belgique, la loi oblige les enseignes de la grande distribution à collecter les piles pour le recyclage. Les piles ont une fâcheuse tendance à s'accumuler chez le particulier qui les stocke dans une vieille boîte de conserve, une boîte à chaussures ou un tube de Pringles, ces drôles de chips anglo-saxons. Pour l'instant, c'est le tube de Pringles qui a le vent en poupe. Une fois plein, vient le moment d'en porter le contenu à la collecte. Mais qui n'a jamais eu un doute : et si certaines piles étaient encore bonnes pour des applications à basse consommation ? Nous avons observé qu'un tube de Pringles peut contenir jusqu'à 25 piles AA, 14 piles AAA, 2 piles 9 V, 3 piles D, 14 piles bouton et encore 25 piles en



vrac dont on ne peut plus rien espérer, qui fument. C'est du lourd ! Plus sérieusement, nous avons mesuré que la majorité des piles non tuées par une fuite contiennent une énergie résiduelle non négligeable, qui leur permet une nouvelle vie dans des applications à faible consommation comme les lampes à LED et les horloges électroniques.

### Le réacteur à eau

Mehran Keshe [2] est un physicien nucléaire qui depuis 30 ans s'échine à tirer de l'énergie électrique à partir de tout et n'importe quoi. Facile, puisque d'après lui, chaque grain de matière contient à la fois de la matière conventionnelle, de l'antimatière, et de la matière noire. Keshe serait-il un poète ? Elektor qui ne désire se



fâcher avec personne s'est contenté de demander un complément d'info, ce qui a donné lieu à une représentation dans un hôtel en banlieue d'Anvers, en Belgique. C'était il y a 3 ans. Keshe était venu avec une bouteille de Coca-Cola bardée d'électrodes, partiellement remplie d'un fluide, censée générer un plasma énergétique. Le tout à température et à pression ambiantes. Personne n'a encore compris comment Keshe s'y est pris, mais lorsqu'il a branché un voltmètre et un ampèremètre entre certaines électrodes, il a montré qu'il y avait bien de la puissance collectée. Elektor, dubitatif quant à son protocole, lui avait déclaré qu'une preuve irréfutable consistait à allumer une LED. Nous pensions ne plus jamais entendre parler de Keshe. Or, en novembre 2009, Keshe nous a recontactés : « la LED s'allume ». Nous nous sommes empressés d'inviter Keshe au Labo d'Elektor. Le résultat est bien là, mais personne ne le comprend. En branchant plusieurs cellules en série et en parallèle, la puissance collectée n'a rien de ridicule. Keshe nous a parlé de ses nouvelles cellules dynamiques, parcourues par un fluide tel de l'eau, qui collectent une puissance électrique considérable. Keshe déclare que ses réacteurs sont revêtus d'un film spécial, et que dès que de l'eau se met à courir dessus, il naît une possibilité de collecte de puissance électrique. La puissance collectée permet d'alimenter un petit ventilateur. Avec un réacteur statique (eau dormante), le processus s'arrête au bout de deux heures. Dans un tel réacteur usagé, une analyse chimique révèle la présence de CO<sub>2</sub>.

Et voilà donc mis au recart les alternateurs, les batteries, les piles à combustible et les piles, tous remplacés par un robinet d'eau courante ! À Keshe, nous avions suggéré de construire une lampe de poche à LED, avec des piles remplacées par des cellules à eau. Quelle ne fut pas notre surprise, quelques semaines plus tard, en recevant un courriel et une photo de ladite lampe de poche !

### Tech the Future

C'est un intéressant site web dédié à toutes sortes d'idées et d'innovations en matière d'énergie renouvelable et de développement durable. Sur ce site sont rassemblés différents articles présentant les enjeux et les solutions de demain. Prenons l'exemple de l'énergie et les transports. Chacun sent bien les avantages futurs de la traction électrique appliquée au transport individuel, mais chacun sait-il que nos réseaux de distribution d'électricité ne peuvent pas fournir la puissance électrique que cette évolution exigera ?

Il faudra passer par des aménagements significatifs. Ces aménagements seront débattus et décidés sur des bases scientifiques, à long terme. C'est là qu'une expertise comme Elektor peut aider à

mieux expliquer les principes et les mécanismes, pour que le public y comprenne quelque chose. L'important est que le public sache dans quelle direction il convient d'aller, solidement, et autrement que par des effets de mode. Et si par cela Elektor contribue à faire naître des vocations, c'est encore mieux !

(100122-l, trad. Cnockaert)

### Liens Internet

[1] [www.bloomenergy.com](http://www.bloomenergy.com)

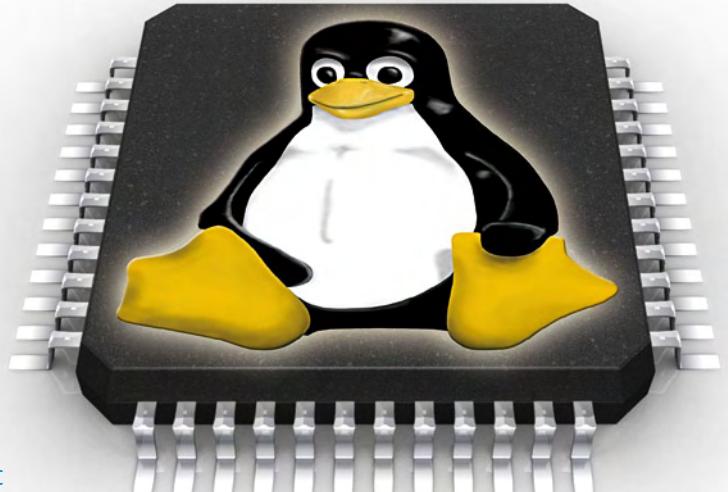
[2] [keshetechnologies.com](http://keshetechnologies.com)

# nanoLIAB

## Découvrir Linux pour l'embarqué

Jerry Jacobs (Labo d'Elektor) & Thijs Beckers (Elektor Pays-Bas)

Linux pour l'embarqué avance. Cela a commencé avec les modems-routeurs ADSL et cela continue avec les Box des câblos-opérateurs. Le voici qui débarque dans nos téléphones avec Google Androïd.



Comprendre cette révolution, c'est ce que propose la société Linux in a Box [1] qui produit nanoLIAB, une petite carte de 67 x 62 mm de côté capable d'exécuter le noyau Linux 2.6.23 adapté au monde de l'embarqué [2]. Le processeur est un Atmel AT91RM9200 (cœur ARM et MMU) donné pour 200 MIPS, encadré par 16 Mo FPROM flash, 32 Mo RAM et un DAC audio TLV320DAC23 sur SSC0. Le noyau Linux est préchargé en mémoire Flash. La carte est prête à l'emploi, dotée qu'elle est de connecteurs USB, Ethernet 10/100, sortie audio (jack) et RS-232. Une embase de 26 broches reprend différents signaux d'extension comme SPI, I²C, UART2, SD/MMC et SSC1 (compatible I²S).

### Amorçage

Le noyau (*kernel*) Linux stocké en mémoire Flash doit être transféré en RAM. C'est le *bootloader* qui s'en charge dès qu'il a terminé l'initialisation du processeur et ses périphériques. Ensuite le bootloader passe le contrôle au noyau qui fait la liaison entre le matériel et les applications. Le démarrage est un processus complexe que l'on peut suivre en se connectant sur le port série (figure 1). Ainsi, nous pouvons voir entre autres l'adresse MAC et l'adresse IP (notez-la, elle servira plus loin !) de la carte.

Dans notre cas particulier, nous utilisons à cet effet un PC sous Linux Ubuntu [3]. Le PC émule un terminal en mode série, et c'est via ce dernier que nous établissons une session interactive avec nanoLIAB. Du côté du PC, nous entrons la commande `cu -l /dev/ttys0 -s 115200` et nous voilà en émulation de terminal, utilisant le port série `ttys0` du PC Linux qui est l'équivalent de COM1 d'un PC sous Windows. La vitesse est de 115 200 bauds. Pour les ports série virtuels créés via un adaptateur USB, le port se nomme `ttyUSBx` au lieu de `ttySx`, x étant le numéro du port qui a été assigné.

### Installation personnalisée

Pour tout vous avouer, nous n'en avons même pas eu besoin ! Si cela devait arriver, il faut se souvenir de faire tout transiter en ASCII puisque la communication série se passe ici en mode texte.

### Lancer une application

Jetons un œil sur le **listage 1**, qui fait clignoter des LED. L'adepte des microcontrôleurs s'attend à devoir écrire et compiler une application.

Ici, il suffit d'envoyer un script à Linux. Cela va le plus vite avec un client FTP (un serveur FTP a été lancé au démarrage de la carte, assurez-vous que nanoLIAB est bien connecté à votre réseau local, l'utilisateur est **root**, son mot de passe **skov9240**). Avant d'envoyer le script par FTP à nanoLIAB dans son répertoire **root**, transformez le script en archive **.tar** [4] (`tar -c led-counter.tar led-counter.sh`). Ceci est nécessaire pour préserver les fins de ligne du script qui peuvent être endommagées par un transfert en mode texte. Utilisez la commande `cd /root` pour entrer dans le répertoire où se trouve le script. Désarchivez-le (`tar -xf led-counter.tar`) et rendez-le exécutable (`chmod +x led-counter.sh`). La commande `./led-counter.sh` lance l'exécution du script.

Tout étant stocké et exécuté en RAM, la moindre coupure de courant s'avérera fatale. Concevoir et déverminer une véritable application, la compiler, l'implanter en mémoire Flash et la faire exécuter automatiquement après l'amorçage, c'est nettement plus compliqué.

```

jerry@ubuntu: ~
File Edit View Terminal Help
-----
o LIAB Bootloader o
-----
Release: 1.0, April 18, 2007 at 13:52 by root
Copyright LIAB ApS.

GZIP image no. 1 found at addr 0x000020000
Filename .....: vmlinux.bin
Timestamp .....: Apr 18 11:51:51 2007 UTC
Bootloader: now putting Linux boot tags at 20000100
Starting Linux kernel ...
Linux version 2.6.16 (root@msa) (gcc version 3.3.2) #1 PREEMPT Wed Apr 18
13:51:50 CEST 2007
CPU: ARM920Tid(wb) [41129200] revision 0 (ARMv4T)
Machine: Atmel AT91RM9200-DK
Clocks: CPU 165 MHz, master 55 MHz, main 14.745 MHz
CPU0: D VIVT write-back cache
CPU0: I cache: 16384 bytes, associativity 64, 32 byte lines, 8 sets
CPU0: D cache: 16384 bytes, associativity 64, 32 byte lines, 8 sets
Kernel command line: liabETH=00:90:82:FF:04:81
liabIP=192.168.1.180,8,192.168.1.1 liabHOST=liab.liab.dk
liabJFFS2=/jffs2 liabRUN=/jffs2/StartApplication

```

Figure 1. Voici, vu du terminal ASCII, ce qui se passe durant l'amorçage.

## Pilotes de périphériques

Voilà un autre aspect motivant. Tout d'abord, sous Linux, une multitude de périphériques peuvent être pilotés en se contentant d'envoyer des données dans des fichiers virtuels, longs ou courts. Pour envoyer des données PCM à destination du DAC audio TLV320DAC23, il suffit d'écrire dans le fichier virtuel `/dev/snd`. Branchez un écouteur en sortie, et vous entendrez le son correspondant. Un autre aspect motivant est que le noyau Linux intègre différents protocoles de télécommunication. Faut-il doter un routeur de la fonction IP-Forwarding ? Rien de plus simple : il suffit d'écrire une donnée « 1 » dans le fichier virtuel `/proc/sys/net/ipv4/ip_forward`. Dans Linux, tout est mis en œuvre pour faciliter la vie du programmeur. Cela se fait de façon réentrant puisqu'ici c'est le noyau lui-même qui se pilote au moyen de fichiers virtuels. Linux cesse de faire peur une fois que l'on a compris cela. Pourtant, cette politique de virtualisation exige que le CPU lise une kyrielle de paramètres à la volée. Ceci amène une question : 200 MIPS Linux valent-ils 50 MIPS Renesas R32C ou 80 MIPS Microchip PIC32, cousus main ? Signalons que côté PC, il existe l'utilitaire `bash` [5], prévu pour Unbuntu, qui permet de tout préparer et de tout rassembler sous la forme d'un fichier script envoyé vers `nanoLIAB`. Nous voilà déjà en train de faire clignoter des LED !

## Pourquoi Linux ?

Faire appel à Linux pour le monde de l'embarqué permet de se concentrer sur l'application, sans devoir se préoccuper du matériel. C'est Linux qui établit la liaison entre l'application et le matériel. Le nombre de lignes à programmer diminue considérablement, surtout lorsqu'il s'agit d'applications qui font appel aux protocoles TCP/IP, qui sont dotées d'un afficheur, ou qui manipulent des échantillons audio.

Le fait de se baser sur Linux permet de prendre de la distance par rapport aux fournisseurs de systèmes propriétaires, qui rechignent parfois à faire évoluer leurs pilotes et autres logiciels de base, ou qui le font à prix d'or. Ici, avec Linux, les fabricants se sentent obligés de proposer un noyau Linux standard sans supplément de prix, avec un certain suivi. C'est bien ce que fait *Linux in a Box*, le fabricant de `nanoLIAB` [1]. Lorsque la base matérielle est intéressante, il arrive que d'autres développeurs prennent le relais en proposant des mises à jour ciblées en fonction de leur propre projet. Le cas de BeagleBoard [6] est exemplaire, avec une multitude de projets qui foisonnent autour de cette petite carte de 79 x 77 mm de côté qui contient un processeur OMAP donné pour 1200 MIPS.

## Aller plus loin

Le but de cet article est d'inciter à prendre contact avec Linux, d'une façon moderne et agréable. La petite carte `nanoLIAB` est dotée d'une excellente documentation de 49 pages en anglais avec schémas. Au bout de quelques heures de travail, il deviendra évident que l'éventail des possibilités est quasiment infini. Pour l'instant `nanoLIAB` n'est pas au centre d'une communauté, sur le modèle de Arduino, mbed ou BeagleBoard. Gageons que cela se met en place dans le futur. Au niveau de l'applicatif, Internet constitue une source

### Listage 1.

```
#!/bin/bash
#
# nanoLIAB led shell script
#
# This script writes values in binary to the
# four leds on the board with 1 s interval.

# The array of the possible values
VALUES=( 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F )

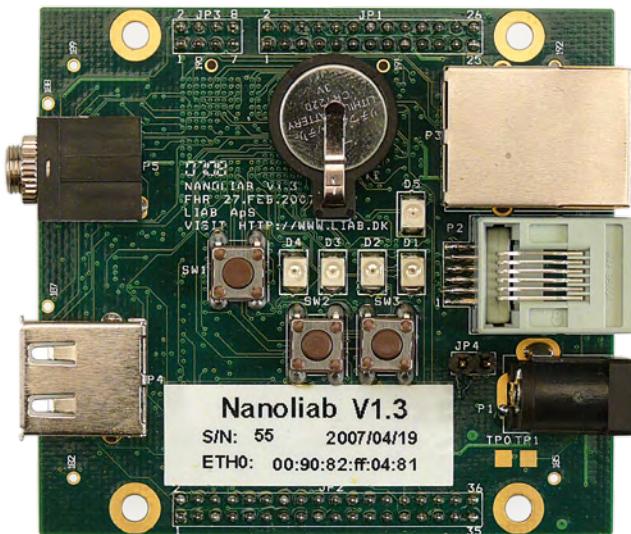
# Write every value in VALUES to the device
# with nanoctrl
for value in ${VALUES[*]}; do
    # Display written data and write to leds
    echo "Writing 0x$value to leds"
    nanoctrl -l $value

    # Wait one second
    sleep 1
done
```

d'information de premier plan. Le site *Linux for Devices* [7] reflète bien l'activité Linux dans le monde de l'embarqué. Il contient une série de tutoriaux bien utiles pour qui désire s'y mettre sérieusement.

(091034-l, trad. Cnockaert)

- [1] [www.liab.dk](http://www.liab.dk)
- [2] [www.elinux.org](http://www.elinux.org)
- [3] [www.ubuntu.com](http://www.ubuntu.com)
- [4] [fr.wikipedia.org/wiki/Tar\\_\(informatique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tar_(informatique))
- [5] [fr.wikipedia.org/wiki/Bourne-Again\\_shell](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bourne-Again_shell)
- [6] [www.beagleboard.org](http://www.beagleboard.org)
- [7] [www.linuxfordevices.com](http://www.linuxfordevices.com)



# AirControl

## la tête dans les nuages

Antoine Authier (Laboratoire d'Elektor)  
d'après une idée de  
Jürgen Maiß (Allemagne)

S'il est appelé AirControl, c'est parce que ce circuit indique l'altitude des nuages à partir de la mesure du taux d'humidité et de la température de l'air, et surtout de savants calculs. Ce qui en fait un outil de météorologie intéressant pour tous ceux qui regardent le ciel.

À son atterrissage (sur mon bureau) le prototype de l'AirControl de Jürgen Maiß a immédiatement suscité ma curiosité et m'a séduit par son originalité : comment ce montage pouvait-il, avec un simple capteur d'humidité (et de température), évaluer l'altitude de la base des masses nuageuses ? « Amateur de vol à voile, Jürgen Maiß est aussi pilote ; les données météorologiques lui sont donc indispensables, il connaît forcément le sujet ! » me suis-je dit, tout en restant sceptique : « Les valeurs ainsi obtenues sont-elles fiables ? » En plus, ce montage utilise un capteur numérique miniature que je n'avais encore jamais utilisé... il n'en fallait pas plus pour que je me lance dans l'aventure, sans montgolfière ni mètre ruban.

### D'un point de vue météorologique

Tout d'abord quelques rappels de thermo-



dynamique. N'étant pas météorologue, je me suis plongé dans diverses encyclopédies pour essayer de comprendre les phénomènes mis en jeu. Voici le fruit de mes recherches.

Ce circuit mesure le taux d'humidité relative et la température de l'air ambiant.

Pour déterminer l'altitude de la base des nuages, il faut calculer l'altitude à laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air se condense.

Le point de rosée [7] ou température de rosée correspond à la température de saturation de l'air à une pression donnée, en d'autres termes la température pour laquelle la vapeur d'eau contenue dans l'air est maximale. Si, à pression constante, la température de l'air passe sous ce point de rosée (transformation isobare), la vapeur d'eau excédentaire se condensera pour former nuage, brouillard (nuage bas) ou rosée selon l'altitude à laquelle le phénomène se

produira. Plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité.

C'est la formule d'August-Roche-Magnus qui permet d'approximer cette température (de rosée)  $T_d$  :

$$T_d(T, RH) = T_n \cdot \frac{\gamma(T, RH)}{m - \gamma(T, RH)}$$

$$\gamma(T, RH) = \ln\left(\frac{RH}{100}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n \cdot T}$$

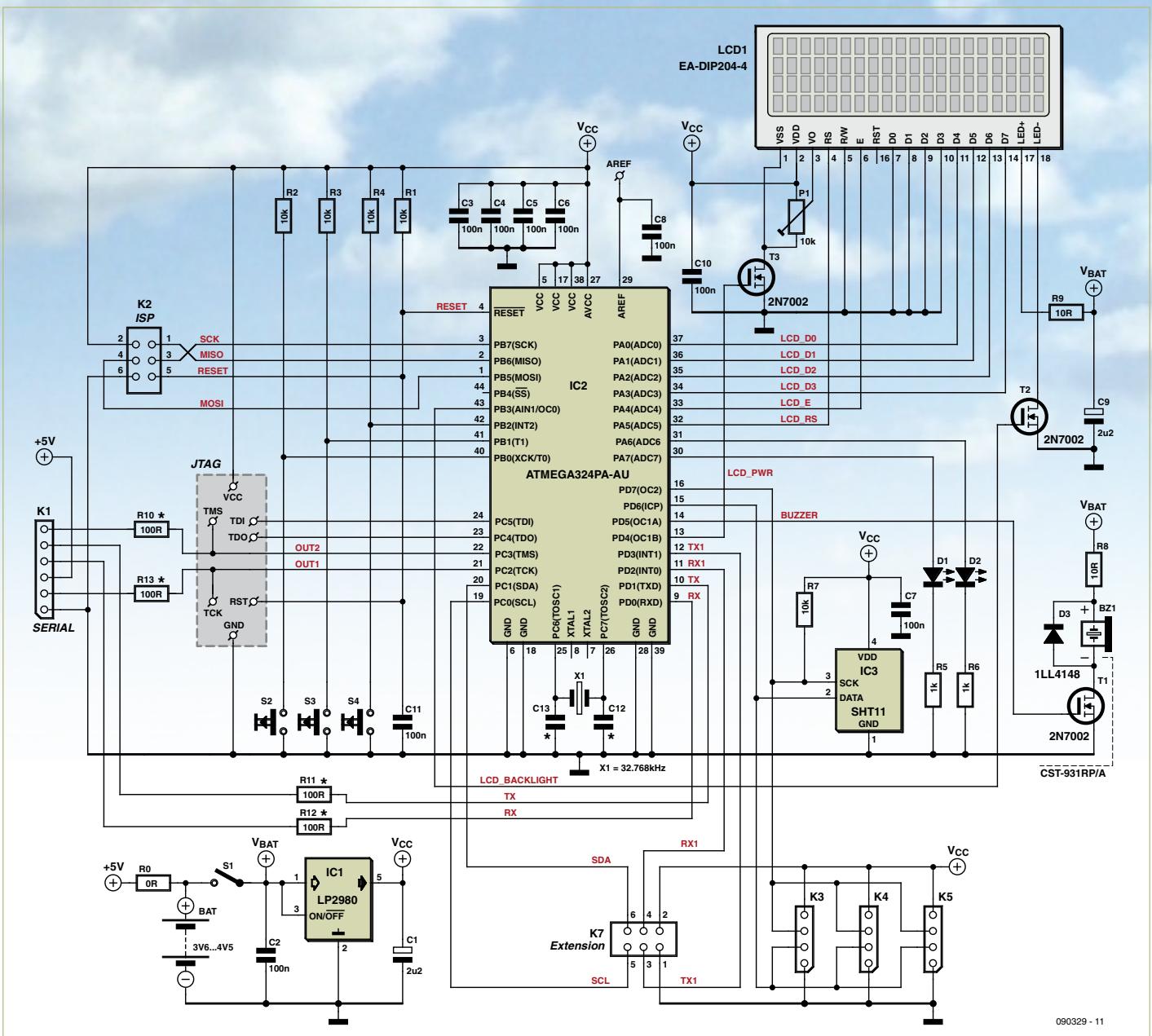
avec les constantes  $\begin{cases} T_n = 243,12 \text{ °C} \\ m = 17,62 \end{cases}$

Cette approximation est valable « au-dessus de l'eau » (*above water* dans le jargon) c'est-à-dire pour des températures comprises entre 0 et 60 degrés Celsius, et une humidité relative comprise entre 1 et 100 %.

Pour comprendre les explications qui suivent, on lira avec profit les informations à propos de la « pression atmosphérique » et de « l'instabilité convective » fournies par le lien [8]. Considérons maintenant le modèle d'atmosphère standard tel que le définit Météo France, avec un gradient vertical de température qui reste de l'ordre de  $-0,65 \text{ °C}$  tous les 100 m dans la basse atmosphère (aussi appelée troposphère).

### Caractéristiques:

- Microcontrôleur ATmega324PA-AU d'Atmel, support JTAG
- Capteur d'humidité SHT11 de Sensirion, 0 à 100 % RH, précision 3 %
- Alimentation avec trois piles bouton AAA/R6
- Autonomie minimum d'une semaine (avec des piles neuves et sans utiliser le rétroéclairage)
- Évalue l'altitude de la base nuageuse
- Afficheur 4 lignes de 20 caractères
- Portable, capteur sur platine détachable (breakout board)



## Liste des composants

### Résistances (CMS 0805) :

R1 à R4, R7 = 10 kΩ

R5, R6 = 1 kΩ

R8, R9 = 10 Ω

P1 = ajustable 10 kΩ CMS (Vishay TS53)

### Condensateurs (CMS 0805) :

C1, C9 = 2,2 uF / 10V - 10 % Tantale (ESR 8Ω)

C2 à C8, C10, C11 = 100 nF

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = LED rouge 3mm à haut rendement

D3 = 1N4148 (version CMS LL4148)

T1, T2, T3 = 2N7002, transistor MOSFET à canal N

IC1 = LP2980AIM5-3.3, régulateur 3,3 V / 50 mA

IC2 = ATmega324PA-AU

IC3 = SHT11

### Divers :

X1 = oscillateur à quartz 32,768 kHz, CL = 6 pF (Epson Toyocom MC-306)

LCD1 = afficheur LCD 4x20 caractères (Electronic Assembly EA DIP204-4NLED)

BZ1 = résonateur miniature (CUI CST-931RP/A)

S1 = micro-interrupteur à glissière (EAO 09-10290-01)

S2-S4 = pousoir SPNO 12 V/50 mA - 6x6 mm - 13mm, Tyco Electronics FSM14JH

K1 = barrette 1x6 contacts coudée au pas de 2,54 mm

K2,K6 = barrette 2x3 contacts droite au pas de 2,54 mm

K3,K4 = barrette femelle 1x4 contacts coudée au pas de 2,54 mm

K5 = barrette 1x6 contacts coudée au pas de 2,54 mm

Boîtier Bopla BOS400 Steamline avec compartiment pour 3 piles AAA (Bopla BS 401 F-7024) et joint décoratif (Bopla BS 400 DI-D-7024)

Platine 090329-1 [11]

Face avant à imprimer (et plastifier) 090329-F [11]

### Kit complet (avec CMS soudés) :

Si vous êtes intéressé par une version en kit de ce montage, veuillez nous en informer en envoyant un message à : [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr).

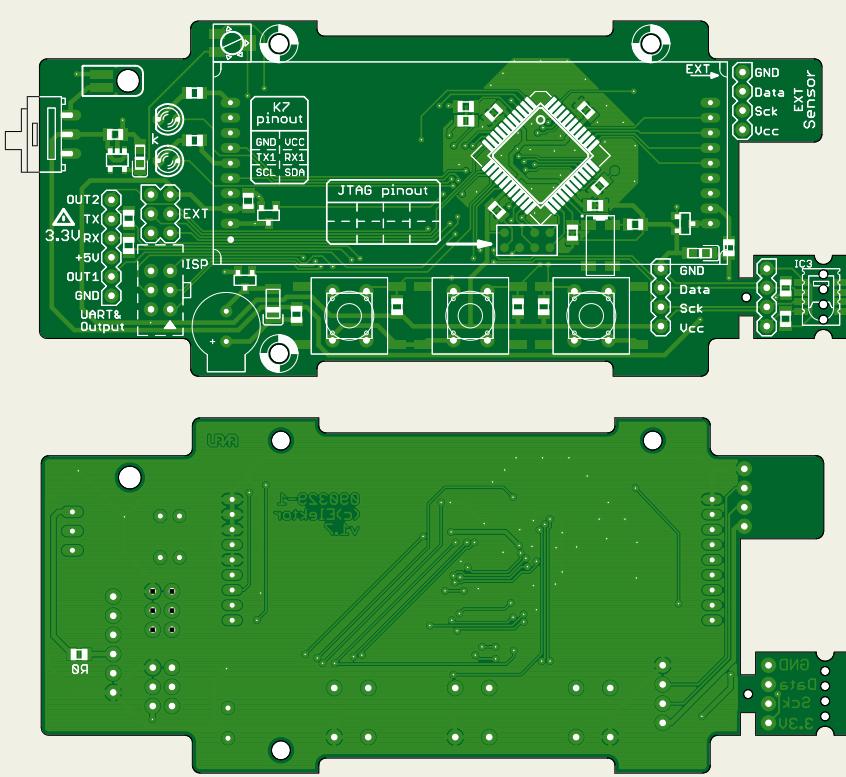
pour une tension maximale de 4 V, or trois piles Duracel ou Varta neuves fournissent plus de 4,7 V. La fréquence du signal sonore émis (environ 2,7 kHz) est commandée en modulation de largeur d'impulsion (MLI, PWM en anglais) par le microcontrôleur à travers le FET T1. Ceci permet aussi de limiter l'énergie dans le résonateur. Des essais ont montré que 40 % du rapport de MLI permettent d'obtenir un bon volume acoustique.

L'afficheur LCD est du type EA DIP204-4<sup>[3]</sup> d'Electronic Assembly dont la réputation n'est plus à faire. Ce module n'est pas bon marché, mais il n'a pas non plus de compétiteur. Compact et monté sur connecteur, il fournit quatre lignes de vingt caractères et une table de caractères et de symboles mieux adaptés aux langues européennes que les habituels signes asiatiques. La raison principale de mon choix de cet afficheur, c'est son aptitude à être alimenté sous 3,3 V, et sans tension négative sur sa broche de contraste : un ajustable suffit ! Il est ici commandé en mode 4 bits, mais il est compatible aussi avec le bus SPI (se reporter à la fiche technique du KS4073 de Samsung) que j'aurais aimé utilisé. Malheureusement, je n'ai pas eu le temps d'expérimenter cette fois.

L'afficheur peut-être complètement éteint grâce à T3, ce qui permet d'économiser quelques 5 à 6 mA lorsque l'utilisateur n'en a pas besoin. L'initialisation complète du contrôleur LCD prend un peu de temps à chaque rallumage.

Le rétroéclairage à LED nécessite une alimentation sous 5 V, dont la résistance R9 limitera le courant. Le rétroéclairage est aussi connecté à une broche du microcontrôleur capable de délivrer un signal MLI, qui, à travers le FET T2, commande son intensité et donc sa consommation. Si le montage est alimenté par des accumulateurs plutôt que des piles alcalines, la tension délivrée au rétroéclairage sera de 3,6 V seulement (batteries chargées) : dans ce cas, l'intensité du rétroéclairage sera réduite, sans préjudice toutefois pour la lisibilité de l'afficheur.

Le montage s'articule autour d'un processeur ATmega324PA<sup>[2]</sup> aux nombreux et confortables périphériques et à très faible



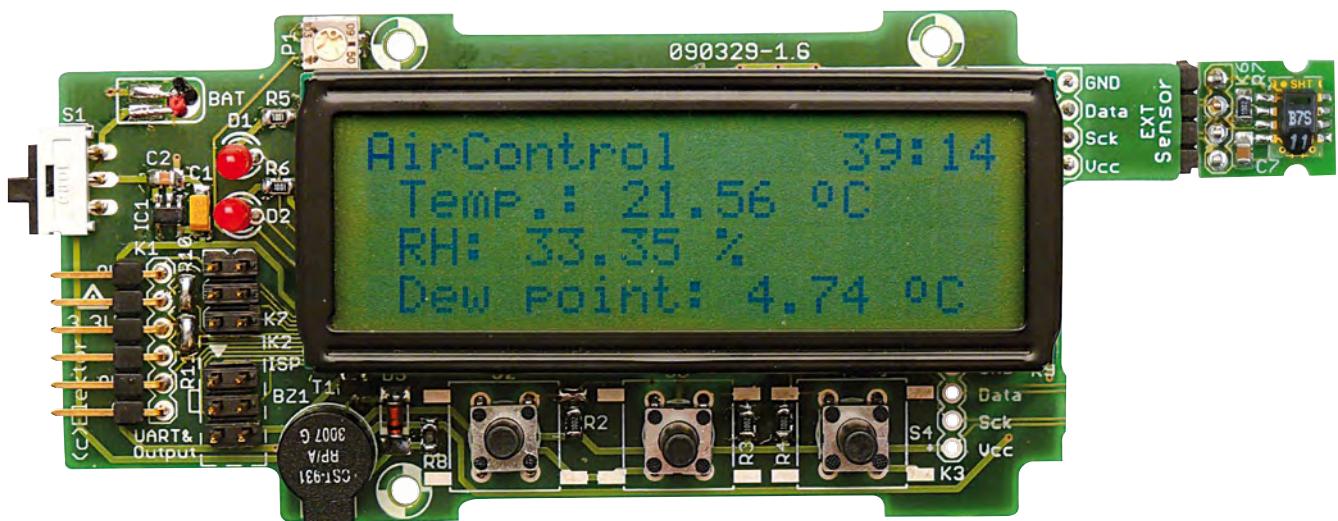


Figure 1. La platine et ses principaux composants. Le microcontrôleur, grand timide se cache sous l'afficheur.

consommation. L'ATmega88 utilisé initialement s'est vite révélé insuffisant en capacité de mémoire de programme, et en nombre de broches d'entrée-sortie. De plus, l'ATmega324 contient aussi un compteur en temps réel qui permettra de mesurer le temps. Attention ! Atmel fournit ici un RTCCounter qui sans être une vraie RTClock (*Real Time Clock* en anglais signifie horloge en temps réel, *Real Time Counter* est un simple compteur), se révèle bien pratique pour développer en quelques minutes une horloge en temps réel. Cette fonction mobiliera un temporisateur, un peu de place en mémoire flash, un vecteur d'interruption et quelques cycles d'horloge.

Il est important de connecter aux broches TOSC1 et TOSC2 du microcontrôleur un oscillateur à quartz qui présente une charge capacitive de 6pF. Les condensateurs C12 et C13 ne sont pas implantés dans ce cas. Si la charge capacitive du quartz utilisé est différente, il faudra la corriger avec des condensateurs C12 et C13 dont la valeur pourra être déterminée à l'aide des fiches techniques de l'oscillateur et de l'ATmega.

L'interface utilisateur se compose de l'afficheur déjà décrit, de trois poussoirs, de deux LED et d'un résonateur.

La mesure de température et d'humidité relative est assurée par un SHT11<sup>[1]</sup> de Sensirion, monté sur un petit morceau de platine facilement détachable (*breakout board* en anglais), ce qui permettra de le placer à l'extérieur du boîtier pour favoriser la précision de la mesure, mais aussi de l'utiliser dans d'autres projets (la bête est petite, pas son prix).

Sur le schéma vous noterez la présence des trois ports d'extension :

K1 est un port série compatible avec le câble USB-TTL232 disponible dans notre e-choppe sous la référence 080213-71 très utile pour le développement sans peine. Ce câble permet aussi d'alimenter la carte avec les 5 V du bus USB à condition de souder un pont sur R0 au verso de la carte. Dans ce cas, il faut retirer les piles, car elles seraient directement connectées à l'alimentation 5 V, ce qui risque de les endommager, voire de les faire exploser !

dire les broches du bus SPI.

K7 présente un second port série et les broches du module I2C matériel. Tous deux pourront être utilisés ultérieurement.

### Le logiciel embarqué

Les sources du logiciel embarqué, en langage C, sont disponibles sur la page de l'article sur notre site, elles peuvent être compilées avec la suite logicielle WinAVR sous Windows, ou avr-gcc + avr-binutils sous Linux (voir le fichier *readme.txt* pour connaître les versions utilisées).

J'ai essayé de rendre l'ensemble simple et compréhensible dans la mesure du possible. Le programme est structuré en trois couches. Les fichiers de pilote matériel ont le préfixe *dr* et contiennent le nom explicite du périphérique (p. ex. *drSHT1x.c* / *h* pour le capteur Sensirion). Seule la couche de pilote pourra / devra à la fois accéder au matériel et fournir une API (Interface de Programmation de l'anglais *Application Programming Interface*) simple, mais, je l'espère, efficace. Le fichier principal contenant la fonction *main*, qui n'est autre que le point d'entrée du programme (point de départ en quelque sorte) est *AirControl.c*, les fichiers contenant les outils ont le préfixe *tlk* et l'interface utilisateur *ui*.

Le capteur utilise une liaison série synchrone et un protocole propriétaire pour communiquer avec le microprocesseur. Ce protocole est similaire à celui du bus I2C, mais il en diffère suffisamment pour empêcher l'utilisation du module matériel I2C intégré à l'ATmega.

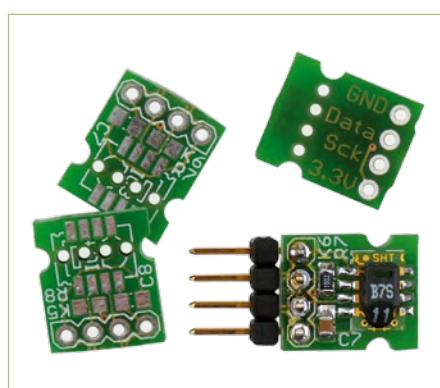


Figure 2. La platine détachable par sciage (breakout board) avant/après.

Les résistances R10 à R13 sont de simples protections pour le connecteur extérieur, 100 Ω conviennent.

K2 est un connecteur ISP pour la programmation in situ du microcontrôleur, c'est-à-

Pas d'inquiétudes, Sensirion fournit de bonnes explications et je vous ai écrit un pilote pour lire la température et l'humidité relative de l'air par un simple appel à la fonction `drSHT1x_measure`. Celle-ci retourne la mesure d'humidité relative ou de température de l'air. Ces valeurs sont linéarisées et compensées. L'horloge en temps réel est disponible dans le fichier `t1kTime.c/h`. Elle contient le code du vecteur d'interruption de mise à jour de la structure de date toutes les secondes, ainsi que deux fonctions pour lire et régler l'heure.

Vous trouverez aussi des pilotes spécifiques pour les LED, le clavier, le résonateur et l'afficheur. Il y a aussi un pilote pour le port série `drUART.c`, très pratique pour déboguer l'application.

Le fichier `t1kRH.c` contient les routines de calcul du point de rosée et de l'altitude de la base nuageuse. Il requiert l'utilisation de la bibliothèque `math` (ématique) fournie avec la `libc` pour AVR car j'ai implémenté les calculs avec des variables et opérateurs à virgule flottante pour accélérer le développement... revers de la médaille : la bibliothèque occupe un peu plus de 2 ko de mémoire flash, l'exécution du code reste rapide, mais j'invite nos lecteurs à relever le défi et reprogrammer l'ensemble en nombres entiers.

Le point de rosée est calculé avec la formule de Magnus, la bibliothèque mathématique fournit le logarithme en base 10, sachant que

$$\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$$

et que

$$\log_{10}(a) = \frac{\ln(a)}{\ln(10)}$$

alors

$$\gamma(T, RH) = \ln(10) \cdot (\log_{10}(RH) - 2,0) + \frac{m \cdot T}{T_n \cdot T}$$

avec

$$\ln(10) = 2,302585$$

soit le code C :

```
H = (log10(RH) - 2.0)*2.302585 +
(m*T)/(Tn + T);

Tdp = Tn*H/(m - H);
```

L'application est plutôt simple et affiche en alternance toutes les valeurs disponibles. Une pression sur le troisième poussoir permet de régler l'heure. Il ne reste plus qu'à programmer une gestion moins dispensieuse de l'énergie, un temps de latence pour l'extinction de l'afficheur, ainsi qu'une configuration de l'intervalle de temps entre deux mesures.

## Réalisation

Le montage tient au millimètre près dans l'élégant boîtier *BOS Steamline 400* de Bopla doté de son joint décoratif, à condition de souder le module afficheur directement sur la platine. Il affleurera sous la face avant. Avant de souder l'afficheur, vérifiez le fonctionnement de base de l'appareil. Une fois monté, l'afficheur empêche l'accès au microcontrôleur et au port JTAG.

Commencez par découper le morceau de platine destiné au SHT11 sauf si vous désirez absolument l'utiliser à l'intérieur du boîtier. Dans ce cas, pensez à bien le ventiler.

N'essayez pas de le détacher en le cassant, il faut le scier, par exemple à l'aide d'une petite scie circulaire (et d'un aspirateur). Évitez d'exposer les composants à de fines particules de poussière, veillez aussi à protéger vos yeux et vos voies respiratoires pendant l'opération.

Les connecteurs K3, K4 et K5 permettent de brancher le capteur d'humidité à l'intérieur ou à l'extérieur de la boîte, en fonction de votre utilisation. Pour une utilisation à l'extérieur, soudez le connecteur K4 **sous** la platine. Ainsi, vous pourrez découper facilement dans le boîtier une ouverture en face de la platine du capteur, sans vous trouver au niveau du joint.

Je conseille de souder le SHT11 sur son morceau de platine avec un fer à pointe très fine et sans insister. Il faut éviter de déshydrater le capteur (reportez-vous à la documentation fournie par Sensirion le cas échéant). Soudez ensuite les composants SMS au four puis les composants traversants, terminez par les connecteurs (seulement ceux que vous utiliserez) et les LED qu'il faudra placer sous la

face avant dans les trous prévus à cet effet. Du côté de l'interrupteur et de la liaison série, il vaut mieux commencer par fraiser verticalement dans l'épaisseur du couvercle afin de la réduire à 1 mm. Ensuite, découpez l'ouverture pour l'interrupteur à glissière. La liaison série est facultative. Si vous ne l'utilisez pas, ni les signaux OUT1 / OUT2 (Sortie 1 / 2 en français), il n'est pas nécessaire de trouver le boîtier.

Il ne vous reste plus qu'à fixer la platine à l'aide de deux ou trois vis à tôle 2 mm au-dessus du conteneur à piles. Imprimez la face avant, plastifiez-la à l'aide d'un film autocollant par exemple et collez-la dans l'emplacement sculpté dans le couvercle.

## Conclusion

De nombreux lecteurs se demanderont à quoi peut bien servir la mesure de l'altitude des nuages. Celle-ci intéressera les pilotes, les modélistes, les personnes curieuses de météorologie, mais ce projet constitue aussi une bonne base pour développer une station météorologique ou un appareil de mesure climatologique. Nous y reviendrons très certainement dans ces pages.

[Les nébulosités résiduelles de cet article ont été dissipées par D.M.] (090329-l)

## Liens Internet

Notez que pour en faciliter la lecture, nous raccourcissons les liens imprimés. Pour retrouver les liens complets, veuillez vous reporter à la page du projet sur [1].

- [1] [www.sensirion.com](http://www.sensirion.com)
- [2] [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- [3] [www.lcd-module.de](http://www.lcd-module.de)
- [4] [www.national.com](http://www.national.com)
- [5] [www.cui.com](http://www.cui.com)
- [6] [www.winavr.com](http://www.winavr.com)
- [7] [fr.wikipedia.org/wiki/Point\\_de\\_rosée](http://fr.wikipedia.org/wiki/Point_de_rosée)
- [8] [comprendre.meteofrance.com](http://comprendre.meteofrance.com)
- [9] [www.astrosurf.com/luxorion/meteo-nuages.htm](http://www.astrosurf.com/luxorion/meteo-nuages.htm)
- [10] [fr.wikipedia.org/wiki/Atmosphère\\_normalisée](http://fr.wikipedia.org/wiki/Atmosphère_normalisée)
- [11] [www.elektor.fr/090329](http://www.elektor.fr/090329)

# Fournisseurs : adresses utiles

SL Régie - Sophie Lallonder - 12, allée des Crételles, 37300 Joué-Lès-Tours  
Tél. : 02 47 38 24 60 - E-mail : sophie.lallonder@wanadoo.fr

<b>HAMEG® Instruments</b> A Rohde & Schwarz Company <ul style="list-style-type: none"><li><input checked="" type="checkbox"/> Oscilloscopes</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Alimentations</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Appareils de mesure Radio-Fréquences</li><li><input checked="" type="checkbox"/> Appareils programmables</li></ul> <p>Great Value in Test &amp; Measurement <a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a></p>	<b>IMPRELEC</b> 32 rue de l'égalité - 39360 VIRY Tél: 03 8441 14 93 Fax: 03 8441 15 24 E-mail: <a href="mailto:imprelec@wanadoo.fr">imprelec@wanadoo.fr</a>  Réalise vos CIRCUITS IMPRIMÉS de qualité professionnelle SF ou DF, étamés à chaud et percés sur V.E. 8/10° ou 16/10°, Eilets, trous métallisés, sérigraphie, vernis d'épargne. A partir de tous documents. Face aluminium et polyester multicouleurs pour façade et plaque signalétique. Montage de composants. De la pièce unique à la série, vente aux entreprises et particuliers. Tarifs contre une Enveloppe timbrée, par Tél ou mail.	<b>'impulsion'</b> <b>Composants électroniques</b> <b>Appareils de mesure</b> <b>Matériel informatique</b> <b>Réalisation de circuits</b> <b>Réalisation de prototype</b>  Tél. 02 31 47 53 88 / Fax. 02 31 47 36 80 <a href="mailto:contact@impulsion.fr">contact@impulsion.fr</a> <a href="http://www.impulsion.com">www.impulsion.com</a>	<b>EBCONNECTIONS</b> Electronique Industrielle <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Composants Usb, Ethernet, Rfid</li><li>✓ Modules et câbles Usb OEM</li><li>✓ Environnement Basic Tiger</li><li>✓ Terminal Tactile programmable</li><li>✓ Etude de produits sur demande</li></ul> <p><a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a></p>
<b>GSE</b> sprl PC INDUSTRIELS MICROCONTROLEURS <i>Nouveau site e-business</i> <a href="http://www.gsenet.com">www.gsenet.com</a>	<b>www.elektor.fr</b>		

**Découvrez les techniques, les applications, les matériels**  
avec la revue de radioélectronique spécialisée pour les radioamateurs et les radioécouteurs passionnés de radioélectricité et de TSF.

Toutes nos publications sont délivrées au format PDF.  
Venez nous découvrir sur [www.malibrairienumerique.fr](http://www.malibrairienumerique.fr)

**Contrôler sa consommation**

Capteur de courant ouvrant  
1 mA à 8 A  
AC / DC  
Parfaite linéarité avec charge de 10 ohms

Capteurs - Navigation - USB - RFID - Interfaces Hommes Machines

**DILTRONIC** - Tél. : 01 34 51 33 00 - [info@diltronic.com](mailto:info@diltronic.com) - [www.diltronic.com](http://www.diltronic.com)

# Test de détecteurs de conduits

## Percer sans ennuis ?



Harry Baggen (Elektor Pays-Bas)

Il n'est que trop fréquent, quand on perce des trous dans les murs, de tomber sur une gaine électrique ou, encore pire, sur une conduite d'eau, avec toutes les conséquences. Un détecteur de conduites est une aide précieuse pour localiser par avance tous les obstacles comme les conduites ou les chevrons dans les murs et les cloisons. Nous avons mis à l'épreuve au labo d'Elektor treize modèles différents. De quoi sont-ils capables et jusqu'à quelle profondeur peuvent-ils détecter une conduite ou une armature ?

Tous ceux qui bricolent régulièrement (chez eux ou chez les autres) se sont trouvés ou se trouveront face au problème de devoir percer un trou à un endroit où peut passer une gaine électrique ou une conduite d'eau. Si vous n'avez pas de chance, l'eau vous gicle jusqu'aux oreilles ou déclenche le disjoncteur différentiel. Vous pouvez éviter ces problèmes en vérifiant avec un détecteur de conduites si des tubes métalliques ou des conducteurs sous tension se trouvent dans la portion de mur où vous allez percer. Un tel détecteur de conduites est en plus un outil

pratique pour localiser les armatures en bois derrière une cloison (par exemple en plaques de plâtre).

De tels détecteurs de conduites sont proposés actuellement par différents fabricants, entre autres les grandes marques d'outillage électrique comme Bosch et Black & Decker, mais aussi des entreprises spécialisées comme Zircon. Les prix varient, suivant l'exécution et les possibilités, de 20 à 100 €. (Il existe aussi des détecteurs professionnels qui coûtent 1000 € ou plus, mais ils n'entrent pas dans ce banc d'essai.)



La grande question lors de l'acquisition d'un tel appareil est naturellement : est-ce que ça fonctionne vraiment ? Qu'est-ce que ça peut trouver, à quelle profondeur ? Nous aussi, nous étions curieux. Pour ce test, nous avons demandé à différentes firmes divers modèles de détecteurs de conduites afin de les soumettre au banc d'essai pratique.

### Fonctionnement

Pour la détection d'un tube ou d'un chevron dans une cloison, la plupart des détecteurs comportent quelques électrodes disposées l'une à côté de l'autre (voir l'exemple de la **figure 1**). Elles fonctionnent comme un condensateur qui se trouve monté dans un circuit oscillant. Le couplage entre les plaques (et ainsi la capacité du condensateur) est déterminé par le type de matériau qui se trouve

de mesure). Ce signal peut être amplifié puis utilisé pour allumer une LED ou faire dévier un mesureur de champ.

### Utilisation pratique

Quasiment tous les détecteurs s'utilisent de la même façon : on tient l'appareil contre l'endroit du mur où on est sûr que rien ne se cache et on met l'appareil en marche. Le détecteur commence par se calibrer, une procédure qui dure quelques secondes. Ensuite on glisse l'appareil lentement sur le mur (de préférence sans le décoller de la surface) jusqu'à l'endroit où on veut percer ou scier. À l'approche d'un chevron ou d'un tube, une rangée de LED ou de segments d'un afficheur signale que la composition du mur a changé. De cette façon, vous pouvez détecter correctement des armatures en bois ou en fer et des conduits en fer ou en cuivre jusqu'à une

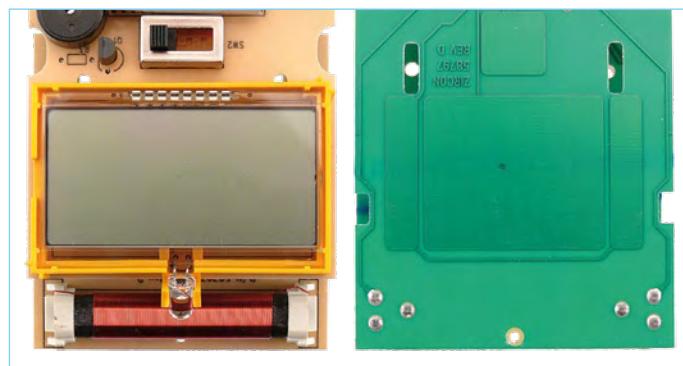


Figure 1 – Dans ce détecteur de conduits ouvert, on voit les surfaces du capteur à l'arrière du circuit imprimé. Pour la détection des métaux, il contient une bobine supplémentaire.



Figure 2 – Les détecteurs de conduits Bosch et Skil ont recours à une bobine orientée vers le mur pour détecter plus exactement les métaux. Les pistes imprimées autour constituent le capteur capacitif pour la détection du bois.

juste devant les plaques. Si la constante diélectrique du matériau devant les plaques varie (par exemple si un chevron en bois se trouve dans le mur), la capacité s'en trouve modifiée, et par suite la fréquence ou l'amplitude du signal. La variation est visualisée par un barreau de LED ou un afficheur à cristaux liquides. Certains détecteurs travaillent avec des signaux sinusoïdaux, d'autres émettent de courtes impulsions et d'autres encore utilisent des trains d'impulsions. Des mesures sur quelques détecteurs, il ressort que la fréquence de mesure se situe le plus souvent bien au-dessus de 10 kHz. Pour la détection des tubes métalliques, on recourt à un élément détecteur supplémentaire sous la forme d'une bobine (éventuellement avec un noyau) qui fait partie aussi d'un oscillateur. La bobine réagit à une variation du champ magnétique qui a des conséquences sur la fréquence ou l'amplitude du signal. La fréquence de détection pour la plupart des détecteurs est de 100 kHz ou plus.

De plus, la plupart des détecteurs signalent aussi la présence d'une tension alternative (secteur). Le ronflement à 50-60 Hz peut être capté simplement avec une petite plaque située dans le détecteur (habituellement déjà présente sous la forme d'une des électrodes

profondeur de quelques centimètres. Les tubes de PVC sont détectés seulement s'ils sont de grandes dimensions, un tube électrique ordinaire en PVC n'est (presque) jamais détecté. On ne le détecte que s'il contient des fils, de préférence sous tension.

Un certain nombre des détecteurs de conduites réclament qu'on presse sur un bouton pendant toute la mesure. Cela permet à la pile de durer longtemps, mais ce n'est pas toujours pratique, surtout si on veut mesurer au bas d'un mur ou dans un endroit difficilement accessible. C'est plus facile quand l'appareil se met en marche par une pression sur un bouton et s'arrête automatiquement après un certain temps. C'est ce qu'annonce la notice de chaque détecteur.

Un autre sujet d'agacement est le vibreur omniprésent. Certains modèles font un bruit vraiment irritant, qu'on voudrait faire taire au bout d'un certain temps d'utilisation. Hélas ce n'est possible que sur deux des douze appareils (Skil 550 et Bosch PDO Multi).

Tous les détecteurs de conduites utilisent le couplage capacitif entre des surfaces métalliques pour la détection des armatures



en bois. Cela permet de situer assez précisément la position d'une armature. Lors de la détection de tubes métalliques, la localisation précise dans le mur est moins simple par le couplage capacitif. Certains détecteurs ont en plus pour cela une bobine qui réagit aux variations de champ magnétique. Cela facilite la localisation. La notice de certains de ces modèles avec bobine de détection signale que l'appareil est plus sensible aux tubes métalliques quand la bobine est tournée à 90 ° (la bobine est parallèle au tube). La conception des appareils Skil et Bosch est très ergonomique (voir figure 2). Ils présentent un trou qui indique exactement le centre de la bobine de détection. Ainsi, on peut déterminer précisément où on peut percer ou pas. À peu près tous les appareils de ce banc d'essai peuvent détecter les chevrons en bois (sauf le Bosch PD06), les tubes en fer et en cuivre et les lignes sous tension. Les tubes minces en PVC (gaines électriques) sont à peine détectés. La détection ne commence qu'avec les tubes à paroi épaisse de 5 cm ou plus. Les tubes de fer, cuivre, acier et aluminium se détectent assez bien. Les tubes de chauffage par le sol (Uponor) à paroi composite (avec une couche d'aluminium) sont également bien détectés. Tous les détecteurs sont équipés en plus d'une détection de la tension du secteur sous la forme d'un indicateur sur l'afficheur ou d'une LED distincte.

Certains détecteurs donnent même sur l'afficheur une indication gauche-droite quand on cherche une armature ou un tube. Cela peut être pratique. Cette possibilité est présente sur les Black & Decker BDS303, Zircon Multiscanner i320 et Zircon Multiscanner i700.

### Essais pratiques

Pour ce test des détecteurs de conduites, sur les critères de la nature des matériaux et de la profondeur, nous avons monté au labo d'Elektor une installation composée de différentes sortes de conduites et d'un chevron en bois placés derrière une plaque de plâtre, de façon à faire varier la profondeur. Ainsi a-t-on pu déterminer facilement jusqu'à quelle profondeur un matériau donné peut être détecté. Le tableau reprend toutes les valeurs mesurées. Ces valeurs peuvent facilement être comparées entre elles suivant les détecteurs. Attention toutefois en comparant les mesures avec les spécifications du fabricant. Nous n'avons mesuré les tubes et chevrons que derrière une seule plaque de plâtre. Avec des plaques de plâtre plus épaisses ou des murs massifs où les conduites sont enfouies, les résultats peuvent varier fortement. Il est toujours payant d'expérimenter un peu soi-même sur un mur dans lequel on veut chercher une conduite ou une armature.

### Black & Decker BDS300

Prix : environ 40 €



Ce détecteur orange convient pour la détection des chevrons en bois, des conduites en métal et du câblage électrique sous tension. Le bouton marche-arrêt se trouve sur le côté et doit être pressé pendant toute la mesure. Un inverseur permet le choix entre la recherche de bois et celle de métal. L'indication est donnée par une barre de cinq LED. Une LED séparée s'allume quand une tension (secteur) est détectée. Un vibreur couine quand la détection entraîne une déviation à pleine échelle.

### Black & Decker BDS303

Prix : environ 60 €



La forme de ce modèle de B & D, plus gros, est totalement différente de celle de son petit frère, il possède une poignée par où le tenir. Il convient également pour la détection du bois, des conduites en métal et du câblage électrique sous tension. Le gros bouton de mise sous tension doit être maintenu pressé pendant la mesure, mais la forme de la poignée fait que c'est assez facile. Un interrupteur à glissière permet de commuter entre bois et métal. Le grand écran, LCD éclairé en orange indique par trois grosses barres que l'appareil a

détecté quelque chose et même si une armature se trouve à gauche ou à droite du détecteur. Le dessin d'une cible signale le milieu d'un chevron en bois. Une LED distincte s'allume en cas de détection de la tension du secteur. Tout cela est accompagné par un vibreur pour la signalisation acoustique.

## Basetech 3-in-1 detector

Prix : environ 20 €



L'appareil le moins cher de cet échantillon peut aussi détecter les chevrons en bois, les conduites en métal et le câblage électrique sous tension. Il est assez malin pour que vous n'ayez pas à le régler sur un matériau déterminé, il indique même tout seul s'il a trouvé du bois ou du métal. Le grand affichage reproduit avec une grande flèche à 19 segments la force du signal détecté. L'appareil s'arrête de lui-même après une inactivité de quelques minutes, on peut aussi l'arrêter à la main. Un vibreur agaçant commence à résonner quand la force de signal maximale est atteinte, avec une indication supplémentaire par LED. Il y a un bouton de calibrage séparé, pour recalibrer périodiquement et adapter la sensibilité.

## Bosch PDO6

Prix : environ 60 €



Le PDO6, habillé du vert caractéristique de Bosch, est le seul détecteur de ce groupe destiné seulement à la mesure de tubes métalliques et de conducteurs sous tension. En pratique, ce sera suffisant pour beaucoup d'utilisateurs. Une pression brève sur le bouton marche-arrêt allume l'appareil, l'arrêt se produit soit par une nouvelle pression, soit après un certain temps sans utilisation. L'écran à cristaux liquides est petit, mais efficace, la force du signal est indiquée

par une barre. En plus, un symbole apparaît quand une tension est détectée. Un trou dans le dessus du détecteur indique précisément le point de mesure et on peut ainsi déterminer et marquer exactement l'endroit où on peut percer ou pas. L'éclairage vert autour du trou passe au rouge lors de la mesure d'un signal fort. Cette lumière commence en plus à clignoter quand une tension est détectée.

## Bosch PDO Multi

Prix : environ 90 €



Le grand frère du PDO6 peut en plus détecter le bois. Le trou de mesure caractéristique avec son éclairage est présent aussi. Le détecteur a un bouton marche-arrêt séparé, un bouton pour la détection du bois, un pour la détection du métal et un bouton zoom. Une pression sur l'un quelconque des boutons met l'appareil en marche. Il s'arrête automatiquement après quelques minutes sans utilisation (c'est possible aussi manuellement avec le bouton marche-arrêt). L'affichage comporte trois barres séparées, une pour la tension et deux pour la force du signal. Avec un signal fort, l'éclairage du trou passe du vert au rouge et le vibreur couine (heureusement, on peut l'arrêter !). Après avoir trouvé un objet métallique, on peut déterminer plus exactement l'endroit en appuyant sur la touche zoom, ce qui affiche une barre supplémentaire. Pour rechercher des objets en bois, il faut maintenir continuellement la touche zoom. Un crayon se trouve sous l'appareil pour marquer l'endroit.

## Brennenstuhl WMV Plus

Prix : environ 20 €



Ce coffret de taille modeste est capable aussi de détecter le bois, les métaux et la tension du secteur. Pour cela la face avant porte

## BANC D'ESSAI

un interrupteur à glissière qu'on place sur la position voulue avant d'appuyer sur le bouton marche. Hélas l'affichage ne montre encore rien, si bien qu'il faut se rappeler à quel réglage correspond chaque position. Il y a deux touches marche, on peut appuyer sur la plus accessible (et la maintenir) lors du balayage. L'affichage montre un nombre à deux chiffres qui indique la force du signal mesuré, avec une signalisation supplémentaire par une rangée de bâtonnets. Ici aussi un vibreur ajoute une signalisation acoustique. Pour une détection plus précise des tubes métalliques, l'appareil doit être tourné de 90 °.

### Laserliner Starfinder

Prix : environ 30 €



Petit détecteur maniable conçu pour la détection d'armatures et de lignes sous tension. La notice indique que les armatures en bois aussi bien qu'en métal sont détectées, cela sans réglage spécial. Sept LED disposées en arc de cercle servent d'indicateurs de la force du signal et par ailleurs d'indicateurs du réglage de sensibilité choisi. La touche de mode met en marche le détecteur (arrêt automatique après quelques minutes). La même touche de mode permet de choisir entre détection d'armatures et de tension. La touche set permet de commuter la sensibilité en trois niveaux. Une grosse touche cal permet le calibrage. Une LED clignotante de calibrage signale quand un re-calibrage est nécessaire. Lors de la détection d'une armature ou d'une tension, de plus en plus de LED s'allument et finalement un vibreur commence à couiner aussi. Dans le cas de détection de tension alternative, un LED d'avertissement séparée s'allume en plus.

### Laserliner Multifinder Pro

Prix : environ 60 €



Ce détecteur solide avec poignée ressemble au Starfinder pour ce qui est des fonctions et de l'utilisation, mais il possède à la place de l'indicateur à LED un grand écran à cristaux liquides éclairé qui affiche la force du signal par une large barre de segments. Le réglage sélectionné est aussi indiqué sur l'écran. Le détecteur possède des boutons distincts pour marche-arrêt, bois, métal, tension, sensibilité et calibrage. Il s'arrête automatiquement après quelques minutes sans utilisation. L'afficheur indique clairement les manipulations à effectuer. Par exemple, on reçoit d'abord l'instruction de tenir le détecteur contre un mur puis d'appuyer sur la touche de calibrage. Lors de la détection d'une tension, une LED séparée s'allume. Il y a trois niveaux de sensibilité qu'on peut sélectionner à la main. Naturellement, le vibreur ne manque pas à l'appel.

### Skil multi-functional detector 550

Prix : environ 75 €



Ce détecteur robuste a un bouton marche-arrêt séparé, un bouton pour la détection du bois, un pour la détection du métal et un bouton Focus. Comme les détecteurs Bosch, celui-ci à un trou qui indique l'endroit exact. L'appareil se met en marche par une pression sur une touche quelconque et s'arrête automatiquement après cinq minutes sans utilisation (ou plus tôt par une pression sur marche-arrêt). L'écran affiche des barres distinctes pour bois et métal. Quand l'indication de mesure augmente, une LED rouge s'allume en plus et le vibreur couine. Quand on a trouvé des objets métalliques, on peut les localiser plus précisément en appuyant sur la touche Focus. Lors de la recherche d'objets en bois, il faut appuyer continuellement sur la touche Focus. Avec le Bosch PDO Multi, c'est un des rares détecteurs dont on peut arrêter le vibreur.

### Stanley Fatmax Stud Sensor 400

Prix : environ 42 €

Le détecteur exécuté dans les couleurs typiques de Stanley possède un seul bouton avec la fonction marche -arrêt. Il doit être maintenu continuellement pendant le balayage. L'appareil a un réglage automatique de sensibilité dont l'état est affiché par trois LED sous l'écran à cristaux liquides. Le grand afficheur indique par une série de flèches et une barre l'emplacement d'une armature ou d'un tube. Un vibreur commence à couiner pour la déviation maximale et lors de la détection de la tension du secteur. Dans ce dernier cas, une LED séparée s'allume aussi. À l'aide d'une position spéciale AC-tracking (double pression sur la touche), on peut facilement détecter et suivre le câblage électrique.



### Zircon Multiscanner Pro SL

Prix : environ 30 €



Ce modèle peut être réglé avec un commutateur à glissière sur quatre modes de détection : chevrons en bois, sensibilité accrue pour les chevrons enfouis profondément, métal et détection de tension. Pendant le balayage, le bouton d'alimentation doit être pressé continuellement. Un grand écran à cristaux liquides indique les réglages actuels, le mode calibrage, l'état de la pile et -le plus important- une flèche constituée de 17 segments dont un nombre croissant s'allume quand le champ détecté augmente. Ici aussi un vibreur se fait entendre quand la déviation maximale est atteinte. De plus, une LED s'allume pour éclairer le point exact sur le mur et faciliter le traçage de l'endroit.

### Zircon Multiscanner i320

Prix : environ 50 €

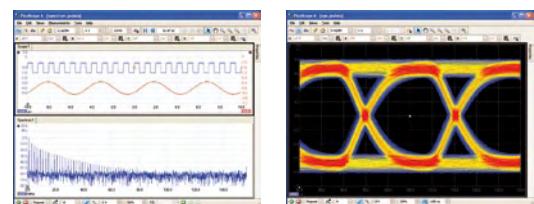


## L'OSCILLOSCOPE PC LE PLUS PERFORMANT

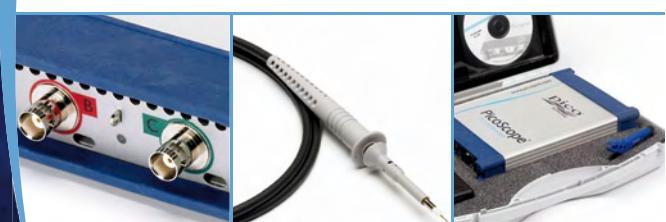


OSCILLOSCOPE SÉRIE 6000

BANDE PASSANTE 350 MHZ  
ÉCHANTILLONNAGE 5 GÉCH/S  
JUSQU'À 1 GÉCH DE MÉMOIRE



Oscilloscope à 4 voies avec analyseur de spectre  
Générateur de formes d'ondes arbitraires intégré  
Décodage bus CAN  
Déclenchement avancé  
Test des limites de masque  
Fonctions de mathématiques et de mesure complètes  
Connexion USB high speed  
Logiciel facile à utiliser  
SDK pour applications tierces majeures  
Garanti 5 ans  
**Tout compris, à partir de seulement 3500 €**



**pico**  
Technology

[www.picotech.com/scope2003](http://www.picotech.com/scope2003)

## BANC D'ESSAI

Ce i320 ressemble au Pro SL pour ce qui est des fonctions. Il a aussi un commutateur à glissière qui peut être calé sur métal; bois ou bois enfoui profondément. Il manque une position AC (que possède le Pro SL), mais ce i320 détecte aussi les tensions alternatives et un indicateur clignote sur l'écran. L'appareil est assez mince et présente sur le côté un bouton marche-arrêt qui doit être maintenu pendant tout le balayage. L'écran ressemble exactement à celui du i700 plus coûteux, il lui manque seulement le rétro-éclairage. Une barre large indique la force du signal et indique en plus où se trouve l'armature ou le conduit. Ici non plus le vibrer bruyant ne manque pas et comme les autres Zircon, celui-ci a une LED qui indique le milieu de l'armature ou du conduit.

### Zircon Multiscanner i700

Prix : environ 80 €



Ce modèle plus coûteux décroche en tout cas le prix de l'aspect le plus futuriste. Il est constitué de deux parties reliées selon une conception articulée. La conception est telle que la partie inférieure (la « poignée ») doit être un peu poussée vers le bas quand l'appareil est tenu contre un mur. Ce mouvement allume automatiquement le détecteur. Un commutateur à glissière permet de régler le détecteur sur bois, métal ou détection de tension. Sur le grand écran, la force du signal s'affiche par une barre horizontale, y compris l'indication gauche-droite-milieu. Deux LED s'allument pour signaler le milieu d'une armature ou d'un conduit, soutenues par le couinement d'un vibrer. La dernière particularité de ce type est un marqueur incorporé, sous la forme d'une mine de crayon qui laisse un petit trait sur le mur quand on appuie sur le bouton Mark de la partie inférieure du détecteur.

### Résultats

Après exécution d'un grand nombre de mesures et de tests pratiques, nous avons de bonnes et de mauvaises nouvelles. D'abord les bonnes nouvelles : tous les appareils testés fonctionnent comme il se doit, y compris le moins cher à 20 €. et maintenant les mauvaises nouvelles : pour un peu plus de possibilités, de confort ou un affichage plus luxueux, c'est beaucoup plus de 20 € qu'il faudra débourser.

Il est difficile de désigner un vainqueur manifeste. Le Black & Decker BDS303 est le meilleur choix quand il s'agit de détecter du bois, le

Tableau 1. Résultats des mesures

Type	Bois 4,8x1,7 cm	Fer	Cuivre	Aluminium	Uponor	Tube PVC	Tube PVC avec câblage	Tension du secteur
BASETech 3-in-1 detector (€ 20)	2	10*	5*	5*	5*	< 1	2*	3
Black & Decker BDS300 (€ 40)	3	9*	4*	5*	5*	2,5**	2	1,5
Black & Decker BDS303 (€ 60)	6	7	3	4	5	4**	2	3
Bosch PDO 6 (€ 59)	-	8	5	6	5	-	< 1	2,5
Bosch PDO Multi (€ 92)	2,5	11	6	7	9	2**	1,5	2,5
Brennenstuhl MFD WMV Plus (€ 40)	3	4	2,5	2,5	3	< 1	1	5
LaserLiner Starfinder (€ 30)	3,5	4	3	4	5	< 1	5	1,5
LaserLiner MultiFinder Pro (€ 62)	4,5	9	5	5	6	2,5**	2,5	3
Skil multi-functional detector 550 (€ 75)	2,5	9	6	6	8	2**	2	2,5
Stanley FatMax Stud Sensor 400 (€ 42)	4	7	6	3	6	< 1	3,5	8***
Zircon Multiscanner Pro SL (€ 30)	3,5	6*	2,5	3	3,5	2**	4	7
Zircon Multiscanner i320 (€ 50)	4	6*	2*	3,5*	3*	< 1	2	1,5
Zircon Multiscanner i700 (€ 82)	2	6*	2,5*	3*	3,5*	< 1	2	2

Gaines électriques en PVC, fer, bois et Uponor 5/8" (16 mm) de diamètre, tube de cuivre et aluminium de 12 mm.

Mesure derrière un carreau de plâtre de 9,5 mm d'épaisseur.

\* = détecteur basculé de 90 °

\*\* = position détection de bois

\*\*\* = la LED de détection de tension alternative s'allume déjà à 16 cm de distance

Prix de détail moyen, TVA comprise



Bosch PDO Multi est champion pour la recherche d'objets métalliques et le Stanley FatMax Stud Sensor 400 est le roi incontesté de la détection de la tension du secteur.

Le BASETech est à l'évidence le meilleur appareil si on juge par le rapport qualité-prix, mais la détection du bois n'est pas son point fort. Les autres résultats de mesures se situent bien au-dessus de la moyenne. Ensuite vient le Zircon Multiscanner Pro SL, plus cher de 10 €, un appareil un peu plus ancien qui, côté résultat de mesures, est assurément aussi bon que les nouvelles versions de Zircon. Pour ce prix, vous avez un excellent tous-terrains adapté autant à la détection du bois que de la tension du secteur.

Si on ne considère pas seulement par les résultats de mesure, mais aussi l'utilisation pratique, on trouve le Bosch PDO Multi et le Skil 550 (manifestement sortis de la même usine) les plus pratiques par leur conception, combinaison d'une organisation claire, d'un affichage évident et d'une localisation précise du métal grâce à la bobine située autour du trou. Un petit point négatif tient au fait

qu'il faut maintenir un bouton continuellement pour la détection du bois. Ces appareils sont aussi les deux plus chers de ce banc d'essai, aux prix respectifs de 92 et 75 €.

Notre avis pour le choix d'un détecteur de conduits : pensez d'abord à l'usage que vous comptez faire de l'appareil (que voulez-vous rechercher ?), à la fréquence d'utilisation probable et au budget que vous estimez raisonnable. Choisissez alors dans le tableau, en fonction de ces données, un modèle qui corresponde.

**Bon bricolage et faites toujours attention aux tubes d'eau, de gaz et d'électricité !**

(100016-1, trad. Brodier)

Les détecteurs de conduits de Black & Decker, Bosch, Brennenstuhl, Skil et Stanley sont en vente dans la plupart des magasins de matériaux et de bricolage. Les détecteurs de conduits de Bosch, BASETech, Laserliner et Zircon se trouvent entre autres chez Conrad.

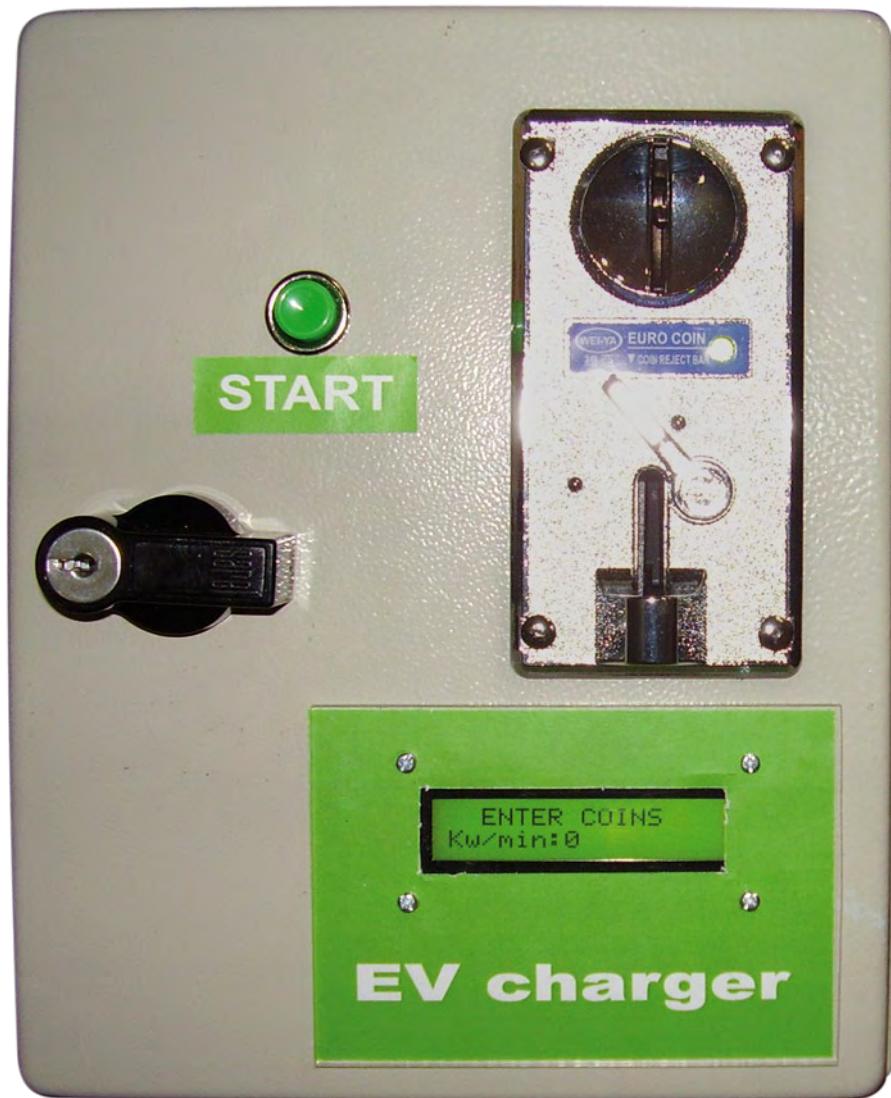
Zircon se trouvent entre autres chez Conrad.

# Borne de recharge électrique bon marché

Un distributeur automatique de kWh à pièces

Miguel Martín Ballbé (Espagne)

L'adoption de la voiture électrique semble freinée par le manque de stations où recharger sa batterie serait aussi facile à faire qu'un plein à une station d'essence, le temps de charge en plus bien sûr. Nous vous présentons ici un montage pour un distributeur automatique d'énergie électrique à pièces. Il utilise un PIC et a été développé sous Flowcode.



Jusqu'à récemment, la présence du véhicule électrique (VE) en tant qu'alternative dominante sur le marché rencontrait deux obstacles principaux. D'abord un prix élevé (Tesla Roadster : 100 k\$ ; Mini-e : 50 k\$ ; Reva Microcar : 12 k€) que ne compense pas encore un coût d'exploitation pourtant moindre que celui d'un véhicule à essence, ensuite une autonomie (typiquement 100 km) moins élevée que celle des véhicules classiques, sans parler du besoin d'une prise d'alimentation pour la recharge.

Ce dernier point est le plus critique : personne n'a envie de se retrouver avec une batterie déchargée en plein trajet. Considérons toutefois les points suivants :  
1. Le trajet quotidien pour se rendre à son travail est généralement inférieur à 60 km.  
2. Il existe des prises électriques (presque) partout, ce qui n'est pas le cas des stations d'essence.  
3. Le coût au kilomètre est environ le tiers de celui d'un véhicule à essence : le rendement d'un VE est d'environ 80 %, contre

30 % pour un moteur à essence, l'essentiel de l'énergie étant dissipée sous forme de chaleur dans l'échappement, le radiateur, les freins, l'embrayage et la transmission. Installer des prises d'alimentation publiques à proximité de places de stationnement est relativement simple et ne requiert a priori que peu d'investissement. Des bornes de recharge peuvent être installées près ou dans des endroits comme des restaurants, des stations-service d'autoroute, des gares, etc. Prenons l'exemple d'un centre commercial

*Les montages de cette rubrique proviennent de lecteurs d'Elektor, sont expérimentaux et destinés à être améliorés. La reproductibilité et le fonctionnement pratique de ces circuits n'ont pas été testés par nos laboratoires.*

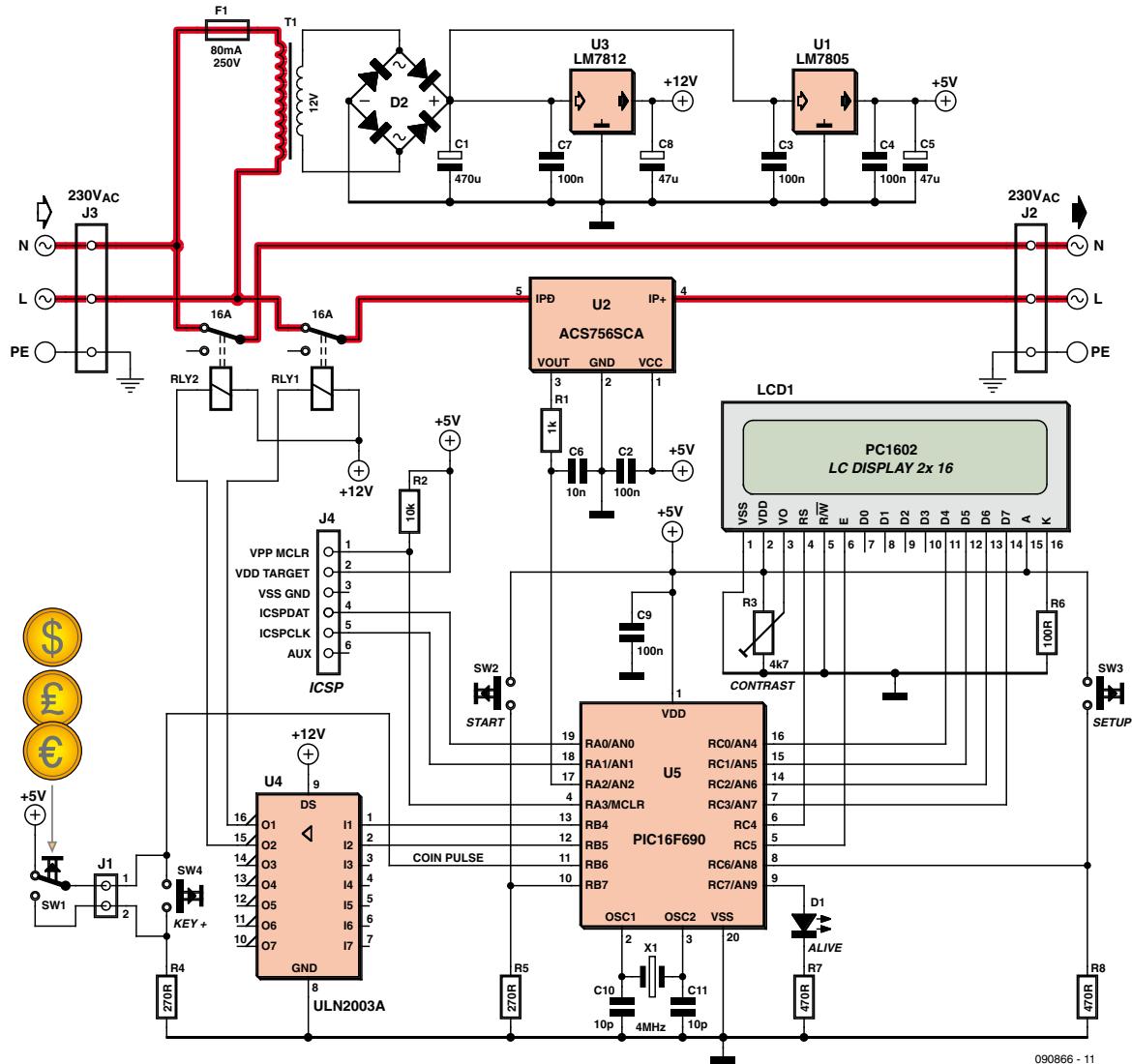


Figure 1. Schéma de la borne de recharge. Soyez prudents avec tous les composants, lignes et connexions sous tension électrique – ils sont surlignés en rouge.

disposant d'un parking souterrain. L'intérêt qu'aurait son propriétaire d'y installer des bornes de recharge ne serait pas celui d'un revenu immédiat, mais le temps que passeraient les clients dans ses commerces en attendant la fin de charge. Et cela vaudrait pour tout autre type d'endroit disposant d'un parking. Mais l'énergie se paie, et c'est de ce point de vue qu'une borne de recharge rentable peut être utile. Pour monter une borne de recharge à pièces, il suffit d'un simple petit monnayeur dans lequel un commutateur se ferme brièvement pour chaque euro accepté. Un circuit mesure alors l'intensité

du courant, calcule l'énergie « vendue » en kWh, et coupe l'alimentation en fonction du tarif (que vous déterminez).

### Préalable

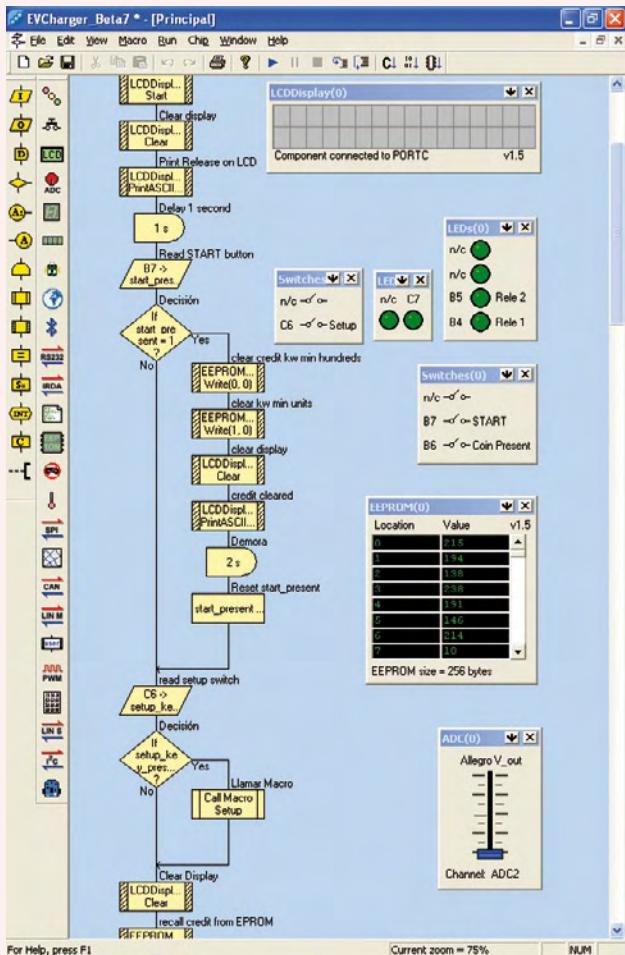
Pour permettre l'utilisation d'un distributeur automatique à pièces standard, le système doit pouvoir mesurer l'intensité du courant lorsqu'un VE est en charge. Le système mettra en marche le chargeur après l'insertion d'au moins une pièce, puis comptera le nombre total de pièces pour calculer l'équivalent en kWh à fournir au client. En mesurant l'intensité moyenne par seconde, le système peut calculer la quantité d'énergie

(en kWh) fournie au VE (le kWh étant l'unité standard de facturation en électricité). Le système coupe le chargeur lorsque l'énergie fournie est équivalente au montant des pièces insérées.

### Description du circuit

Regardons le schéma de la figure 1. En alternatif, une alimentation classique utilisant des régulateurs 7812 et 7805 fournit 12 V et 5 V en continu. L'alimentation 12 V sert à exciter les bobines des relais RL1 et RL2. Lors de la montée en tension 5 V CC, le microcontrôleur PIC exécute son micrologiciel. Un léger retard

## Les macros Flowcode



En supposant un VE en charge à  $10 \text{ A}_{\text{rms}}$  et un courant de forme sinusoïdale (forme dépendant de la charge !) alors  $I_{\text{max}} = 10\sqrt{2} = 14,14 \text{ A}$ .

Pour Allegro :  $V_{\text{out}} = 2,5 \text{ V} \pm (40 \text{ mV} \times 14,14 \text{ A}) = 3,0656 \text{ V max. (627 ADC) et } 1,934 \text{ V min. (396 ADC) (à cause des alternances du courant).}$

Peak\_V\_out\_ADC:  $\text{ADC}(V_{\text{max}}) - \text{ADC}(V_{\text{min}}) = 627 - 396 = 231 \text{ ADC}$ , qui donne l'amplitude de la composante CA de  $V_{\text{out}}$ .

Échelle  $\times 10$  pour une meilleure résolution : (PIC 8-bit : maths limitées !)

Peak\_V\_out\_ADC = Peak\_Vout\_ADC  $\times 10 = 231 \text{ ADC} \times 10 = 2310$  (nb entier).

Peak\_Vout\_mV =  $(\text{Peak}_V_{\text{out}}/\text{ADC} / 1024) \times 500 = (23100 / 1024) \times 50 = 1127$

231 ADC = 1,127V = 1127 mV

Peak\_current\_A:  $\text{Peak}_V_{\text{out}}/\text{ADC} / 40$ . Peak\_current = 1127 mV / 40 mV = 28 A (= 14 + 14 A)

Peak\_current\_A = Peak\_current\_A/2, c.-à-d.  $28/2 = 14 \text{ A}$

Échelle  $\times 100$  pour une meilleure résolution :

Peak\_current\_A:  $\text{Peak}_V_{\text{out}}/\text{ADC} \times 1000 = 14000$

RMS\_current =  $\text{Peak}_V_{\text{out}}/\text{ADC} / 141 = 14000 / 141 = 99$  (9,9 A)

$14/1.41 = 9,9 \text{ A}_{\text{rms}} = I_{\text{RMS}}$

Soit une valeur efficace du courant (RMS\_current) multipliée par 10 pour une plus grande précision.

### La macro second

Calcule la valeur efficace du courant et donne des kW/min :

est fourni par le timer POWERUPTiMeR, à positionner via les bits de configuration. Lorsque le client a inséré ses pièces et appuyé sur le bouton START (SW2), le PIC place RB4 et RB5 au niveau haut, amenant les deux étages d'attaque du circuit ULN2003 à mettre à la masse leurs sorties à collecteur ouvert, ce qui entraîne l'activation des relais. Allegro ACS756SCA (U2) mesure le courant traversant le VE et produit un signal  $V_{\text{out}}$  proportionnel à la valeur instantanée du courant allant de la prise d'alimentation CA au VE. Le microcontrôleur, un PIC16F690 (U5), suit l'évolution de l'énergie transmise au VE et met à jour l'affichage en indiquant au client la quantité d'énergie « pompée » dans son véhicule. Lorsque cette énergie atteint la valeur achetée, le PIC désactive le relais et retourne à son état initial. La résistance en série avec la LED de rétroé-

clairage du module LCD permet au courant d'attente de garder une intensité faible, au prix toutefois d'un éclairage plus faible. Le circuit en lui-même consomme environ 30 mA au repos pour une entrée de 12 V, et 150 mA en charge.

### Programmation et calculs

Flowcode V3 a été utilisé pour développer, simuler et compiler le programme, dont vous trouverez le fichier .fcf en libre téléchargement sur le site d'Elektor. Le synopsis de la macro Main est le suivant : si le bouton START est enfoncé, la valeur du crédit stockée dans l'EEPROM est mise à zéro (cela permet d'effacer les crédits restants). Lire le crédit stocké en EEPROM. Cela permet de rappeler cette valeur et de reprendre la charge en cas de coupure de courant. Affiche « enter coins and press START »

(insérez vos pièces et appuyez sur START). Lire la valeur d'entrée du commutateur COIN du contrôleur de pièces de monnaie. Le crédit augmente à chaque fois qu'une pièce est insérée. Lorsque le client a



- Peak\_current :  $ADC(V_{max}) - ADC(V_{min})$
- Peak\_Vout : (convertit d'ADC à mV)
- Delta\_current : Peak\_mV/40
- RMS\_current : Delta\_current/2
- Réinitialise min. et max. à 512 (prépare le cycle de mesure suivant)

Calcule W/s :

- W/s : RMS\_current(Amps) x 230 V (ou toute autre tension de réseau définie dans la macro setup)
- au lieu de W\_s= RMS\_current x 23 = 99 x 23 = 2277 W/s (RMS\_current a été multipliée par 10)

Affiche sur le LCD RMS\_current (divisée par 10) et le crédit restant en kW/min.

(Aparté) compter en kW/min donne au chargeur un aspect « pompe à essence » qui permet de voir le crédit initial décroître lentement.

Souvenez-vous :  $1 \text{ kWh} = 3,6 \times 10^6 \text{ Ws} = 60 \text{ kWmin}$ .

Calcule W/s

- Carry\_W/s= W/s + Carry\_W/s
- si carry\_W/s > 60000 alors kWmin= kWmin+1 ; et carry\_W/s= carry\_W/s - 60000
- si kWmin >= 6 alors soustraire 1100 Wh du crédit et mettre kWmin à 0
- Credit = credit - 1
- aller à la macro update LCD
- retour

Compare la valeur credit ; Si credit <=0 alors ferme le relais et va à l'étiquette init.

- retour

Supposons qu'un VE absorbe 10 V et que l'utilisateur ait payé pour

6 kWh, c.-à-d. 360 kWmin)

puissance =  $10 \text{ A} \times 230 \text{ V} = 2,3 \text{ kW}$ .

temps =  $1/2,3 \text{ kWh} = 0,434 \text{ heure} = 26 \text{ minutes (c.-à-d. 1 kWh transféré toutes les 26 minutes)}$ .

Le système mesure  $I_{RMS}$  à chaque seconde.  $I_{RMS} = 10 \text{ A}$ .

Puissance =  $I_{RMS} \times 230 \text{ V} = 2300 \text{ Ws}$ .

carry\_W/s atteindra la valeur 60000 toutes les 26 secondes (60000 Ws / 2300 Ws = 26).

60000 Ws = 1 kWmin et 60 kWmin = 1 kWh.

Toutes les 26 secondes, kWmin décroîtra d'une unité en partant de 360.

Après  $360 \times 26$  secondes = 9360 secondes = 156 minutes (fin des courses ☺) les relais se fermeront.

#### La macro set-up

Un dispositif de paramétrage permet au propriétaire de régler le système en fonction de la tension de l'installation, de calibrer le décompte énergétique et de modifier le prix de vente du kWh.

L'accès à ce paramétrage se fait au lancement du système en appuyant sur le commutateur SETUP SW3.

Le commutateur COIN SW4 sert également de touche + ; SETUP de touche - ; et START de « confirm ».

La tension du réseau, le prix et la calibration sont stockés en EEPROM pour leur utilisation dans la macro Main.

#### La macro finish

Cette macro efface l'écran LCD et ferme les relais.

inséré les pièces et branché le VE, il peut appuyer sur START et le relais se ferme. À la portée de n'importe quel fan de Turbo ! crédit = crédit-pièces  $\times 6 \times 60$ , c.-à-d. 6 kWh ; l'unité interne est toutefois

le kWmin (1 kWh = 60 kWmin).

Si crédit > 0, START démarre la charge après 30 s, même si l'utilisateur n'a pas appuyé sur START. La charge peut ainsi reprendre après une coupure de courant. Une boucle prend 2000 mesures (ou « points de calibrage ») du signal  $V_{out}$  de la sonde de courant. La valeur instantanée est comparée et les valeurs max. et min. sauvegardées. La sortie de ACS756SCA est linéaire et fonction de l'intensité, donc en connaissant Vout nous connaissons la valeur instantanée du courant (IP).  $V_{out}$  vaut  $V_{cc}/2$  lorsque  $I_p = 0$ . Pour le CAN (ou ADC, 10 bits) cela équivaut à  $1024/2 = 512$  ADC, puisque  $V_{cc} = 5 \text{ V} = 1024 \text{ ADC}$ . Le courant est alternatif et la sensibilité est de 40 mV/A. L'intensité  $I_{RMS}$  est mesurée et donnée par :  $I_{RMS} = I_{peak} / 2\sqrt{2}$ .

Le reste de la macro Main et des autres macros, y compris plusieurs calculs effectués par le système, sont discutés dans l'encart. Vous aurez sans doute besoin de vous référer au programme Flowcode de l'archive 090866-11.zip pour mieux comprendre l'usage de certains labels. Et pour mémoire, les bits de configuration du PIC : XT, WDT-OFF, POWUPTMR-ON, MCLR-External. Mode Fail-Safe de l'horloge activé. Un quartz de 4 MHz est utilisé.

#### Premier démarrage

La première fois que le système est mis sous tension, les données de l'EEPROM sont incohérentes, affichant des valeurs de crédit anormalement élevées. Pour résoudre ce problème, mettez simplement le système en circuit en enfonçant le bouton START. L'écran affichera « credit cleared » (crédit effacé).





Exécutez ensuite la macro SETUP ; elle chargera des valeurs correctes dans plusieurs variables. Procédez comme précédemment, mais en maintenant cette fois-ci SETUP (SW3) enfoncé. Certaines instructions s'affichent, rappelant que le commutateur COIN (SW4) sert aussi de touche « + », que SETUP (SW3) sert de touche « - » et que START (SW2) sert à confirmer sa sélection. Le système demande d'abord le paramètre tension. Appuyez sur les touches pour augmenter ou diminuer la valeur de la tension du réseau, 230 V CA par défaut. Définissez la valeur réelle de votre région, et non la valeur nominale. Viennent ensuite les points de calibrage : le système calculera d'autant plus rapidement qu'ils seront moins nombreux. Enfin, le prix de vente est ajusté en fixant le nombre de kWh crédité par une pièce.

### Exemple !

Conditions de l'essai : wattmètre Velleman, entrée 230 V CA, mais sortie de seulement 220 V CA lorsque la charge est un radiateur de 1400 W. Crédit de 6 kWh, 360 kWmin indiqué sur l'afficheur. Le wattmètre indique 0,0 kWh. Valeur par défaut du calibrage : 2000. Charge connectée (radiateur 1400 W), 6 A détecté à la fois par le Velleman et le chargeur du VE. Après environ 46 minutes, le wattmètre est passé de 0,9 à 1,0 kWh. Le crédit du chargeur VE était de 302 kWmin. Fin du test.

Le chargeur EV fait donc état de 58 kWmin au lieu de 60 kWmin. Nous souvenant que 1 kWh = 3 600 000 Ws, nous avons 58 kWmin = 3 480 000 Ws, et donc une différence de 120 000 Ws à justifier. La conclu-

sion est que la macro « second » a été appelée sur une période trop importante. Avec  $3\,600\,000 / 3\,480\,000 = 1,034$ , vous n'obtenez qu'une approximation, mais l'appel de la macro « second » se révèle durer 34 ms de trop. Mais si 1,034 s est obtenu avec le calibrage « 2000 », alors une seconde sera obtenue avec  $2000 / 1,034 = 1933$ , qui sera la valeur de calibrage nécessaire.

### Une conclusion et des idées

Considérons différents types de VE. La charge typique d'un scooter électrique en kWh est de :  $48\text{ V} \times 60\text{ Ah} = 2,88\text{ kWh}$ . Celle d'une voiture peut monter jusqu'à 30 kWh, par exemple pour la Mini E de BMW ou encore pour la Roadster Tesla. ElektorWheelie consomme  $24\text{ V} \times 9\text{ Ah} = 216\text{ Wh}$ , soit 3 centimes d'euro de recharge dans le pays de l'auteur (en supposant que 1 € donne 33 unités de recharge). Un scooter ne demande qu'une heure de charge, alors que cette charge peut prendre jusqu'à huit heures pour une voiture. L'utilisation d'une sonde de courant Allegro a été inspirée par l'article ElektorWheelie. Le dispositif 756ACS étant bidirectionnel, il convient mieux à des applications en CA. L'appareil est livré calibré en usine, et une comparaison des lectures avec celles données par une pince ampèremétrique haut de gamme Fluke a donné des résultats identiques. Une des améliorations futures concernerait la déconnexion des relais lorsque le crédit est égal à zéro : d'abord vérifier  $I_{RMS}$ , et si l'intensité est encore élevée, disons de plus de 4 A, commuter les relais quand le courant passe par zéro. Ceci implique de comptabiliser les retards dans le relais, le circuit d'attaque et le

microcontrôleur. Enfin, j'aimerais inclure une mesure de la tension du secteur afin d'assurer des calculs énergétiques à la fois justes pour le vendeur et pour le client.

(090866-I)

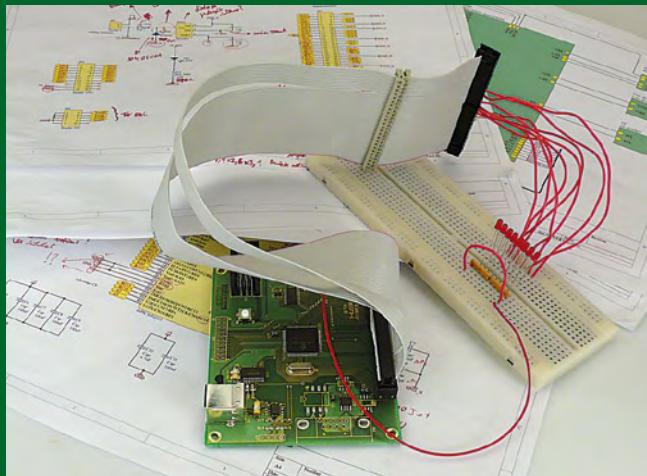
### Quelques sites Internet intéressants

[www.e-max-scooter.com](http://www.e-max-scooter.com)  
[evworld.com/index.cfm](http://evworld.com/index.cfm)  
[fadisel.com/vending-cebek/](http://fadisel.com/vending-cebek/)  
[coins-selector\\_P\\_325.aspx](http://coins-selector_P_325.aspx)  
[www.abberfield.com.au/a/60.html](http://www.abberfield.com.au/a/60.html)

## Sécurité électrique

Le matériel est connecté à une prise d'alimentation secteur et ne constitue pas un dispositif d'isolement entre le réseau et la charge. Toutes les consignes de sécurité relatives aux équipements transportant et acheminant une tension alternative doivent donc être appliquées lors de la mise en œuvre et l'utilisation de ce projet. Ces consignes ne doivent pas être prises à la légère, et une première aide est apportée par les lignes rouges du schéma ; elles indiquent les connexions sous tension qui nécessitent une isolation appropriée. Les « Directives de sécurité pour la recharge » fournies par le fabricant du VE en charge doivent également être respectées. Il est obligatoire d'installer une mise à la terre correcte pour une utilisation en extérieur, ainsi qu'un limiteur de courant externe. Le Régulateur de camping du numéro de juin 2009 est un complément idéal pour les réseaux disposant de 10 A ou moins. Tous les câbles, fils, fiches et prises utilisés dans ou avec le chargeur VE doivent être conformes aux recommandations d'utilisation en extérieur. L'appareil doit être monté dans un boîtier robuste et en conformité avec les normes de sécurité de votre pays ; cela vaut également pour le monnayeur. Enfin, les débutants devraient se faire aider par un électricien qualifié pour mener à bien ce projet.

# Carte dsPIC : le making of (2)



Nous vous avions raconté dans le dernier numéro comment des Suisses, passionnés de microcontrôleurs, avaient brodé toute une carte processeur autour d'un microcontrôleur dsPIC30 de chez Microchip et nous avaient présenté leur projet. Nous vous avions aussi raconté comment Daniel Rodrigues, notre développeur, avait redessiné le circuit et adapté certains de ses composants. En attendant qu'arrive la commande des prototypes et des composants, Daniel s'est attaqué à une seconde carte : une sorte d'extension munie de circuits de commande de moteur et de divers capteurs [1]. La conjonction de ces deux cartes permet de régler une centrale solaire thermique sur son rendement énergétique maximum (voir l'article correspondant dans ce numéro).

Le montage des deux prototypes commença une fois tous les composants de la carte dsPIC arrivés. « J'ai monté l'une des platines avec le four à refusion pour CMS et l'autre manuellement », raconte Daniel. Le hasard voulut qu'au même moment un distributeur des Pays-Bas nous rendit visite pour nous présenter un microscope USB « Magnus » destiné au contrôle visuel des platines (visible en [2] dans les mains de Jan Visser, notre assistant de laboratoire). Daniel tint absolument à s'en servir pour passer les cartes à la loupe. « J'ai de fait déniché une petite aiguille d'étain entre deux broches de microcontrôleur, mais elle n'avait occasionné aucun court-circuit », dit Daniel. Le jeune ingénieur découvrit pourtant à l'aide de simples tests électrique qu'il existait encore un défaut de même nature, défaut qu'il put rapidement localiser et éliminer.

L'une des deux platines équipées fut ensuite envoyée à l'un des auteurs pour subir des tests fonctionnels complets. Et naturellement, comme toujours lorsque le temps presse, arriva l'imprévu. Yves Birbaum tomba malade, et pendant quelques jours eut d'autres soucis en tête qu'un paquet en provenance d'Elektor. Ne pas savoir si le processeur tournait correctement sur la nouvelle platine était un nouveau tracas pour Daniel. Peut-être pouvait-on se servir des fichiers du logiciel, ceux du pilotage de la centrale, pour faire un essai ? Daniel trouva effectivement un fichier C au nom prometteur : « essai ». « Malheureusement, il ne convenait pas vraiment à ce que je voulais faire », dit Daniel.

Plutôt que de jouer à un incessant ping-pong de caractères avec un terminal, le jeune ingénieur préféra une méthode d'essai plus éprouvée. La partie hardware consistait en quelques LED et une nappe (voir photo), et notre Portugais réussit rapidement à faire exécuter à la fonction Main un « balayage » de ces LED. « Je n'avais certes que l'expérience des PIC « normaux », mais les instructions du dsPIC sont les mêmes, et l'EDI de MPLAB et le compilateur C30 disposent chacun d'une bonne documentation », nous explique Daniel. Clemens Valens, rédacteur franco-phone des deux articles, avait dans l'intervalle terminé le texte de la carte dsPIC, et ainsi permis à la rédaction de disposer d'un délai suffisant pour la traduction dans les autres langues. Restait à compléter l'article avec suffisamment d'indications pour que le programme d'essai mis au point pour les laboratoires Elektor soit également adapté aux lecteurs.

Deux exemplaires améliorés de la carte d'application nous étaient aussi parvenus à ce moment-là. Malheureusement, le distributeur Farnell, chez lequel avaient été commandés tous les composants (à l'exception des relais), n'avait plus en stock les inverseurs sextuples de chez TI qu'il nous fallait. « Par rapport à ce qu'il se passe d'habitude, nous cumulions déjà une semaine de retard », relate Daniel. Il n'y avait donc plus une minute à perdre puisque la platine devait encore être envoyée aux auteurs. Et comme souvent lorsque le temps presse... le développeur remarqua lors des premiers essais que le convertisseur CC/CC ne fonctionnait pas correctement. « J'ai dû y regarder de très près pour remarquer que le composant avait laissé couler deux petites billes de pâte à braser », dit Daniel. Apparemment ce dernier n'avait pas supporté les températures du four à refusion nécessaires au soudage sans plomb. Une fois ce composant remplacé, Daniel ne décela plus un seul dysfonctionnement. Les dernières certitudes viendront maintenant des essais conduits par l'auteur qui utilisera les deux cartes Elektor pour commander sa centrale solaire. Car pour noter la (re)conception d'un circuit, la pratique est seule juge !

(100216-1)

[1] [www.elektor.fr/091079](http://www.elektor.fr/091079)

[2] [www.tagarno.dk](http://www.tagarno.dk)

# Embedded World 2010 *ou comment*



Est-ce que on voit vraiment mieux comme ça ?  
(source: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Microsoft cohabitant avec un pingouin : logiciels fermés et ouverts côté à côté (source: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Plus de 700 étudiants sont venus durant la journée qui leur était allouée. (source: NürnbergMesse/Frank Boxler)

Clemens Valens (Elektor France)

Durant la première semaine de mars, la ville bavaroise Nuremberg a accueilli une fois de plus l'Embedded World Exhibition & Conference. 730 exposants ont montré aux 18350 visiteurs une gamme complète de produits pour l'embarqué de 2010 : matériel, logiciel, outils, services et plus encore. Elektor était parmi les visiteurs, voici notre compte-rendu.

Quatre halls immenses remplis de stands pleins de nouveautés électroniques : impossible de tout voir, même avec trois jours. Chez Elektor, nous sommes conscients de cela, nous avons donc préparé une liste des exposants à qui nous voulions absolument rendre visite. Sur cette liste figurait le distributeur allemand de Renesas, Glyn qui, étant installé juste devant l'entrée principale, fut notre premier arrêt. Glyn nous a informé de la fusion à venir entre Renesas et NEC qui donnera Renesas Electronics Corporation (REC). L'autre news intéressante fut la nouvelle famille de micros RX de chez Renesas ; successeurs des H8SX et R32C, bien connus des lecteurs d'Elektor. Cette famille est censée fournir plus de puissance tout en consommant moins, ce qui cadre tout à fait avec le thème principal de cette exposition. Les mots écolo et faible consommation étaient partout.

Étant journalistes, nous avons assisté à la conférence de presse officielle et avons participé à la visite guidée. Durant la visite, le côté écolo a été une fois de plus mis en avant avec, par exemple, les stands de Hitex, Mentor Graphics et Fraunhofer. Hitex a présenté un outil intelligent d'analyse de consommation pour les logiciels appelé PowerScale et a gagné le prix *Embedded World* dans la catégorie *Tools*. Le gagnant dans la catégorie *Hardware* était l'EFM32 d'Energy Micro, le microcontrôleur 32 bits le moins gourmand au monde : il ne consomme que 180 µA par MHz sous 3 V.

Microchip était bien sûr aussi présent avec leur famille de microcontrôleurs (XLP) à très basse consommation (50 µA par MHz). Ils présentaient leur régulateur élévateur de tension ultra *low-power* MCP1640 dont le développement a pris quatre ans. Il démarre à partir de 0,65 V et continue de fournir de 2 à 5,5 V avec 0,35 V en entrée, ce qui est évidemment génial pour mieux décharger les batteries.

Le tactile était un autre thème important de cette exposition. Atmel par exemple a gagné le prix de la catégorie *Special Merits* pour leur nouvelle technologie maXTouch présentée à travers le circuit mXT224. Ce CI permet la réalisation d'écrans tactiles sur lesquels on peut dessiner ou écrire non seulement avec les doigts, mais aussi avec un stylet, les ongles et même des gants. Leurs produits tactiles sont supportés par la bibliothèque gratuite Qtouch. De plus, Altium a intégré dans son logiciel de CAO un module permettant de concevoir et dessiner rapidement des touches tactiles de la forme que vous voulez sur circuit imprimé.

STMicroelectronics a distribué gratuitement (sans demander d'adresse !) de petits kits compatibles avec des outils libres, pour leur nouvelle famille de microcontrôleurs 8 bits STM8S. Ces kits, reconnus par un ordinateur comme un périphérique de stockage « de masse » de 32 ko, arboraient une touche capacitive commandant une LED ainsi qu'un port USB.

# développer des produits tactiles écologiques rapidement

Ceci nous amène au troisième thème principal de cet *Embedded World* : rendre le développement pour microcontrôleurs facile. De plus en plus de fabricants offrent des outils gratuits ou peu limités afin de pouvoir démarrer. ST s'est associée il y a quelques années avec le français Raisonance en vue de développer des outils bon marché pour ses produits ARM. Le dernier outil de Raisonance, Open4 (business), sera disponible – sous un autre nom – auprès de ST. Cet outil, une sorte de Gameboy avec un écran couleur, un clavier tactile, un joystick, une interface audio et un port USB pour la programmation et le débogage, fonctionne à l'aide de cartouches à microcontrôleur fournies par l'utilisateur et déterminant la fonctionnalité. Le développement pour ces cartouches est effectué à l'aide d'outils bon marché, voire gratuits ; l'appareil devrait être vendu pour moins de 100 \$.

FTDI fournit également des outils gratuits pour leur tout nouveau processeur Vinculum II. Le premier Vinculum était une solution facile pour construire des produits USB, mais FTDI est allée beaucoup plus loin avec cette deuxième version qui est devenue un microcontrôleur 16 bits complet avec beaucoup de périphériques et, bien sûr, de l'USB. La programmation et le débogage se feront avec des outils gratuits. Après avoir signé un accord de confidentialité, FTDI nous a montré ce qui sera à coup sûr le prochain produit *killer* dans le domaine de la conversion USB->RS-232. Gardez les yeux ouverts, ce produit va être une révolution !

Écologique, pas cher, et facile sont aussi les principales caractéristiques de la carte mbed à base de ARM Cortex-M3. Il s'agit d'un produit ARM présenté sur le stand NXP, les cartes mbed actuelles étant à base de processeurs NXP. Le développement pour l'mbed se fait à l'aide d'un navigateur et d'une ferme de compilation sur internet. Écrivez un programme, compilez-le en ligne puis chargez-le sur votre carte mbed. Ces cartes sont bon marché, les outils sont gratuits, et il y a beaucoup de bibliothèques.

Dans la lignée de NXP et de leur gamme LPCXpresso, dotée d'outils de développement quasi gratuits (jusqu'à 128 ko de code) de chez Code Red, l'éditeur Keil a également présenté un compilateur open source « gratuit », basé sur Eclipse et GCC, pour processeurs ARM : le DS-5. Keil (qui appartient à ARM) a tenu à nous dire qu'elle est active au sein de la communauté open source et qu'elle contribue au compilateur C/C++ GNU. D'autres éditeurs ont tenu des propos similaires, ce qui nous amène à la constatation suivante : la communauté open source est en train de se faire doucement envahir par des entreprises payant leurs employés pour écrire des logiciels libres en collaboration avec leurs concurrents.

Il y avait bien sûr beaucoup d'autres produits et démonstrations à voir, nous n'avons pas la place pour parler de tout ici. Pourquoi n'iriez-vous pas voir de vous-même l'an prochain ? Nuremberg est une ville sympa avec un centre ancien bien préservé ; la nourriture est bonne, les logements agréables. Une petite mise en garde toutefois : essayez de ne pas manger trop de sucreries, chocolats et gâteaux offerts par les exposants, vous aurez besoin d'appétit pour digérer toutes les informations disponibles.

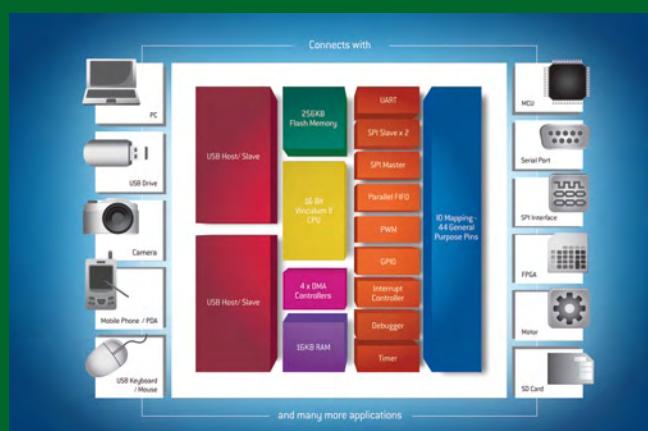
(100215-I, trad. Kévin Petit)



Tintin à l'*Embedded World*. (source: NürnbergMesse/Frank Boxler)



Suite Qtouch de Atmel.



Le Vinculum II (VNC2) est plus qu'un simple contrôleur hôte USB.

# Toujours des mesures

Ton Giesberts (Labo Elektor)

Notre article consacré au facteur de puissance des lampes à basse consommation du numéro de février a révélé le comportement des ampoules LED. Différents lecteurs ont réagi, notamment Gerard Grashof qui travaille au support produits ScopeMeter et Power Quality chez Fluke Industrial. L'objet de son courrier était de nous signaler certains outils permettant aux électriciens d'analyser le comportement des nouvelles technologies sur le réseau. Nous avons demandé à M. Gerard Grashof de venir nous démontrer cela de vive voix, muni de l'analyseur ad hoc.

En février, nous avions observé que les différentes ampoules high-tech constituaient des charges atypiques pour le réseau, tirant un courant impulsionnel et générant de ce fait moult harmoniques. Cet état de fait nous avait alarmé, sachant qu'en matière de distribution électrique, les harmoniques coûtent cher. Les pertes « fer » augmentent avec la fréquence. Il s'agit des pertes par hystérosis. Elles causent une élévation de température de la carcasse du transfo, transfo qui doit dès lors être surdimensionné (les fabricants de transformateurs spécifient pour cela le **facteur K**).

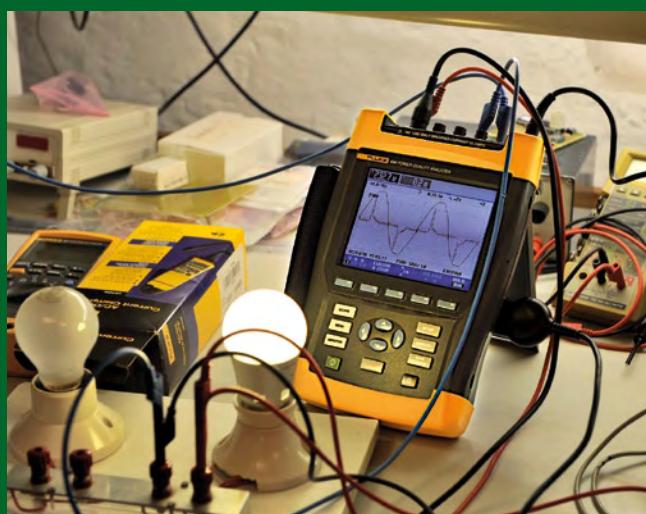
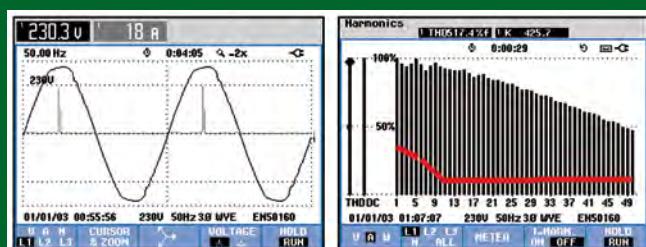
Voilà quel était notre état d'esprit le jour du rendez-vous avec Fluke. L'analyseur en question porte la référence 434, c'est un analyseur de qualité du réseau. La mesure de courant se fait via une sonde, modèle i310s, qui est une pince de courant AC/DC à effet Hall, précisément calibrée étant donné que le capteur à effet Hall gagne à être compensé en température.

Prudents, nous avons commencé par mesurer une ampoule de 100 W à filament. Il en est résulté un facteur de puissance affiché égal à 0,98. Assez surprenant, car nous nous attendions à une valeur affichée égale à 1,00. Nous avons échafaudé diverses hypothèses, notamment une pollution du réseau. Puis nous avons réalisé que la pince de courant i310s est capable de mesurer des courants autrement plus intenses que ceux d'une lampe de 100 W. Flagrant délit de travailler tout en bas de l'échelle de sensibilité. La mesure allait directement gagner en précision au moyen d'un procédé simple : introduire non pas un seul flux (le cordon) dans la pince, mais deux boucles supplémentaires, pour ainsi tripler le flux mesuré. La valeur affichée devenait un joli 1,00. Conformément aux prévisions, la valeur affichée du courant était quant à elle trois fois supérieure à la vérité.

Mis en confiance, nous sommes passés à l'ampoule LED, un modèle Pharox 6W de Lemnis qui consomme un courant essentiellement impulsionnel, d'une allure identique à ce que nous avions relevé dans l'article du numéro de février. L'analyseur Fluke a indiqué un courant apparent de 0,067 A (cette valeur, obtenue en divisant par trois le chiffre affiché). Le  $\cos \phi$  s'établissait à la valeur rassurante de 0,98. Mais le facteur de puissance s'établissait à un très médiocre 0,42 et le facteur de « surdimensionnement » K à 99 (THD de 155 %). Pour une puissance réelle de seulement 5,87 W (celle que le consommateur non industriel paie), la puissance apparente s'établissait à 14 VA. Le réseau se coltine une puissance supplémentaire, réactive de 12,7 VAR en pure perte. Le lendemain nous avons effectué une

nouvelle série de mesures qui a donné des résultats légèrement différents : 5,83 W, 11,3 VA et 9,67 VAR, un facteur de puissance de 0,51, un  $\cos \phi$  qui s'établit à 0,975 et un facteur K de 150 (THD de 150 %).

Il reste à établir un bilan détaillé sur base de projections. D'un côté, il est évident qu'à puissance lumineuse égale, les ampoules à décharge et les LED consomment significativement moins que les ampoules à incandescence. On se dit que c'est tout bénéfice pour le réseau. Mais en réalité, sur le long terme, il se peut que l'éclairage prenne une dimension insoupçonnée dans nos villes et sur nos routes. Or, nous venons d'en avoir la confir-



mation, un watt gagné par les LED ne se retrouve pas mis entièrement à disposition du réseau.

Admettons que les ampoules LED consomment sept fois moins : 6 W à LED pour 42 W à incandescence. L'analyseur Fluke mesure 6 W réels plus 12 W réactifs. On pense économiser 36 W. C'est vrai et faux, car chaque watt économisé injecte 1/3 de watt vicieux, réactif, comportant une forte proportion d'harmoniques. Et chaque watt d'harmoniques fait chauffer les transfo (capables de supporter généralement un facteur K de 4), bien plus qu'un gentil watt ohmique de lampe à incandescence. Demain, toutes les lampes à haut rendement devront intégrer une électronique éliminant le courant déwatté et les harmoniques.

(100099-l, trad. Cnockaert)

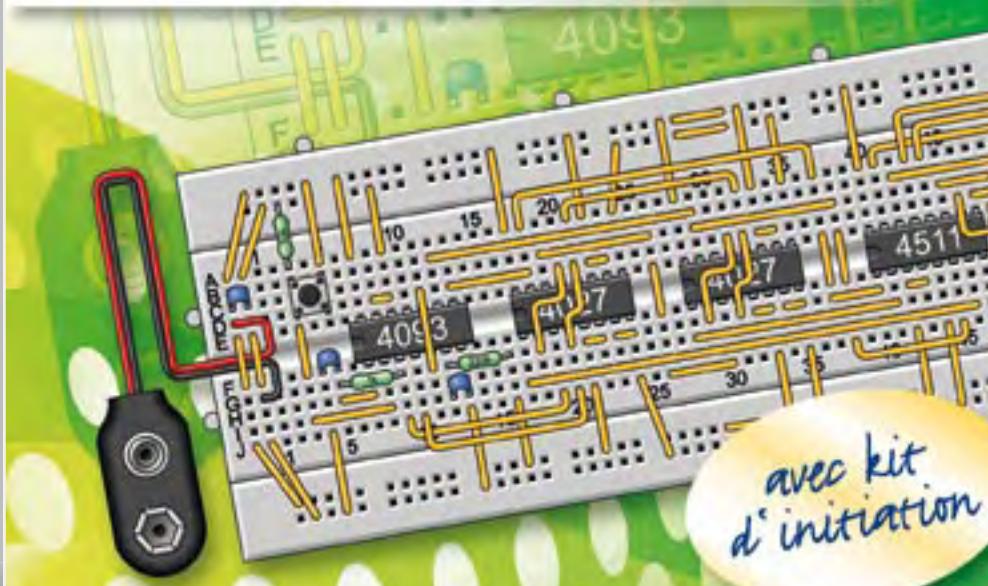
Burkhard Kainka & Lars Gollub

# ÉLECTRONIQUE logique & numérique

## *mes premiers pas !*

NOUVEAU

« Avant de s'attaquer aux circuits complexes,  
il faut avoir parfaitement compris comment  
fonctionne la logique élémentaire... »



**elektor**

L'électronique numérique est au cœur de la technique moderne. Regardez les appareils actuels : on y trouve essentiellement des puces, des microcontrôleurs, des dispositifs logiques programmables, etc. Les circuits intégrés simples, comme le 4000 ou le 4093, y sont plus rares. Se familiariser avec de tels circuits reste pourtant la porte d'entrée idéale du monde de la logique. Car c'est d'opérateurs, de bascules bistables et de compteurs que sont faits les montages numériques même les plus complexes.

L'apprentissage des notions fondamentales est plus facile lorsqu'il s'accompagne de travaux pratiques ; c'est pourquoi ce livre est associé à un kit d'initiation réunissant une plaquette d'expérimentation universelle et tous les composants requis. Sur les 50 montages présentés, beaucoup sont utiles aussi en pratique.

Ce livre s'adresse principalement aux amateurs d'électronique, aux étudiants et aux personnes en formation qui ont besoin d'une introduction solide en électronique numérique. Les connaissances apportées par ce livre constituent la base de projets plus approfondis dans le domaine des microcontrôleurs et de la programmation.

156 pages • 14 x 21 cm  
ISBN 978-2-86661-175-0 • 29,50 €

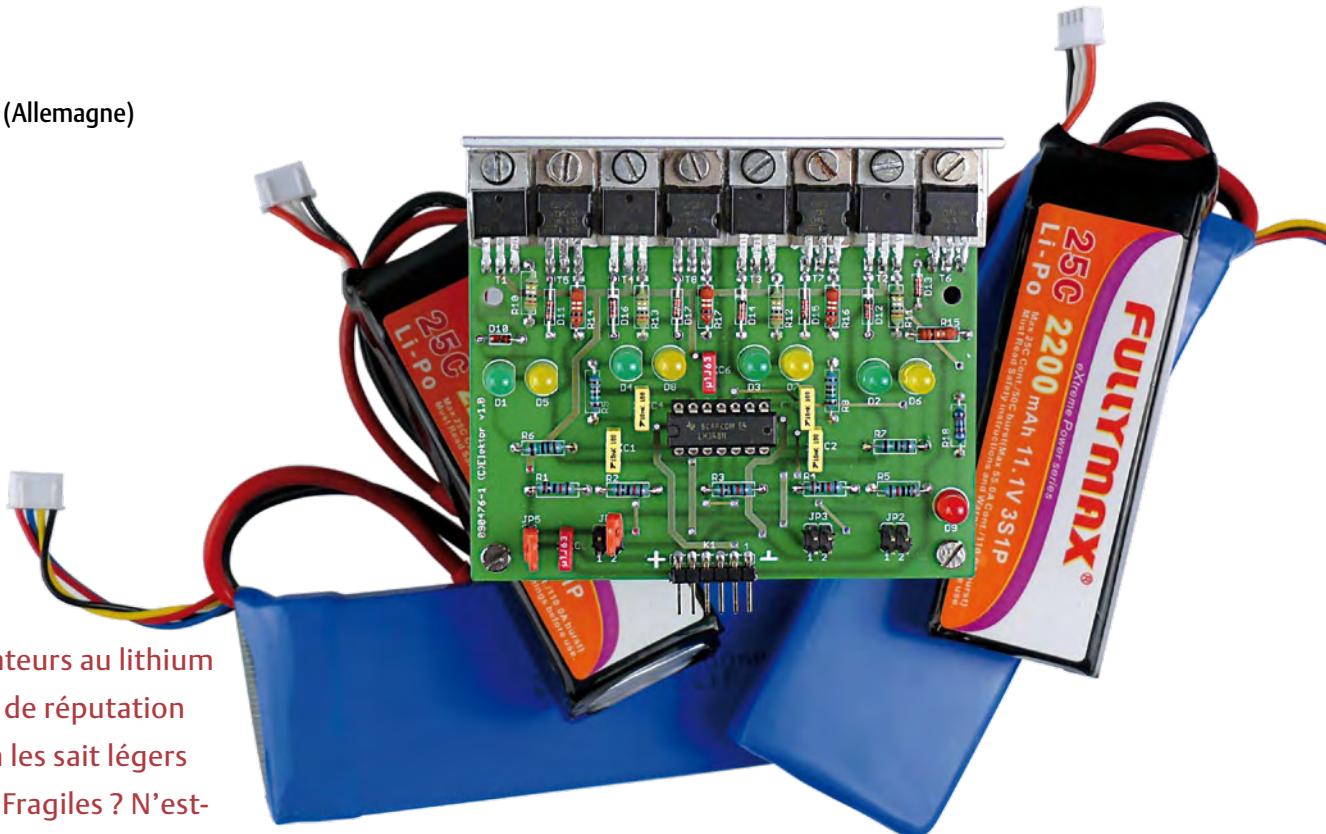
Pour commander en ligne :

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

# Équilibrer automatique

## Pour accumulateurs Li-Po

Thomas Scherer (Allemagne)



Les accumulateurs au lithium sont connus, de réputation au moins. On les sait légers et puissants. Fragiles ? N'est-il pas arrivé qu'un de ces accumulateurs brûle, on a parlé aussi des réactions exothermiques dans des portables, ordinateurs ou téléphones. Mais sait-on ce que signifient 2s, 3s, 4s ? Est-il vraiment indispensable d'« équilibrer » des accumulateurs Li-Po ? Parlons-en...

Tous les accumulateurs sont dangereux. Les accumulateurs à base de lithium, métal alcalin, le sont aussi ? Ils ont l'avantage d'une grande énergie spécifique (énergie/masse), d'une faible décharge spontanée et, en règle générale, d'une recharge rapide. Leur recharge et leur sûreté de fonctionnement sont, malheureusement, presque une science en soi. Les appareils grand public avec accus au lithium sont ainsi toujours fournis avec chargeur spécial et protections destinées à éviter les incidents : décharge profonde ou pire, surcharge ou court-circuit. La protection en court-circuit est indispensable puisque le plus léger des métaux, le lithium

(après l'hydrogène) est très réactif. Les conséquences de l'emballage d'un accumulateur au lithium sont plutôt graves.

### Accumulateurs Li-Po

Les modélistes apprécient de plus en plus les accumulateurs Li-Po (Lithium-Polymère).

## Équilibre les accumulateurs Li-Po de 2s à 5s au choix

Ils offrent, en effet, une très grande énergie spécifique, beaucoup d'énergie sous une masse relativement faible et débitent des courants élevés. Ajoutons que le prix de

ces accumulateurs est à la baisse. Les produits de marque restent chers : 35 € pour un accumulateur de Kokam ou Ansmann de 4 000 mAh, mais il nous est arrivé de trouver des produits chinois à moins de 5 € par élément, sur eBay. Tentez votre chance : recherchez par exemple « lipo 5s 4000\* ».

Expliquons la terminologie Li-Po de la chaîne de recherche. Vous aurez compris que « 4000\* » correspondait à la capacité en mAh. Et les « 5s » ? Cinq éléments, tout simple-

ment. Le suffixe d'un accumulateur de deux éléments sera donc « 2s ». N'oublions pas une troisième caractéristique, le courant de décharge maximal admissible. La



différence de prix massive entre produits de marque et accumulateurs chinois n'est pas seulement leur marge bénéficiaire, elle tient aussi au courant de décharge admissible. Si les accumulateurs de marque assurent une décharge à « 30C », le produit de Hong Kong est à « 15C ». La lettre « C » correspond à la capacité et « 30C » est le courant que l'on peut tirer de l'accumulateur en une heure. Pour une capacité de 4 Ah et 30 C, le courant est de 120 A ! Impressionnant !

Un accumulateur bon marché « 15C » peut quand même débiter 60 A.

L'auteur est très satisfait de ceux qu'il a achetés. Ils assurent leur service (figure 1) depuis une bonne année sur le vélo qu'il a équipé d'une assistance électrique. Ils ont déjà subi plusieurs centaines de recharges, partielles, sans souffrir. Il est vrai qu'ils ne sont pas surchargés et ne débiteront pas 10 A sous une tension nominale de 37 V. Les 50 € déboursés pour un accumulateur Li-Po de 10S (dix éléments) sont donc un bon investissement.

### Équilibre

Une charge en douceur de Li-Po n'est pas non plus trop compliquée : une intensité convenable constante de 0,5 à 1 C jusqu'à une tension finale de charge de 4,1 à 4,2 V par élément, et c'est bon. Enfin, presque. Lorsque l'on charge et décharge vaillamment l'accumulateur, le déséquilibre entre les éléments finit par se faire sentir. Si une batterie au plomb ou un accumulateur NiCd le supportent sans problème, des accumulateurs Li-Po vieilliront prématûrement et risquent de vous laisser en panne.

Lorsque les éléments d'une batterie n'ont pas absolument la même capacité, l'un d'eux est maltraité et, avec le temps et les cycles de charge-décharge, finit par ne plus s'en relever. Supposons que la capacité d'un des éléments d'une batterie Li-Po 2s soit un peu plus élevée. L'autre élément atteindra sa tension de fin de charge avec une certaine avance. Comme le meilleur élément n'y est pas encore, il continue à se charger et, pendant ce temps-là, l'élément le plus faible subit une petite surcharge. Le meilleur élément contient plus d'énergie. À la décharge, l'élément le plus faible sera vide plus tôt, il

Figure 1. Deux accumulateurs Li-Po chinois 5s en série avec un fusible dans un boîtier d'aluminium et fournissant l'énergie nécessaire à l'assistance électrique d'un vélo.

## Caractéristiques techniques

- Équilibrage automatique
- Double indicateur à LED par élément
- Tension opérationnelle de 6 à 32 V (6 à 44 V avec LM348N)
- Équilibre les accumulateurs lithium de 2s à 5s
- Équilibre les accumulateurs plomb de 3s à 5s
- Équilibre les accumulateurs montés en série
- Courant d'équilibrage env. 200 mA (modifiable)
- Équilibre les accumulateurs de 2 Ah à 10 Ah (modifiable)
- Courant de repos 2,5 mA pour 5s et 1 mA pour 2s

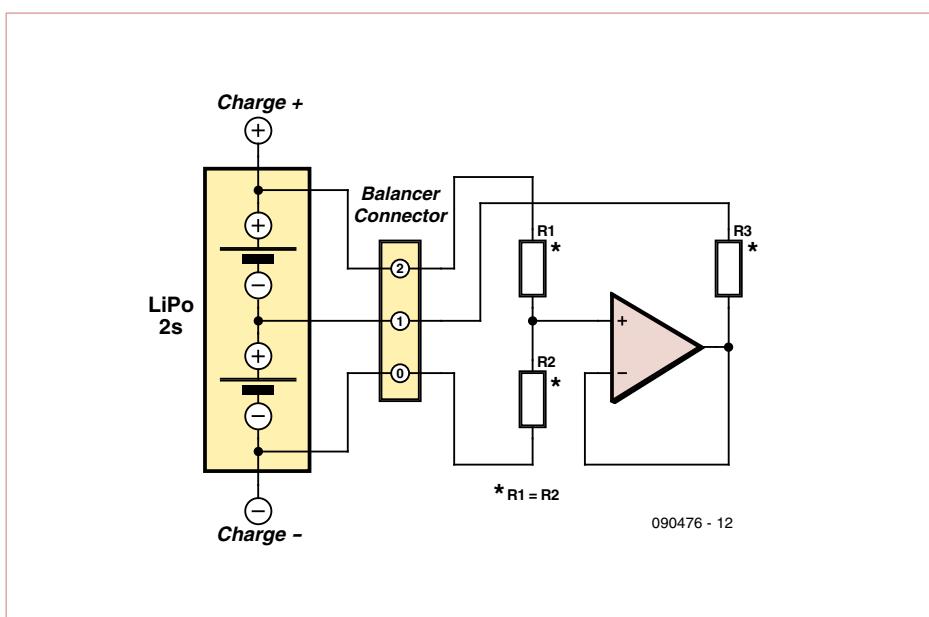


Figure 2. Un amplificateur opérationnel de puissance et trois résistances suffisent pour l'équilibrage parfait d'une batterie de deux éléments.

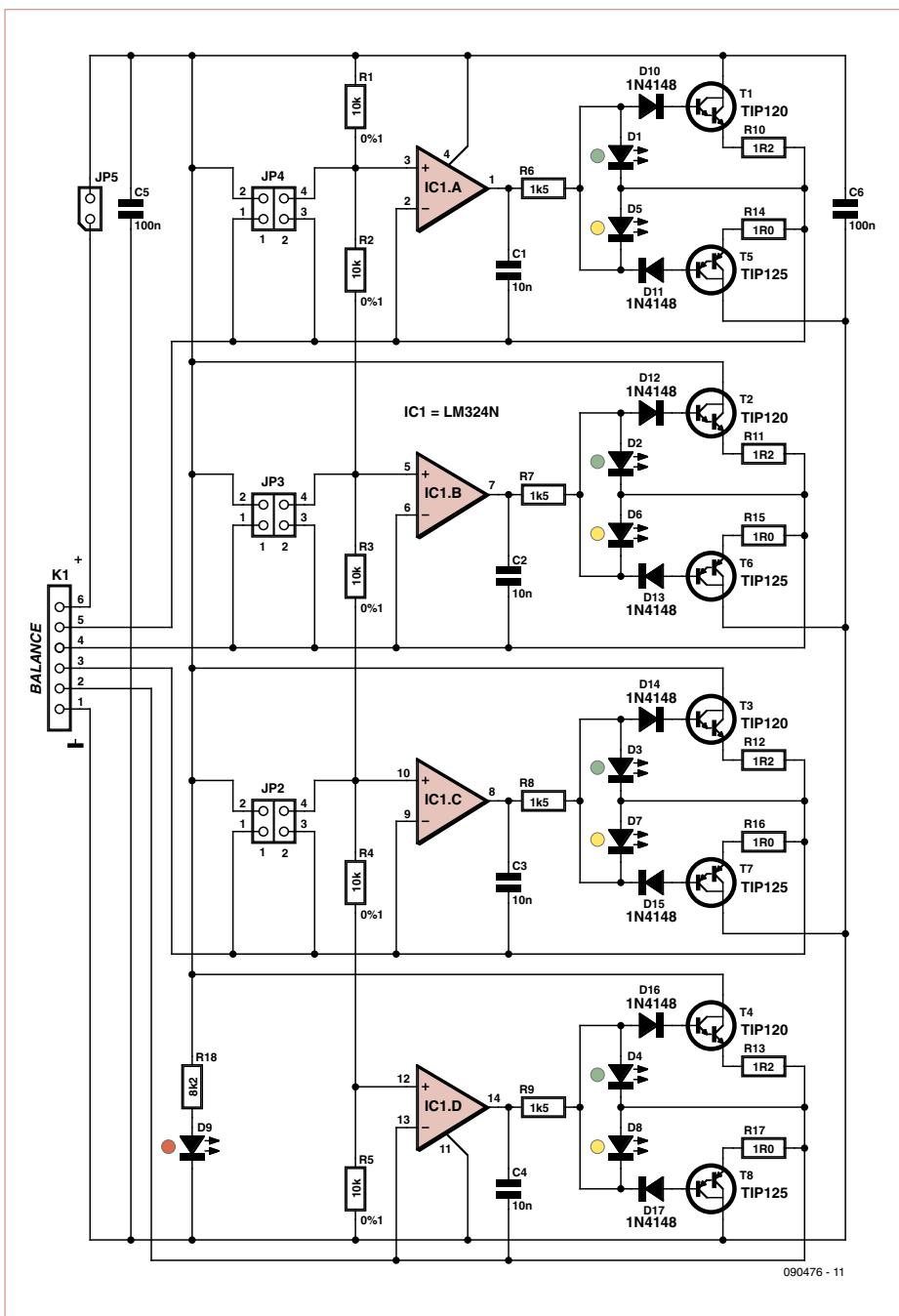


Figure 3. Le nombre d'éléments est plus élevé ? Nous avons donc un plus grand nombre d'amplificateurs opérationnels et de résistances. Les étages de sortie de classe B à transistors Darlington assurent un courant d'intensité suffisante, des LED témoignent du passage du courant.

## Fonctionnement

Le connecteur d'équilibrage (balancer) de l'accumulateur se branche sur K1. Les cavaliers JP2 à JP5 permettent de configurer l'appareil pour le nombre d'éléments voulu, de deux à cinq : le cavalier JPx-1 alimente le montage et le cavalier JPx-2 applique la tension d'alimentation aux diviseurs de tension

des éléments en présence. En dehors des accumulateurs 5s (JP5) vous devez toujours poser deux cavaliers.

Pour cinq éléments, la tension de sortie d'un accumulateur LiPo chargé atteint 21 V en moyenne (4,2 V/élément). Les tensions partielles sont fabriquées par les diviseurs de tension, de R1 à R5, à partir de la tension

se décharge donc plus profondément ce qui finit par lui nuire. En d'autres termes : avec le temps et le nombre de cycles de charge, la différence entre les éléments s'accentue et les phases de surcharge et de décharge profonde finiront, s'accumulant, par endommager la cellule la plus faible.

La solution de ce problème est, en principe, assez simple : comme la tension d'un élément Li-Po est une bonne mesure de sa capacité, il est préférable de s'assurer de temps en temps que tous les éléments de la batterie présentent la même tension. On appelle « équilibrage » (*balancing*) cette opération.

## Méthodes

Dans le plus simple des cas, on peut décharger jusqu'à une tension définie une batterie composée de plusieurs éléments Li-Po en série tous les deux ou trois cycles de charge. Tous les éléments sont alors au même niveau et les inégalités accumulées jusque-là sont éliminées. Certains circuits le font. L'inconvénient de cette technique radicale est le gaspillage d'une quantité notable d'énergie, qu'il est ensuite nécessaire de recharger.

Le boîtier d'un accumulateur industriel d'ordinateur portable contient déjà une électronique compliquée d'équilibrage. Un microcontrôleur y contrôle, en règle générale, la tension des éléments et veille à ne pas surcharger les éléments faibles. Tous ont la même charge.

Il existe des montages encore plus compliqués qui assurent, dès la charge, un retour de l'énergie en excès. L'équilibrage dépense ainsi aussi peu d'énergie que possible. Il est clair que ces procédures sont optimisées. Elles ne sont pas seulement plus chères, elles

total. Les amplificateurs opérationnels comparent la tension effective des éléments avec la tension partielle des diviseurs de tension. Lorsque la tension d'un élément diffère de plus de 1/5 de la tension totale, la sortie de l'amplificateur opérationnel correspondant commande l'un des deux transistors Darlington qui charge l'élément correspon-

## Liste des composants

### Résistances :

R1 à R5 = 10 k $\Omega$ , 0,1 %

R6 à R9 = 1,5 k $\Omega$

R10 à R13 = 1,2  $\Omega$

R14 à R17 = 1  $\Omega$

R18 = 8,2 k $\Omega$

### Condensateurs

C1 à C4 = 10 nF, au pas de 5 mm

C5, C6 = 100 nF, au pas de 5 mm

### Semi-conducteurs

D1 à D4 = LED verte, faible courant, 5 mm

D5 à D8 = LED jaune, faible courant, 5 mm

D9 = LED rouge, faible courant, 5 mm

D10 à D17 = 1N4148

T1 à T4 = TIP120

T5 à T8 = TIP125

IC1 = LM324, LM348N\*

### Divers

K1 = rangée de 6 picots, au pas de 2,54 mm

JP2-1 à JP4-2 = rangée de 2 picots, au pas de 2,54 mm

JP5 = rangée de 2 picots, au pas de 2,54 mm

Support de circuit intégré 14 broches pour IC1

Matériel d'isolement pour 10 transistors

TO220

Cornière d'aluminium ou radiateur

Platine EPS-090476

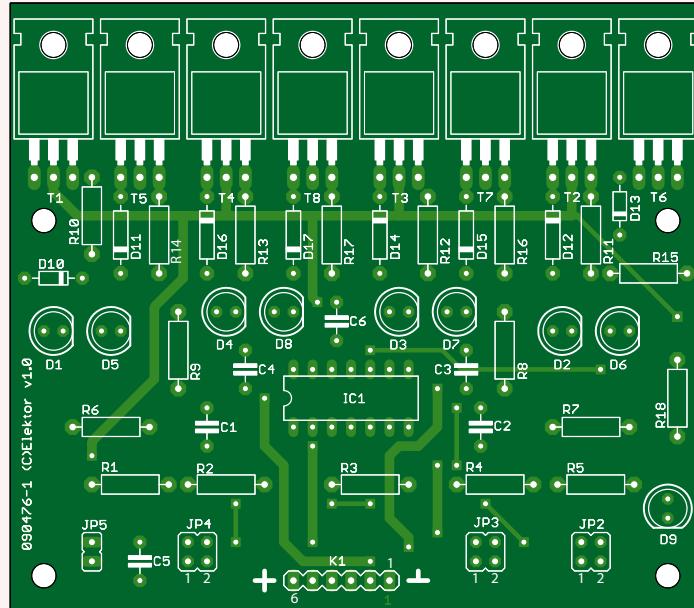


Figure 4. La platine n'est pas trop encombrée et l'implantation des composants ne demande pas des doigts de fée.

demandent une électronique compliquée et des transformateurs supplémentaires. Que choisir ? Le premier procédé n'est vraiment pas élégant, même pour rester chez soi. Les méthodes les plus compliquées ne sont pas assez universelles. Alors ? Il existe une autre solution, un montage électronique dont le principe est très simple et qui équilibre automatiquement les accumulateurs de façon presque idéale et sans gaspillage.

### Équilibrage automatique

La simplicité de la méthode est évidente sur le schéma de principe pour accumulateurs 2s de la **figure 2** : un amplificateur opérationnel (de puissance) mesure la tension

totale de la batterie par l'intermédiaire d'un diviseur de tension composé de R1 et R2 et, à partir de là, règle précisément sa tension de sortie à la moitié de la tension totale. La sortie est appliquée aux deux éléments par l'intermédiaire d'une résistance de protec-

réglage et aucun calcul, en dehors de R3 qui doit assurer un courant d'équilibrage suffisant, de 0,02 C à 0,1 C.

Nous avons donc une solution pour deux éléments, mais que faire s'il y en a plus ? Il suffit de prendre un plus grand nombre d'amplificateurs opérationnels. Avec un quadruple amplificateur opérationnel, on peut équilibrer un accumulateur de cinq éléments ou

moins. Autre point : le courant délivré par la sortie d'un amplificateur opérationnel normal n'est pas suffisant. Le complément d'un étage de sortie de classe B à transistors de puissance est indispensable. Avec des Darlingtons (T1 à T8) la dépense n'est

tion (limitation de courant). Si, par exemple, la tension de l'élément supérieur est supérieure à celle de l'autre, le courant de charge ne circule plus que vers ce dernier, par l'intermédiaire de R2, jusqu'à l'équilibre parfait des éléments. Il n'y a donc aucun à

dant (quand sa tension est trop faible) ou le soulage (s'il est trop chargé). En conséquence, tous les éléments de la batterie sont forcés automatiquement à la même tension.

Tant qu'un courant d'équilibrage supérieur à 20 mA circule, la LED correspondante est allumée. Les étages de sortie délivrent des courants d'équilibrage de 250 mA maxi-

mum. Voyons comment fonctionne la limitation de courant sur IC1A, par exemple : sa sortie attaque D1 ou D5 par l'intermédiaire de R6. La différence de potentiel entre les bornes de la LED est de quelque 1,8 V. Nous avons, en outre, en série avec les bases des Darlingtons des diodes au silicium, qui pour un faible courant de commande (très infé-

rieur à 1 mA) présentent une tension directe inférieure à 0,5 V. Avec les deux jonctions base-émetteur des Darlingtons (environ 1,0 à 1,1 V), la chute de tension est de 1,6 V. Il nous reste 0,2 à 0,3 V sur la résistance d'émetteur de 1  $\Omega$ , ce qui nous donne un courant de l'ordre de 250 mA.

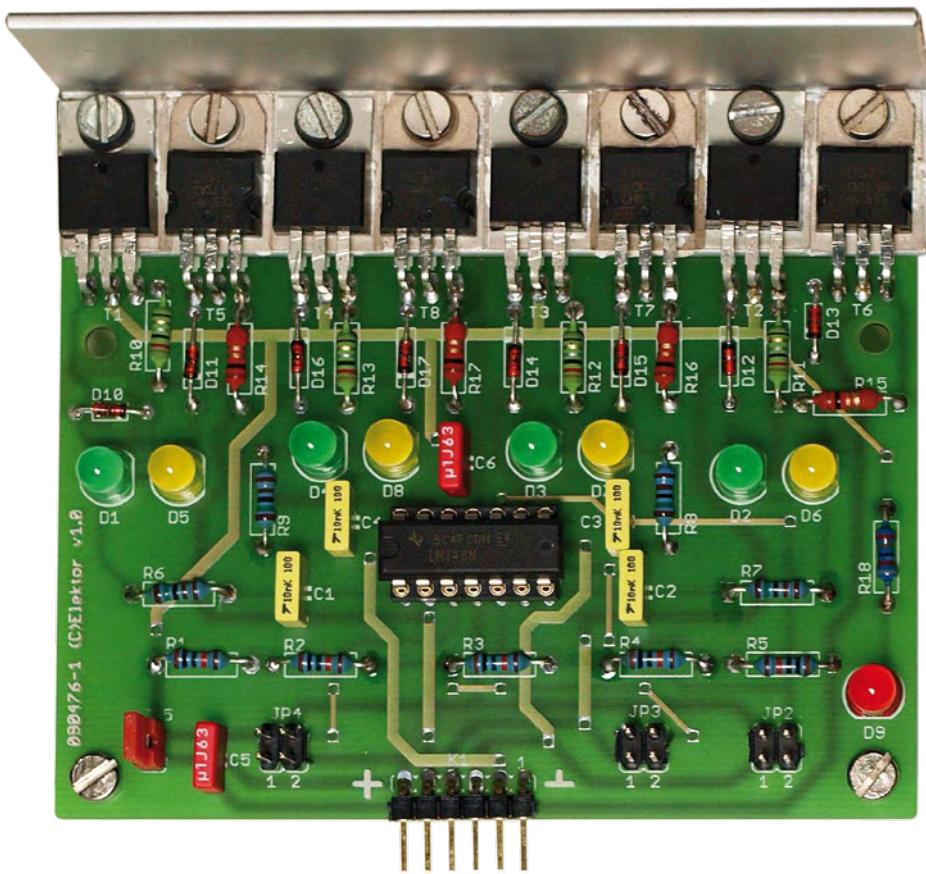


Figure 5. Le prototype de l'auteur. La cornière d'aluminium est un radiateur tout à fait suffisant pour des accumulateurs de 4 Ah.

pas excessive. Voyons le schéma de l'équilibrage de la **figure 3** pour deux à cinq éléments, tel qu'il est en service chez l'auteur. La différence de potentiel entre les bornes des LED limite les tensions de base et les résistances d'émetteur limitent le courant à environ 250 mA. Ce courant suffit à la recharge d'accumulateurs de 2 Ah à 10 Ah. Si l'évacuation de chaleur est suffisante (radiateur), des résistances R10 à R17 plus petites laisseront passer un courant plus intense. L'équilibrage fonctionne pendant des durées relativement brèves, lorsqu'un déséquilibre est détecté. Les LED en témoignent en s'allumant. La capacité thermique des radiateurs n'a pas à être très élevée. Des cavaliers permettent de configurer le montage en fonction du nombre d'éléments, de 2s à 5s.

### Montage et essai

Le montage et l'implantation des composants sur la platine (**figure 4**) n'ont vraiment rien de compliqué. Il s'agit d'un circuit sans CMS et des plus aérés, idéal pour vous faire la main si vous débutez. Comme le montre l'exemplaire de la **figure 5**, le radiateur est fait d'une cornière en aluminium posée directement sur la platine. Elle suffit dans la plupart des cas. Vous pouvez évidemment faire mieux, planter verticalement les transistors et les visser sur un radiateur plus conséquent. Le perçage de la platine permet de l'y poser.

Un point mérite le plus grand soin, l'isolation des transistors. Montez-les impérativement avec des rondelles de mica et des canons isolants. Un peu de graisse thermique

facilitera le passage de la chaleur. Pour terminer et avant de mettre sous tension, vérifiez avec une bonne sonnette (testeur de continuité) que les dix transistors sont bien isolés les uns des autres.

Après vérification de l'isolation et implantation, posez JP5 (5s) et seulement JP5. Avec une alimentation de laboratoire, appliquez ensuite environ 10 V (attention à la polarité) sur K1. La LED D9 doit s'allumer et la consommation ne dépassera pas quelques mA. Si cet essai est concluant, montez la tension à 20 V. Seul l'éclairement plus intense de D9 devrait en témoigner. Vérifiez alors au multimètre que les broches 2, 3, 4 et 5 de K1 sont effectivement à 4, 8, 12 et 16 V par rapport à la masse, donc chaque fois une différence de 1/5 de la tension totale. Si votre alimentation de laboratoire est équipée d'une limitation d'intensité (à régler à 0,5 A), court-circuitez brièvement deux broches voisines de K1. Un courant maximum d'équilibrage de l'ordre de 200 mA devrait alors circuler.

Si votre montage a bien réussi ces essais, passez à l'inauguration et reliez le connecteur d'équilibrage à un accumulateur. Attention ! Posez d'abord les bons cavaliers ! Pour un accumulateur 3s, par exemple, posez les cavaliers JP3-1 et JP3-2 et seulement ceux-là. Laissez branché l'équilibrage automatique sur l'accumulateur tant que toutes les LED (en dehors de D9) ne sont pas éteintes.

Il n'est pas nécessaire d'équilibrer des accumulateurs Li-Po après chaque charge. L'auteur se limite à un équilibrage toutes les dix recharges. Chacun des deux accumulateurs 5s en série est d'abord équilibré. L'équilibrage est ensuite configuré en 2s. Le pôle plus d'un accumulateur se connecte ici sur la broche 3 de K1, la borne commune des deux accumulateurs sur la broche 2 et la masse, naturellement, sur la broche 1. Cette dernière opération n'est possible que si vous avez choisi un LM348N pour IC1, puisqu'il supporte 44 V. Un LM324, avec 32 V maximum ne conviendra qu'à des accumulateurs de deux fois 4s (ou, bien sûr, une fois 5s).

(090476-l)

## 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. 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 BTBS (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 doublément 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 additionnelle 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 fiables. 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.

## 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 directement 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.



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

### 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 devraient 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 emplacement. 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 interne 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 du 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 vissées 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.

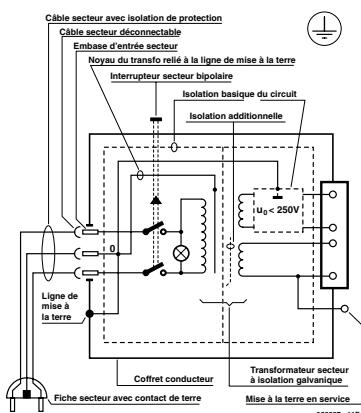


Figure 1. Appareil isolé en classe I.

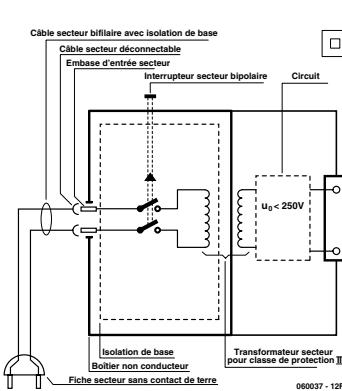


Figure 2. Appareil isolé en classe II.

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 capacitives) 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

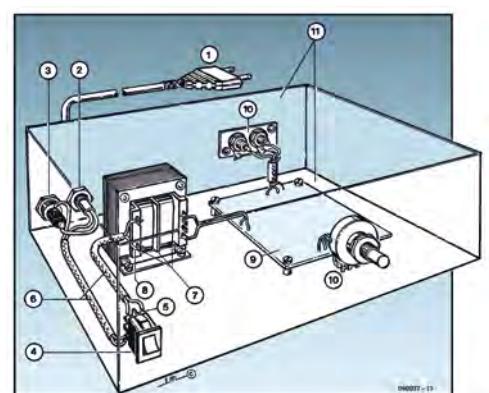
Les transfos présumés protégés contre les courts-circuits comportent une protection en température intégrée (limitation en température) ou doivent être protégés à l'aide d'un fusible calibré.

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 additionnelle 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 des 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 (variac). On ne connecte jamais qu'un seul appareil (16-A max.) à un variac. 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 pics 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

# Régulation solaire thermique

## À la recherche du point de puissance maximale



Yves Birbaum (Suisse)

Le but de ce projet consiste à réaliser une régulation destinée à des installations solaires thermiques.

L'intérêt du montage présenté ici est de pouvoir réaliser la régulation d'installations qui possèdent plusieurs champs solaires avec des orientations différentes ou des configurations avec plusieurs ballons de stockage nécessitant le contrôle de plusieurs vannes et pompes.

---

**La carte de régulation solaire a été conçue afin de pouvoir être utilisée comme carte de commande universelle.**

---

Les régulations solaires du marché peuvent gérer un ou deux champs solaires (**figure 1**), mais ne sont pas adaptées à des configurations particulières qui comportent par exemple trois champs solaires et deux ballons de stockage (chauffe-eau) pour le

chauffage avec en plus une circulation entre les deux réservoirs. La régulation présentée ici est dédiée aux installations solaires complexes en raison de leurs nombres de champs solaires ou à des installations qui viennent se greffer

sur un ensemble existant destiné à fournir le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire de la maison. Elle permet de maximiser l'utilisation de l'énergie solaire stockée et d'éviter l'enclenchement d'une résistance électrique ou d'un brûleur alors

## Caractéristiques techniques

- carte de commande universelle
- 10 sorties 230 VAC / 1,2 A
- 10 entrées/sorties tout ou rien (5 V),
- interface afficheur LCD standard
- 5 boutons-poussoirs
- potentiomètre numérique

qu'il y a encore suffisamment d'énergie dans l'installation.

Les régulations pour installation solaire se basent sur la différence de température entre les capteurs et le ballon de stockage afin de déterminer si la pompe de circulation doit être enclenchée ou non. La puissance thermique transférée des capteurs au ballon de stockage dépend de la puissance solaire reçue, des pertes le long de l'installation par convection,

rayonnement et du transfert de chaleur le long de l'échangeur dans le ballon de stockage. La régulation proposée permettra à l'installation solaire pilotée de fonctionner toujours au point de maximum de puissance (cette technique est mieux connue sous le sigle MPPT, de l'anglais *Maximum Power Point Tracking*) transmise au ballon de stockage en adaptant le débit pour que la température aux bornes du ballon de stockage corresponde au meilleur transfert de chaleur possible de l'échangeur. Pour pouvoir réaliser cette commande, il faut connaître la température du ballon de stockage et des capteurs, l'écart de température du fluide caloporteur entre l'entrée et la sortie du ballon, ainsi que le débit. L'énergie transmise au ballon est le produit du débit du fluide en kg/s, de la chaleur massique et de l'écart de température entre l'entrée chaude du fluide caloporteur et la sortie froide de celui-ci. La régulation va contrôler le point de fonctionnement en cherchant la puissance maximum instantanée fournie au ballon de stockage. Le réglage du débit dans l'installation actuelle se fait en dérivant une partie du flux directement de la sortie de la pompe vers son entrée, à l'aide d'une vanne trois voies.

### Le matériel

Le cœur de cette régulation est une carte à base d'un microcontrôleur dsPIC de Microchip, présenté ailleurs dans ce numéro. Un simple microcontrôleur aurait également suffi, car il n'y a pas de calculs nécessitant l'emploi d'un DSP dans cette application, mais le prix du dsPIC étant tout à fait raisonnable et la carte dsPIC développée étant la plateforme de base de plusieurs projets, celle-ci a été choisie pour le contrôle de la régulation solaire.

La carte de régulation solaire a été conçue afin de pouvoir être utilisée comme carte de commande universelle grâce à dix entrées/sorties tout-ou-rien (TOR, 0 ou 5 V), un afficheur à quatre lignes de 20 caractères, cinq

interrupteurs permettant des choix de fonctions ou menu et dix sorties 230 VAC. Le schéma électrique de la carte est présenté dans la **figure 2**.

Les sorties 230 VAC sont équipées d'un relais à semi-conducteur AQH3213 de Panasonic qui inclue un photocoupleur et un triac. Ce composant permet de commander des charges sur le réseau 230 VAC avec un courant de 1,2 A depuis une sortie de la carte dsPIC par l'intermédiaire d'un tampon à collecteur ouvert (de type 7406) capable de fournir le courant nécessaire au photocoupleur. Avec le modèle choisi, l'enclenchement de la charge se fait lors du passage par zéro de la tension secteur. Toutes les sorties 230 VAC sont protégées par des

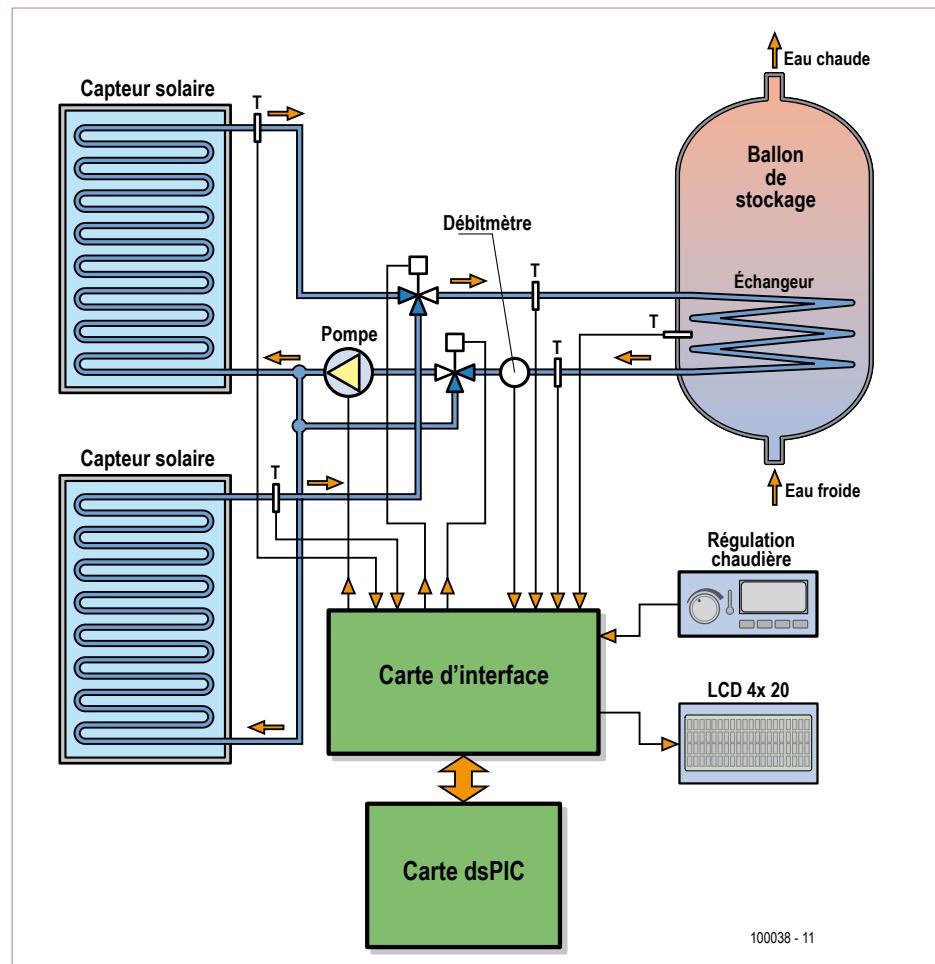


Figure 1. Voici un système solaire thermique à deux champs solaires. La régulation solaire a été conçue pour gérer des systèmes encore plus complexes.

## ÉNERGIE ALTERNATIVE

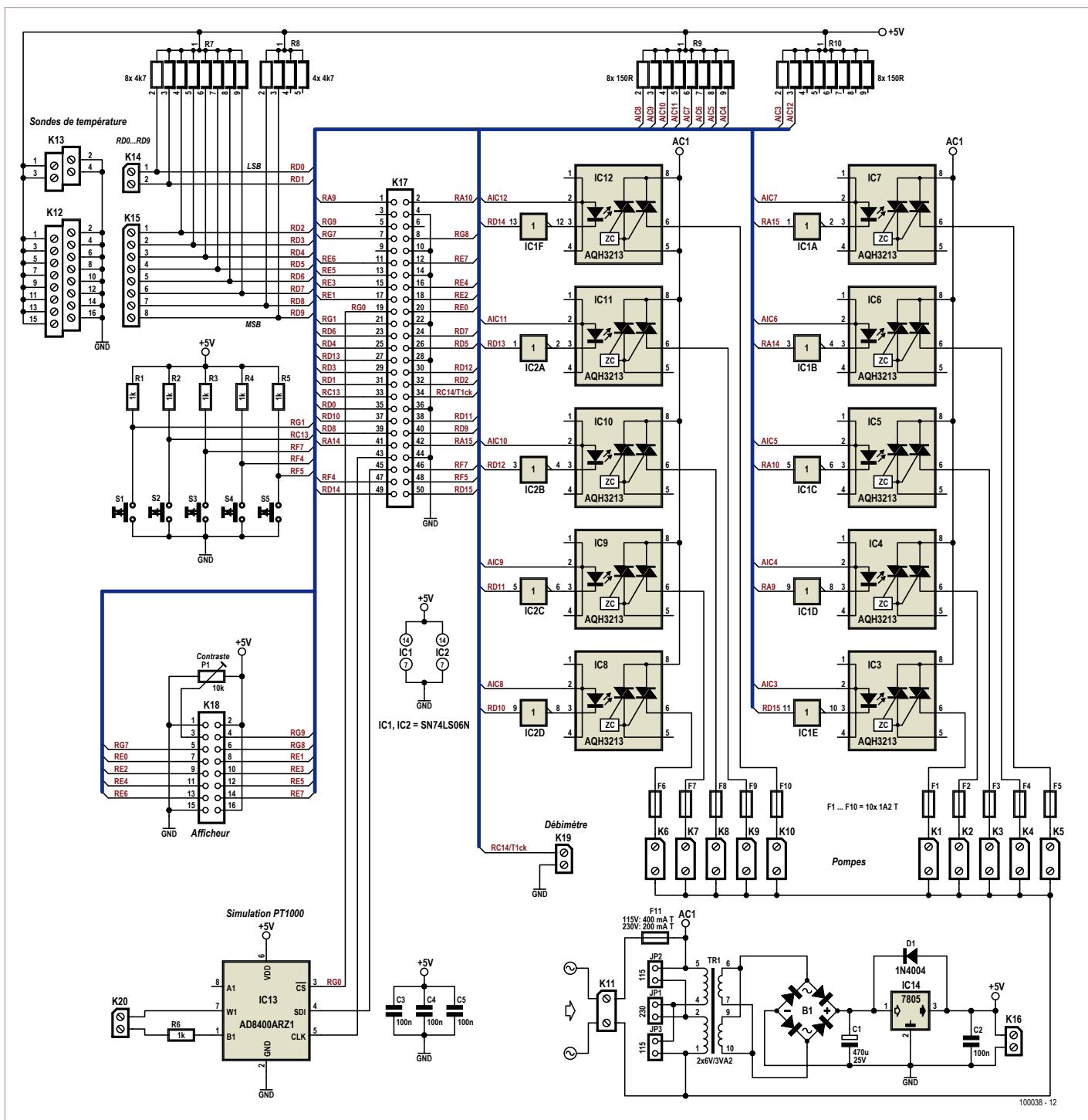


Figure 2. Ce circuit se veut être une carte pouvant être utilisée dans de multiples applications nécessitant des E/S numériques et des commandes d'appareils fonctionnant sur le réseau 230 VAC. La régulation d'un système solaire n'est qu'une application possible de cette carte.

fusibles 1 A.

Le capteur de débit choisi est le modèle 150175 chez Conrad [2], il fournit 80 impulsions par litre et peut fonctionner avec des débits allant de 0,5 à 50 l/min. L'entrée des impulsions du débitmètre se fait par l'entrée numérique RC14/T1CK du

micro qui permet de coupler cette entrée directement avec un compteur interne.

Les capteurs de températures utilisés sont des DS1821 de Maxim/Dallas. Ce sont des capteurs à interface unifilaire (1-Wire) qui fournissent une valeur numérique de la température entre -55 et +125 °C sur 8 bits. Le

choix de capteurs de température à semi-conducteurs pour une installation solaire peut sembler inopportun, car la température des capteurs peut dépasser les 200 °C en cas d'arrêt de la circulation du fluide caloporteur alors que le soleil est présent. Par contre, ce type de capteurs convient pour

## Liste des composants

### Résistances :

R1-R5 = 1 kΩ, 1 %, 250 mW, CMS 0805  
 R6 = 1 kΩ, 5 %, 250 mW  
 R8 = Réseau de 4 résistances 4,7 kΩ, SIL  
 R7 = Réseau de 8 résistances 4,7 kΩ, SIL  
 R9, R10 = Réseau de 8 résistances 150 Ω, SIL

### Condensateurs :

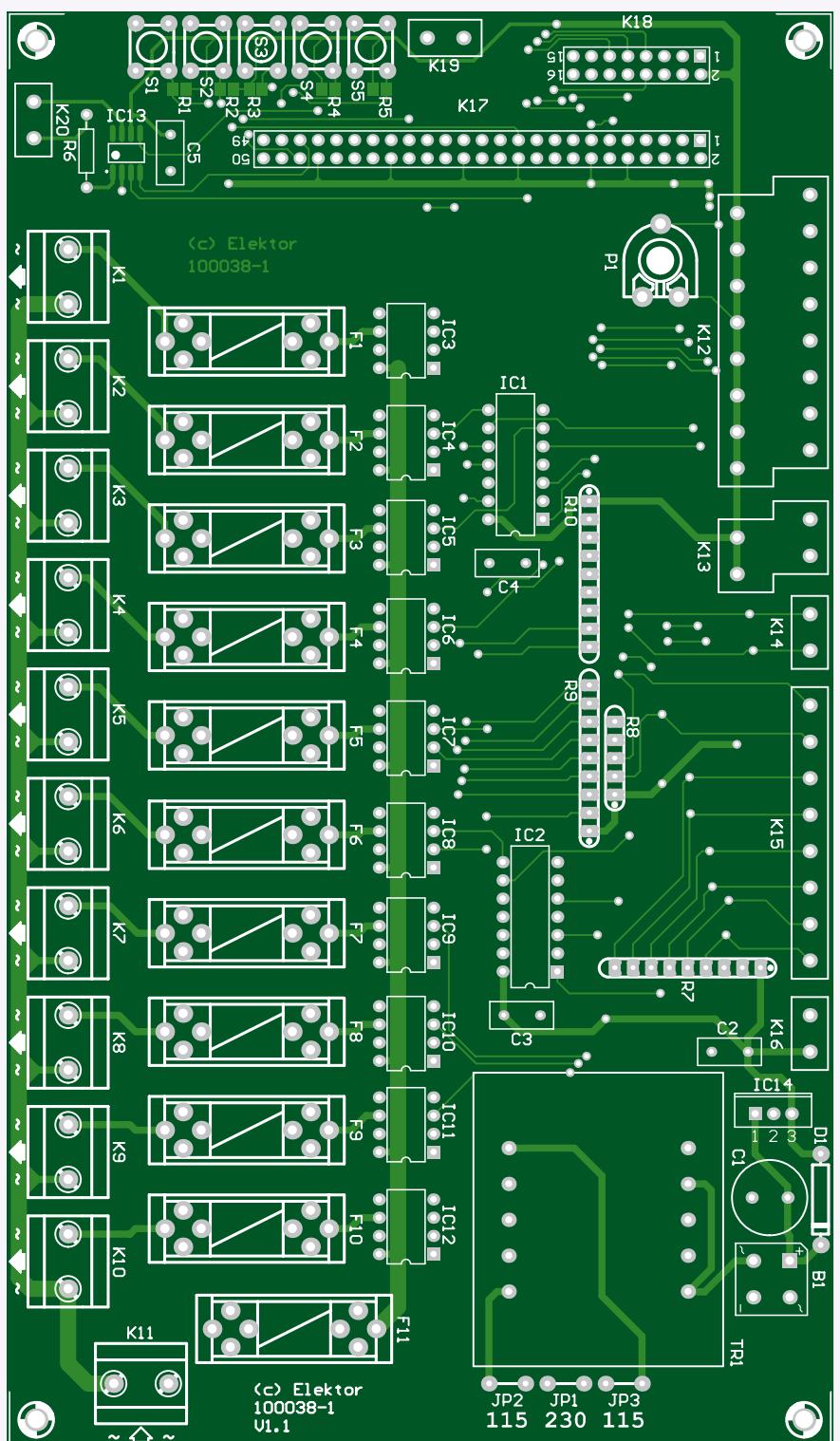
C1 = 470 µF / 25 V, Electrolytique, radiale, diam. 10 mm  
 C2-C5 = 100 nF, 5 mm

### Semi-conducteurs :

IC1, IC2 = SN74LS06N (Texas Instruments ou équivalent)  
 IC3-IC12 = Relais semi-conducteur AQH3213 (Panasonic)  
 IC13 = AD8400ARZ1 (Analog Devices)  
 IC14 = 7805  
 B1 = Pont redresseur, 1,2 A, 100 V, 1KA-B10EPBF (Vishay)  
 D1 = 1N4004

### Divers :

F11 = Fusible 200 mA/250 V lent, 5 x 20 mm  
 F1-F10 = Fusible 1,2 A/250 V lent, 5 x 20 mm  
 K1-K11 = Bornier à 2 voies au pas de 7,5 mm  
 K12 = Bornier à 4 voies double niveaux MKKDSN 1,5/8-5,08 (Phoenix Contact)  
 K13 = Bornier à 2 voies double niveaux MKKDSN 1,5/2-5,08 (Phoenix Contact)  
 K14, K16, K19, K20 = Bornier à 2 voies au pas de 5,08 mm (par exemple Farnell 3041440)  
 K15 = Bornier à 8 voies au pas de 5,08 mm (par exemple Farnell 3041517)  
 K17 = Connecteur à 50 contacts N2550-6002-RB (3M)  
 LCD1 = Afficheur alphanumérique 4 lignes x 20 caractères (EPS 050176-73)  
 P1 = Résistance ajustable 10 kΩ horizontale  
 S1-S5 = Bouton-poussoir, SPNO  
 TR1 = Transformateur, 3,2 VA, 2 x 6 V (par exemple Farnell 1131487)  
 11 supports pour fusibles 5 x 20 mm (par exemple Farnell 146123)  
 10 supports CI DIL-8  
 2 supports CI DIL-14  
 Platine 100038-1, voir [1]

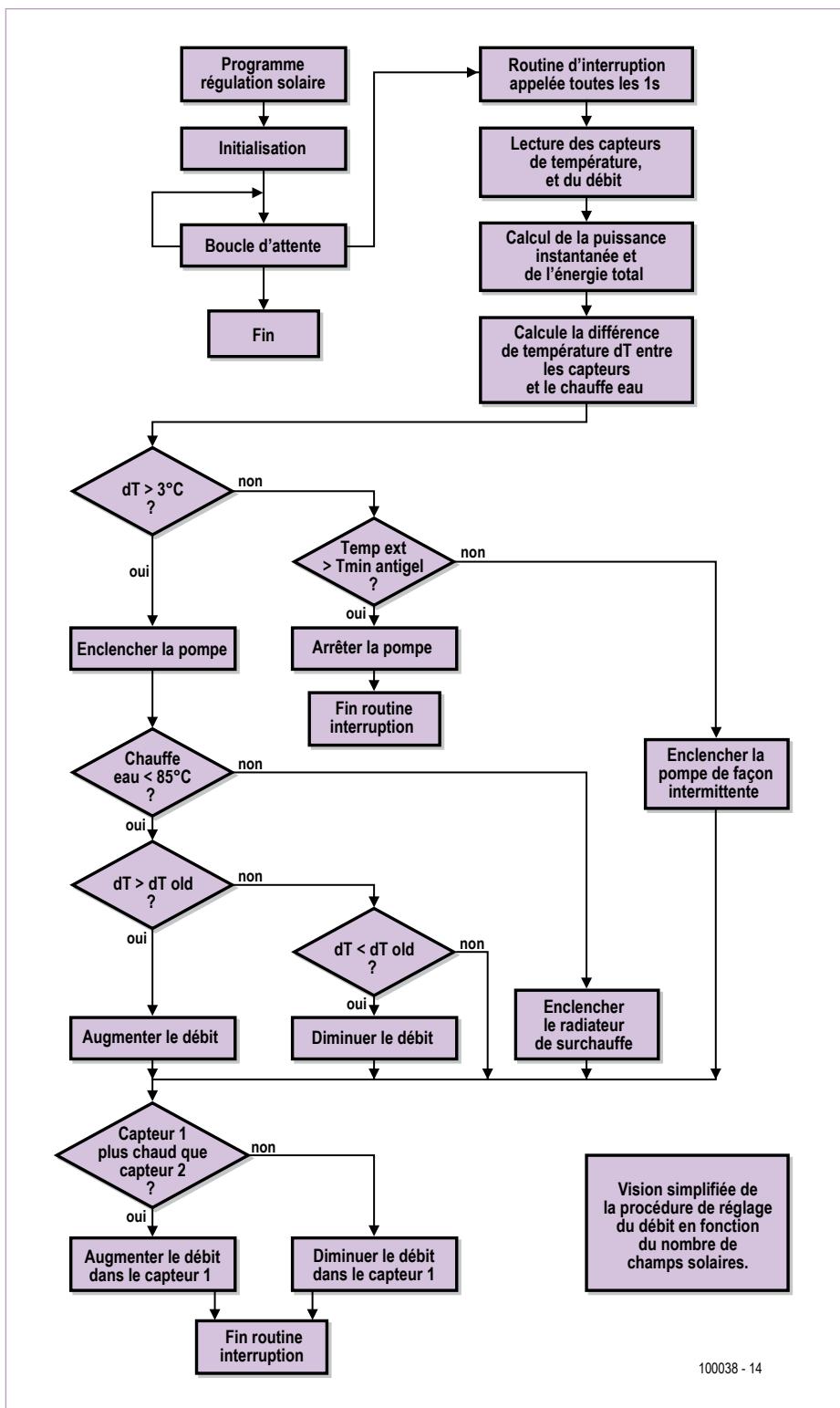


les installations dans lesquels la pompe de circulation fonctionne en permanence lors de l'ensoleillement. Pour éviter les températures trop élevées de l'eau chaude sanitaire, il faut prévoir alors un radiateur de décharge ou de chauffer une piscine avec l'excédent solaire ce qui est la solution généralement

retenue.

L'avantage de ce capteur de température est l'interface numérique, qui peut se faire directement avec n'importe quel port du micro. Le protocole 1-Wire définit des temps minimums et maximums de maintien à 0 de la sortie du micro pour que le

capteur l'interprète comme un 1 ou un 0. Le micro est le maître de la communication, il envoie une demande de lecture de la température, et le capteur envoie les valeurs en série au rythme du micro. Celui-ci descend brièvement la ligne à 0 à chaque demande du bit suivant. La communication 1-Wire



100038 - 14

Figure 3. L'organigramme du logiciel qui pilote la carte de régulation solaire.

permet de câbler aisément les sondes de température avec un câble à trois conducteurs : 0 V, +5 V et données. Les résistances de rappel des capteurs sont des résistances de 4,7 kΩ préconisées par le fabricant. Il s'avère cependant que pour des distan-

ces de communication supérieure à 15 m il faut réduire la valeur de cette résistance à environs 2 kΩ afin de garantir une forme de signal correctement interprétable. Un potentiomètre numérique AD8400 d'Analog Devices (IC13) permet de simuler

une sonde de température type PT1000. Cette sortie sert dans le cas où la régulation de la chaudière permet la commande d'une installation solaire simple et que la complexité de l'installation nécessite un autre régulateur pour le solaire. L'AD8400 connecté à la régulation du chauffage permet de simuler la température des champs solaires et évite ainsi l'enclenchement de la chaudière alors que le soleil est présent. La carte dsPIC utilisée pour le contrôle de cette régulation solaire comporte un connecteur à 20 contacts reliés aux entrées analogiques du micro. Ces entrées sont utilisables si on souhaite employer des capteurs analogiques standards moyennant la réalisation d'une carte de mise en forme des signaux délivrés par les sondes de température choisies.

La régulation actuelle mesure la température de trois champs solaires, la température du haut et du bas du ballon de stockage (chauffe-eau), de l'entrée chaude du fluide caloporteur provenant des capteurs et de la sortie froide du fluide caloporteur à la sortie du ballon et la température extérieure. La mesure de la température extérieure permet d'éviter que le fluide caloporteur ne se solidifie en cas d'absence de soleil et de froid extrême descendant au-dessous de la température hivernale habituelle. Lorsque la température descend en dessous de la température prévue pour le mélange eau/antigel, la pompe de circulation se met en marche sur un mode discontinu (10 s actif, 30 s inactif) afin d'éviter la solidification dans les conduites du fluide caloporteur, ce qui empêcherait le bon fonctionnement de l'installation lors du retour du soleil.

L'affichage à quatre lignes de 20 caractères permet de visualiser les différentes températures des capteurs, du ballon de stockage, du fluide caloporteur et de la température extérieure. Le débit et la puissance instantanée fournie par les capteurs sont affichés et l'énergie totale fournie par les capteurs solaires au ballon est comptabilisée.

Les cinq interrupteurs permettent de choisir le mode de fonctionnement de la régulation. Les modes implémentés sont :

- le mode automatique ;
- le mode radiateur de décharge/piscine qui actionne la vanne actionnant la mise

en service de la partie de l'installation correspondante ;

- le mode circulateur qui actionne ce dernier pendant 30 s afin de vérifier son fonctionnement.

En mode automatique le circuit passe en mode piscine lorsque la température du chauffe-eau dépasse 85 °C, le circuit du fluide caloporteur est dévié par une vanne trois voies vers un échangeur de chaleur sur lequel est raccordé le circuit d'eau de la piscine. Le mode piscine permet de chauffer la piscine alors que la température du chauffe-eau est encore inférieure à 85 °C.

L'alimentation du système (la carte dsPIC, les photocoupleurs des sorties 230 VAC, l'affichage et les sondes de températures) se fait par une alimentation réseau, via un petit transformateur 230 V/6 V, suivi d'un pont de diodes, d'une capacité de lissage et d'un régulateur linéaire.

commence par l'initialisation du micro et des variables. Le programme principal est implémenté dans l'interruption générée par le timer2. La fonction d'initialisation a été conçue de façon à pouvoir configurer aisément le micro en fonction de l'application souhaitée. Elle permet de configurer les E/S, les compteurs, les interruptions, et les conversions analogiques/numériques. L'interruption comprenant la partie réglage du système est appelée toutes les secondes, les variations des paramètres d'ensoleillement ne sont pas rapides, il n'est pas nécessaire d'avoir un contrôle plus rapide. Les températures et les contrôles principaux sont réalisés toutes les secondes, le réglage du débit et des vannes sont effectués toutes les trente secondes. Ce retard permet au système d'atteindre le nouvel équilibre après un changement de débit ou de réglage de vannes, avant de pouvoir effectuer une nouvelle correction si nécessaire.

température entre 5 °C et 10 °C entre les capteurs et le ballon les pertes dans l'installation devraient être proches du minimum possible. La recherche de l'optimum est surtout intéressante par un ensoleillement diffus. Si le débit est trop élevé, la température dans le capteur chute en dessous de la valeur d'enclenchement de la pompe et le fluide chauffé se refroidit dans la tuyauterie. Il faut trouver le débit permettant de maintenir une température suffisante sans occasionner d'arrêt fréquent. En cas de fort ensoleillement, le débit tendra vers le débit maximum.

Le programme inclut la détection de la température maximum du chauffe-eau. Si cette température est atteinte, la vanne qui dévie le liquide caloporteur vers l'échangeur de la piscine ou vers un radiateur de surchauffe est enclenchée. Le liquide caloporteur ne passe alors plus par le chauffe-eau.

## La recherche du maximum de puissance transmis au ballon de stockage se fait en régulant le débit.

### Le logiciel

Le programme réalisé est destiné à une installation solaire avec trois champs solaires, deux sont situés sur le toit plat d'un couvert à voiture orienté sud, le troisième est sur le pan de toit ouest de la maison. Le matin dès le lever du soleil les capteurs sur le couvert à voiture sont éclairés, l'ombre de la maison les recouvre progressivement à partir du début de l'après-midi. Ils sont à nouveau partiellement au soleil en fin d'après-midi en été, car le soleil réapparaît au nord-ouest derrière la maison. Depuis le milieu de la matinée jusqu'en fin d'après-midi les capteurs sur le toit orienté à l'ouest sont également éclairés. Les capteurs sur le toit plat sont connectés en série, mais deux sondes de températures ont été placées en fonction de l'ensoleillement des capteurs afin d'éviter qu'une partie du champ surchauffe alors que l'autre est à l'ombre. Une troisième sonde contrôle la température du champ solaire sur le toit ouest.

La séquence du programme (figure 3)

Le programme de l'interruption va lire les valeurs de température de chaque capteur, il lit la mesure du débit, puis il calcule la puissance instantanée fournie à l'installation et intègre l'énergie totale fournie à l'installation.

Les écarts de températures entre les champs solaires et le ballon de stockage sont calculés. Si un champ présente une température supérieure de 3 °C au ballon, la pompe de circulation est enclenchée.

La vanne trois voies de répartition du fluide caloporteur entre les champs solaires sur le toit plat et le toit à l'ouest est commandée en fonction des écarts de température entre les différents champs. Le système cherchant en permanence à équilibrer les températures des champs solaires.

La recherche du maximum de puissance transmis au ballon de stockage se fait en régulant le débit. L'augmentation du débit va faire diminuer la température des champs solaires, en gardant un écart de

Lorsqu'il n'y a pas d'ensoleillement, cette vanne est également actionnée évitant ainsi la circulation par thermosiphon entre le chauffe-eau et les capteurs pendant la nuit.

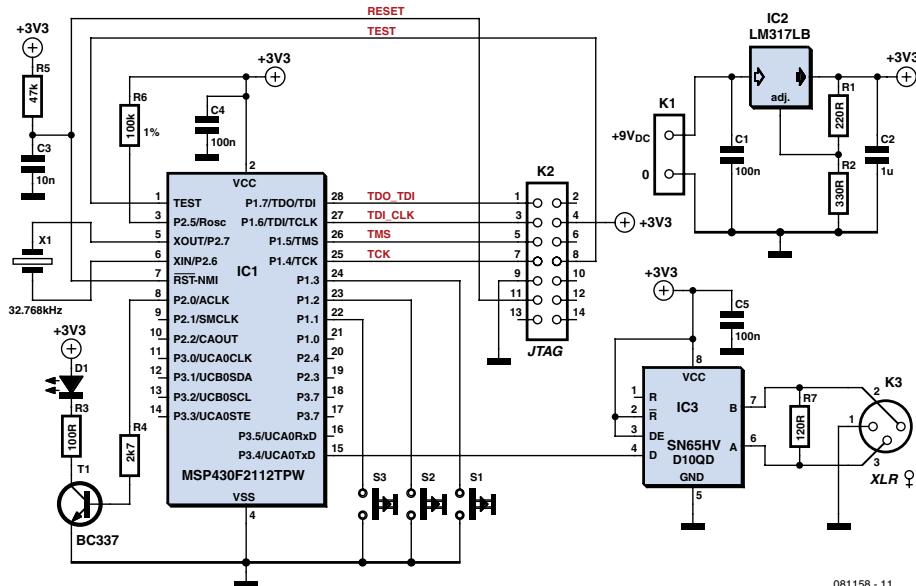
La température minimale du liquide caloporteur est comparée à la température extérieure. Si celle-ci tombe en dessous de cette valeur la pompe de circulation est actionnée par intermittence empêchant le gel du liquide caloporteur. Le circuit qui passe alors par l'échangeur de la piscine ou le radiateur de surchauffe ne crée pas de refroidissement du chauffe-eau.

(100038-I)

### Liens Internet

[1] [www.elektor.fr/100038](http://www.elektor.fr/100038)

[2] [www.conrad.fr/debitmetre\\_3\\_4\\_laiton\\_P\\_18925\\_18937\\_127855\\_127856](http://www.conrad.fr/debitmetre_3_4_laiton_P_18925_18937_127855_127856)



081158 - 11

## Émetteur DMX

Gerald Weis (Autriche)

Que l'événement soit imposant ou modeste, les effets lumineux sont toujours appréciés. Avec un projecteur de poursuite, on peut par exemple faire apparaître le logo d'une firme ou un dessin particulier sur un mur ou au plafond. Ces effets lumineux variés sont commandés par un protocole largement répandu, le DMX, auquel de nombreux logiciels pour PC sont dédiés. Cependant, il faut y consacrer un bloc-notes électronique ou un PC et l'installation du matériel USB/DMX représente encore un surcroît de dépense. Aussi, l'auteur s'est-il construit un émetteur DMX indépendant que l'on peut aisément configurer avec trois boutons.

Le circuit compact se base sur un contrôleur MSP430F2112 de TI et comme pilote DMX, c'est au trancepteur RS485 du type SN65HVD10QD du même constructeur qu'il est fait appel (entre nous, on peut obtenir les deux puces à titre d'échantillons).

Pour le reste, il faut encore une petite platine, une prise XLR femelle, trois boutons et une poignée de condensateurs et de résistances.

La mise en œuvre du MSP430 avec interface JTAG est classique, vous trouverez par Internet [2] toutes les informations sur ce contrôleur. Sur le schéma figure un quartz, mais on peut aussi s'en passer puisque le MSP430 dispose d'un oscillateur interne. Mais alors, il importe de le régler avec précision, c'est le rôle de la résistance (également présente sur le schéma) R6 = ROSC. La fiche technique du contrôleur [3] indique les valeurs correspondantes. Comme vérification, il est pratique de prévoir un picot d'accès pour mesurer la fréquence de l'oscillateur interne.

La broche de port P2.0 attaque une LED qui signale l'émission. Vous trouverez aussi sur Internet toutes les informations souhaitées à propos du pilote DMX (IC3) et de son brochage [4].

L'auteur a écrit un micrologiciel pour le contrôleur, reste à l'adapter à l'appareil DMX que vous utilisez. Le fichier du code source en C de ce logiciel, vous pouvez le télécharger de la page de projet concernant cet article [5], quant à l'environnement de développement nécessaire, IAR Kickstart Edition, il est également disponible sur le site d'Elektor [6].

Le code d'initialisation de l'interface serielle, on peut l'obtenir sur le portail de TI. Le logiciel peut adresser jusqu'à 25 canaux DMX. La scrutation des boutons et l'émission des données DMX s'opèrent par le jeu d'interruptions (dans l'exemple de micrologiciel de l'auteur, il y a la configuration d'un bouton qui déclenche un mouvement de « tilt » de la tête mobile du MH-640 de Futurelight, les autres boutons n'ont pas encore de fonction attribuée).

Comme tout projet, celui-ci laisse place à des améliorations. Si c'est l'oscillateur interne du MSP430 qui est utilisé, il est possible de prévenir la dérive en température qui risque de déranger la vitesse du bus DMX. On y arrive en mesurant la température au moyen d'une diode intégrée dans le MSP430 pour corriger l'erreur. Si vous êtes intéressé, que vous souhaitez faire progresser le projet, n'hésitez pas à contacter l'auteur par le lien [7] !

(081158-I)

### Liens Internet

- [1] [fr.wikipedia.org/wiki/DMX\\_\(%C3%A9clairage\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/DMX_(%C3%A9clairage))
- [2] [www.ti.com](http://www.ti.com)
- [3] [focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2112.pdf](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2112.pdf)
- [4] [focus.ti.com/docs/prod/folders/print/sn65hvd10.html](http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/sn65hvd10.html)
- [5] [www.elektor.fr/081158](http://www.elektor.fr/081158)
- [6] [www.elektor.fr/081041](http://www.elektor.fr/081041)
- [7] [hihi85@gmx.at](mailto:hihi85@gmx.at)

# Hexadoku

## Casse-tête pour électroniciens

Place à la détente !

Alors, laissez la tondeuse ou le fer à souder de côté et libérez un peu de temps pour remplir cette nouvelle grille. Seriez-vous capable de mettre les bons chiffres dans les bonnes cases ? Envoyez-nous votre solution et peut-être gagnerez-vous l'un des quatre chèques-cadeaux Elektor mis en jeu.

Les instructions pour la résolution de ce jeu 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

### Participez et gagnez !

Nous tirerons au sort l'une des réponses internationales correctes qui nous seront parvenues ; son auteur recevra un chèque-cadeau Elektor d'une valeur de 100 €. Nous offrons en outre 3 chèques-cadeaux Elektor d'une valeur de 50 € chacun.

Faites travailler vos méninges !

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 la grille et en définissent ainsi sa situation de départ. La solution de ce casse-tête vous permettra de gagner jolis prix. Il vous suffit de nous envoyer la **série de chiffres** en grisé.

### Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres de la section grisée) avec vos coordonnées par courriel, télécopie ou courrier avant le **1<sup>er</sup> juin 2010** à :

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

### Les gagnants

La solution du Hexadoku du n° 381 (mars) est : **51E7A**

Le gagnant du **chèque-cadeau Elektor** d'une valeur de **100 €** est : Jan SCHOUBO (Danemark).

Les 3 chèques-cadeaux Elektor d'une valeur de **50 €** chacun vont à : Paul KIRSCH (Luxembourg),  
Laurence HAMELIN (France) en M. KOPPE (Pays-Bas)

Nos félicitations aux lauréats !

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

(c) PZZL.com

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

Tout recours est exclu de même que le sont, de ce jeu, les personnels d'Elektor International Media B.V. et leur famille. Un seul gagnant par foyer.

# CO<sub>2</sub>-mètre mobile

## Un suivi du CO<sub>2</sub> dans l'habitacle

**Chris Vossen (Labo d'Elektor) & Thijs Beckers (Rédaction Pays-Bas)**

Si le CO<sub>2</sub> n'est pas dangereux de prime abord, il peut entraîner assez vite une baisse de l'attention. Et du même coup, dans certaines circonstances, mener à des situations périlleuses, pendant la conduite d'une voiture, par exemple. Pour en être averti à temps, nous avons développé un appareil mobile de mesure de la concentration en CO<sub>2</sub>.



## Caractéristiques techniques

- Fonctionne sous 12 V (sur prise d'allume-cigare)
  - Presque prêt à un fonctionnement immédiat
  - Avertit par LED de trop hautes concentrations en  $\text{CO}_2$
  - Capable de mesurer jusqu'à 3 000 ppm de  $\text{CO}_2$

L'instrument de mesure du CO<sub>2</sub> que nous avons publié dans le numéro de janvier 2008 se porte encore très bien (merci pour lui). Pourquoi donc une nouvelle conception ? Nous pouvons répondre avec autant de simplicité que de limpidité. Dans l'article précédent, il est apparu, entre

autres, qu'une teneur trop élevée en CO<sub>2</sub> dans l'air respiré par un individu avait une influence néfaste sur son pouvoir de concentration. Dans quelle occupation quotidienne la faculté d'attention est-elle primordiale ? Exact ! Quand on roule en voiture. Il nous fallait donc un appareil adapté à une utilisation mobile.

L'ancien appareil répondait bien à cette exigence au point de vue des dimensions, mais

il contrainait à passer par une phase de préchauffage et d'étalonnage de deux heures, ce qui n'est évidemment pas pratique dans une auto quand on veut y embarquer et démarrer aussitôt.

## Principe de mesure

Comme c'était le capteur utilisé qui obligeait à cette longue attente pour arriver à température, il fallait donc en changer et nous sommes partis à la recherche d'un capteur plus rapide. Nous l'avons trouvé ! Il s'agit du ZG01 du fabricant taïwanais ZyAura [1] (cf. **figure 1**).

Ce capteur utilise une technique de mesure de l'absorbance dite NDIR pour *Non-Dispersive InfraRed absorption* (voyez aussi à ce sujet [2] et [5]). Elle se base sur le fait que le CO<sub>2</sub> présent dans l'air absorbe les radiations infra-rouges d'une longueur d'onde spécifique de 4,27 µm pour mesurer sa concentration dans un mélange gazeux. En remplissant du gaz à mesurer un « tunnel » d'une longueur connue, on peut mesurer avec précision, au moyen d'un capteur approprié et d'une source de rayonnement, le coefficient d'extinction et en déduire la teneur en CO<sub>2</sub> du gaz.

Vu que la concentration normale en  $\text{CO}_2$  est assez basse dans notre atmosphère et,

on peut l'espérer, dans l'habitacle d'une voiture, il faut un chemin optique relativement long pour réaliser une mesure précise. En conséquence, les capteurs adéquats sont généralement assez encombrants et l'optique de haute qualité nécessaire est d'un prix élevé. ZyAura a réussi à fabriquer un capteur de  $\text{CO}_2$  par NDIR relativement compact et d'un prix abordable, parfaitement qualifié pour réaliser notre projet.

## Un capteur « intelligent »

Ce capteur convient pour des concentrations en CO<sub>2</sub> comprises entre 0 et 3 000 ppm (parts par million), comme l'indique le tableau des caractéristiques techniques. La teneur moyenne en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère qui nous environne s'élève à environ 400 ppm. Des valeurs supérieures à 3 000 ppm, à fortiori dans une auto, sont indésirables et peuvent conduire à des situations dangereuses, comme vous pouvez le voir dans le tableau : Teneur volumique en CO<sub>2</sub> et effets.

L'électronique embarquée sur la platine du capteur nous épargne pas mal de boulot. La puce forgée (vraisemblablement un ASIC) pour la cause délocalise en fait toute la circuiterie de mesure et d'interface et envoie les données collectées vers l'extérieur sur

## Caractéristiques techniques du ZG01

Plage de mesure : 0 à 3 000 ppm / 0,3 %  
 Plage de température : 0 à 50 °C  
 Intervalle d'humidité : 0 à 95 %  
 Temps de chauffe CO<sub>2</sub> : <60 s  
 Récurrence de mesure : 7 s  
 Précision : +/- 50 ppm ou 5 % de la valeur mesurée

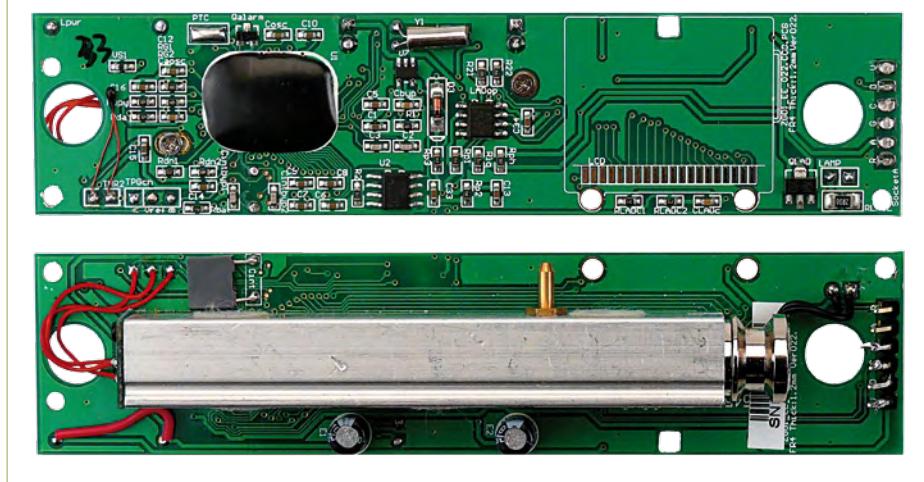


Figure 1. La platine du capteur est déjà équipée de toute l'électronique pour interpréter les données de mesure.

une liaison SPI. À côté du capteur de CO<sub>2</sub>, le module dispose aussi, aux fins d'étalonnage, d'un capteur thermométrique dont les mesures sont également disponibles sur le bus SPI.

En réalité, il ne nous reste plus qu'à afficher sur un écran les données transmises. Pour ce faire, nous utilisons un ATmega88 d'Atmel. C'est lui qui s'occupera de mettre à l'écran les mesures de la concentration en CO<sub>2</sub>.

### Schéma et conception de la platine

Maintenant que nous sommes bien fixés sur le matériel dont nous aurons besoin, nous pouvons jeter un coup d'œil au schéma de la **figure 2**. Comme la plus grosse partie du travail, l'électronique de la platine du capteur l'effectue, le schéma brille par sa simplicité.

Les données issues du bus SPI accèdent directement par K2 au microcontrôleur qui les envoie à l'affichage par K1 et, selon la valeur du CO<sub>2</sub>, il allume aussi l'une des LED D1, D2 ou D3. On peut programmer en circuit le microcontrôleur par l'intermédiaire de K3. Il faut bien sûr débrancher au préalable le module du capteur, puisque les deux se servent du même bus SPI.

Comme écran, nous avons choisi un modèle à deux lignes de huit caractères avec un contrôleur compatible HD44780, de sorte que nous puissions utiliser une bibliothèque « standard » butinée sur l'Internet. P1 nous servira à régler le contraste.

Pour l'alimentation, nous avons pensé à la tension de batterie de la voiture. L'électronique du capteur demande du 9 V, lequel s'obtient par un 7809 à partir de la tension de l'accu-

mulateur. Le microcontrôleur, pour sa part, requiert du 5 V et nous le lui fournissons à l'aide d'un 78L05. Les LED tirent aussi leur courant de ce 5 V. Comme sécurité contre l'inversion de polarité, nous avons ajouté D4.

Lors de la conception de la platine, nous avons tenu compte des dimensions de celles du capteur et du LCD. Tous deux peuvent se fixer sur la platine avec des entretoises, comme on le voit à la **figure 3**.

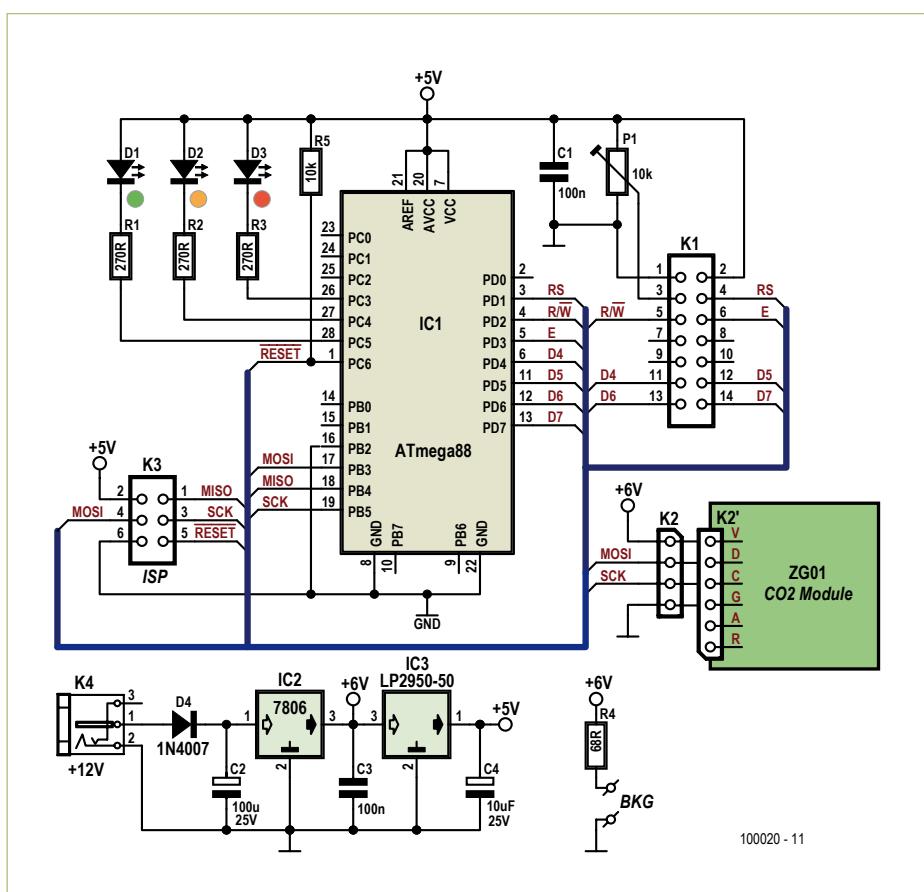


Figure 2. Le schéma est d'autant plus modeste qu'une bonne partie de l'électronique est intégrée sur la platine du capteur

## Fiche signalétique du CO<sub>2</sub>

Le CO<sub>2</sub> ou dioxyde de carbone, encore appelé gaz ou anhydride carbonique, est un gaz incolore et inodore, un peu plus lourd que l'air. Sa concentration moyenne dans l'air extérieur est d'environ 380 ppm (= 0,0380 % en proportion volumique). Dans les villes, cette teneur est plus haute, typiquement autour de 700 ppm. Dans les pièces fermées où il y a du monde, ces valeurs peuvent facilement s'élever très fort. Par exemple, l'air expiré en contient 4 à 5 % du volume, soit à peu près 30 ml par respiration. Comptons 16 respirations par minute et l'on arrive à 30 litres par heure. Dans un espace clos de 2 m<sup>3</sup> comme celui d'une automobile, la concentration en CO<sub>2</sub> va grimper en un quart d'heure de 0,05 % (500 ppm) jusqu'à 0,425 % (4 250 ppm). Mettez quatre personnes dans cet habitacle, la même valeur sera atteinte en quelques minutes à peine ! Vous verrez dans le tableau un synoptique succinct des propriétés du CO<sub>2</sub> à différentes concentrations.

La « toxicité » du CO<sub>2</sub> ne provient pas de la substance elle-même, mais plutôt du fait qu'à des concentrations élevées, à partir de 2 %, le CO<sub>2</sub> se dissout davantage dans le sang, lequel devient acide ; pensez à l'eau pétillante ou aux limonades gazeuses qui contiennent du gaz carbonique dissous pour leur donner un goût plus rafraîchissant. Le sang, ou plus précisément l'hémoglobine qui lui donne sa couleur rouge, ne peut plus capter autant d'oxygène, ce qui cause la suffocation. Le même effet se produit aussi lors d'efforts violents, on parle de l'acidification des muscles.

Mais la concentration en CO<sub>2</sub> ne doit pas se situer aussi haut pour avoir des effets nuisibles. À partir d'environ 800 ppm (0,08 %), l'odeur devient plus forte, les relents se perçoivent plus vite et plus intensément. Rappelez-vous quand vous êtes entré dans une salle de réunion souvent utilisée ou dans une classe mal ventilée après un examen.

### Teneur volumique en CO<sub>2</sub> et effets

Teneurs en CO <sub>2</sub>		Descriptions
en %	en ppm	
0,038	380	Moyenne mondiale
0,07	700	Atmosphère en ville
0,08	800	Sensation olfactive
0,14	1.400	Atmosphère en habitation
0,4	4.000	Maximum en classe
0,5	5.000	Valeur CMT* pour le CO <sub>2</sub>
2	20.000	Brièvement supportable
2,5	25.000	Début d'étourdissement chez les plongeurs
3	30.000	Début des difficultés respiratoires
4 – 5,2	40.000 – 52.000	Teneur dans l'air expiré
5	50.000	Étourdissement et évanouissement
6 - 8	60.000 – 80.000	Symptômes de paralysie
8 – 10	80.000 – 100.000	Dose létale

\* CMT (ou MAC) concentration maximum au poste de travail sur une période de 8 h

### Le logiciel

En raison du haut degré d'intégration du capteur, le logiciel pour le microcontrôleur reste très simple. Pour la commande de l'écran, nous avons téléchargé une bibliothèque sur la Toile. Après l'initialisation du matériel et

la désignation du contrôleur comme appareil esclave pour le SPI, on efface l'écran et le programme se met à tourner en boucle pour attendre l'arrivée d'une trame sur le bus (on reste dans la mobilité). Si la somme de vérification est correcte, l'écran affiche la tem-

pérature et la teneur en CO<sub>2</sub>. Il reste alors à déterminer quelle LED doit s'allumer. Mais si la somme de vérification n'est pas correcte, la trame est ignorée.

L'électronique du capteur transmet d'initiative toutes les 7 secondes une trame de données par le bus SPI vers le contrôleur, la valeur inscrite est ainsi rafraîchie au bout de 7 secondes. C'est bien assez vite pour notre application.

### Construction et utilisation

L'assemblage de la platine ne vous donnera pas de souci. Commencez comme d'habitude par souder les composants les plus petits (en hauteur), tels que les résistances, diodes, etc. Terminez avec les plus grands. La figure 4 vous montre la disposition des composants. Nous avons soudé avec du fil de câblage un connecteur à 4 bornes à brancher sur K2. Vous verrez à la figure 2 le brochage du connecteur.

Le tracé des pistes est disponible au téléchargement sur la page [3] dédiée à ce projet. Vous y verrez aussi qu'il existe une boîte de construction avec tous les composants nécessaires. Vous pourrez ensuite installer l'ensemble dans un boîtier, l'e-choppe vous en propose un [3], mais libre à vous d'en choisir un autre selon vos goûts personnels. De toute façon, il vous appartiendra d'y forer les trous requis et n'oubliez pas de prévoir des ouvertures en suffisance pour l'admission de l'air ambiant.

Dès la mise sous tension, l'électronique s'active. La température s'affiche directement à l'écran. Il faut une vingtaine de secondes avant que la mesure du CO<sub>2</sub> n'apparaisse : le capteur a besoin d'une petite période de chauffage.

Vous l'aurez compris, la concentration en CO<sub>2</sub> mesurée y est exprimée en ppm, alors que la température est en degrés Celsius. Pour éviter de distraire votre attention au volant, ce serait un comble, nous avons prévu un mode d'affichage simplifié au moyen de trois LED. La LED verte (D1) est allumée aussi longtemps que la teneur en CO<sub>2</sub> est inférieure à 1 000 ppm, ce qui est normal. L'orange (D2) s'allume entre 1 000 et 1 400 ppm, c'est déjà assez élevé, et la

rouge (D3) indique une valeur supérieure à 1 400 et là, il est préférable de prendre rapidement des précautions. C'est une situation qui peut facilement se produire lorsqu'il y a plusieurs personnes à bord de la voiture, la valeur est atteinte rapidement et même dépassée. Reportez-vous à l'article « CO<sub>2</sub>-mètre à l'essai » dans la rubrique Laboratoire (p. 46) du magazine du mois d'avril [4], dans lequel des valeurs de 1 700 ppm et plus n'étaient pas exceptionnelles.

On peut s'imaginer que, principalement pendant de longs voyages, avec l'élévation de la teneur en CO<sub>2</sub>, l'attention du conducteur peut en souffrir après un certain temps. Ce circuit tout seul ne vous tiendra bien sûr pas en éveil, mais il vous donnera au moins le contrôle d'un facteur de danger en vous invitant à ouvrir une fenêtre ou à augmenter d'un cran la ventilation intérieure.

(100020-1)

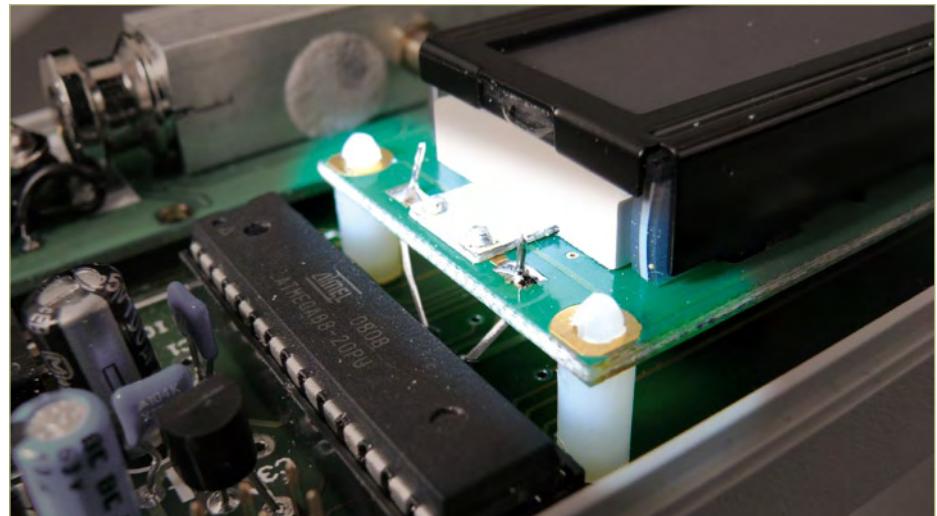


Figure 3. Le capteur et l'écran se montent sur notre platine à l'aide d'entretoises. Pour raccorder l'éclairage de l'écran (« A » et « K »), vous pouvez utiliser les chutes des fils de résistances

### Liens Internet

- [1] [www.zyaura.com](http://www.zyaura.com)
- [2] [en.wikipedia.org/wiki/  
Nondispersive\\_infrared\\_sensor](http://en.wikipedia.org/wiki/Nondispersive_infrared_sensor)
- [3] [www.elektor.fr/100020](http://www.elektor.fr/100020)
- [4] [www.elektor.fr/090981](http://www.elektor.fr/090981)
- [5] [fr.wikipedia.org/wiki/  
Spectrophotométrie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Spectrophotom%C3%A9trie)

## Liste des composants

### Résistances :

R1, R2, R3 = 270  $\Omega$   
R4 = 120  $\Omega$   
R5 = 10 k $\Omega$   
P1 = 10 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1, C3 = 100 nF  
C2 = 100  $\mu$ F/25 V  
C3 = 10  $\mu$ F/25 V

### Semi-conducteurs :

D1 = LED 5 mm verte  
D2 = LED 5 mm orange  
D3 = LED 5 mm rouge  
D4 = 1N4007  
IC1 = Atmega88-20pu  
IC2 = 7809  
IC3 = 78L05

### Divers :

K1 = embase à 14 picots de 14 mm  
K2 = embase à 4 broches  
Support à 4 contacts pour K2  
K3 = embase à 2x3 broches  
K4 = connecteur encartable pour adaptateur secteur  
1x LCD PC0802LRS-AWA-B-Q  
1x module IR ZG01  
Fil de câblage  
Platine EPS 100020-1, cf. [3]  
Kit complet avec tous les composants, le capteur et l'écran LCD : EPS 100020-71 (cf. [3])  
Boîtier EPS 100020-72 (cf. [3])

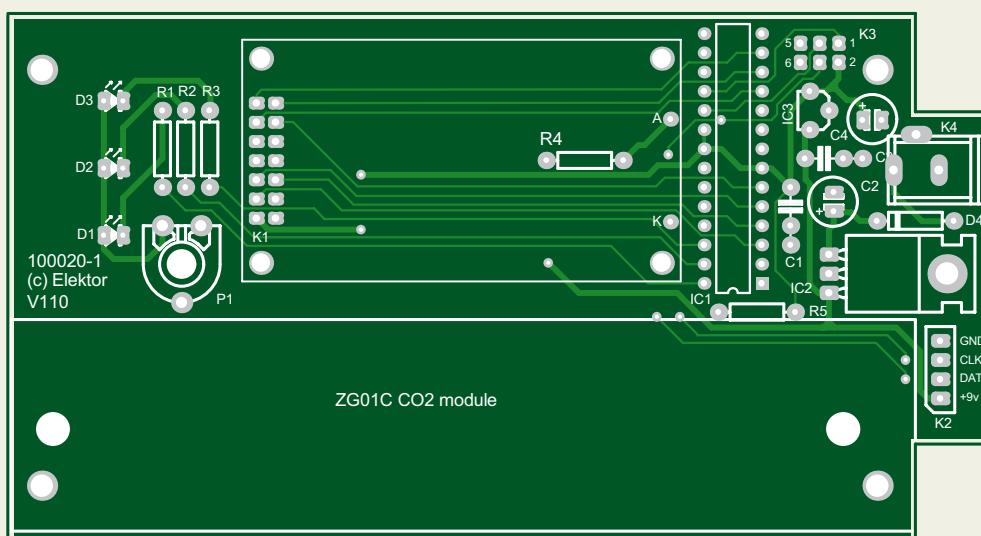


Figure 4. Dans la disposition des composants, on voit clairement la place réservée au capteur et à l'écran LCD. N'oubliez pas le réglage de contraste par P1.

# De l'énergie sous la main pour GSM, iPod et C<sup>ie</sup>

Harry Baggen (Rédaction Pays-Bas)

Que ne devons-nous pas transbahuter de nos jours, partout où nous allons ? Tous ces portables, mobiles et autres portatifs, nous en avons besoin, ils nous rendent service, mais au bout d'un temps, il faut pouvoir les recharger et on ne trouve évidemment pas une prise de courant à tous les coins de rue. Heureusement, il existe quantité d'autres sources d'énergie disponibles.

## Une corde à tirer

Yogen propose un *Universal Mobile-device Charger* qui utilise la force de la main pour générer de l'énergie. L'idée est vieille comme les chemins. Vous tirez sur une cordelette pour faire tourner une sorte de petit volant d'inertie qui entraîne une génératrice, le tout dans une boîte. Ajoutez-y un peu d'électronique pour stabiliser la tension et un cordon de raccordement pratique, avec différentes fiches, vous avez votre



générateur à main universel. On ne nous dit pas pendant combien de temps il faut tirer pour recharger à ras bord son téléphone portable ; d'ailleurs en changeant de main, ça ne donne pas de courant alternatif. Disponible sous boîtier transparent pour environ 50 \$. Existe aussi en noir.

[www.yogenstore.com/index.html](http://www.yogenstore.com/index.html)

## Rafale de vent

Rouler à vélo ou faire son jogging tout en produisant de l'énergie, c'est possible avec l'éolienne de *HYmini*. Vous fixez l'appareil à votre avant-bras ou sur le guidon de la

bicyclette ou du scooter. Selon la force du vent, l'accumulateur Li-ion incorporé de 1 200 mA se chargera plus ou moins vite, après quoi, vous pourrez en utiliser l'énergie pour recharger votre téléphone ou votre

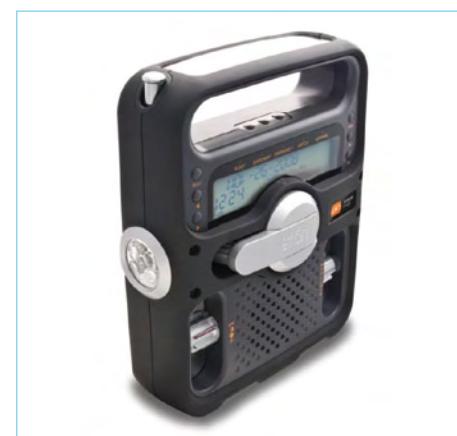


iPod. Et s'il n'y a pas le moindre souffle de vent, il vous reste la solution de remplir l'accumulateur par la prise de courant au moyen du chargeur qui l'accompagne. Disponible en trois couleurs, son prix se situe autour de 50 \$. Différents accessoires de montage sont livrables séparément.

[www.hymini.com/html/  
HYmini.html#detail\\_1](http://www.hymini.com/html/HYmini.html#detail_1)

## Radio multifonction

Il y a bien longtemps que l'on connaît les radios sans piles, sur lesquelles on produit l'énergie avec une manivelle, mais le *SOLAR-Link FR600* d'Etón est une exécution multifonctionnelle basée sur ce concept. L'énergie nécessaire à la radio, vous pouvez l'obtenir à la manivelle, d'un panneau solaire incorporé, de trois piles ou d'un adaptateur secteur. Elle est stockée à l'intérieur dans un bloc d'accumulateurs NiMH. Le récepteur MA/MF numérique dispose d'un écran pour le RDS et l'appareil peut aussi servir de lampe de poche. En outre, l'accumula-



teur interne peut recharger votre portable ou tout appareil portatif. Son pris avoisine les 80 \$.

[www.shopetoncorp.com/detail/  
ETO+NFR600B+BLK](http://www.shopetoncorp.com/detail/ETO+NFR600B+BLK)

## Mini centrale à hydrogène

*Hydrogen Power Station* de la firme *Horizon Fuel Cell Technologies* est la première centrale à hydrogène de taille réduite que l'on puisse se payer. L'hydrogène produit par énergie solaire est emmagasiné dans de petits réservoirs, appelés *Hydrostick*, aux dimensions d'une pile. Une fois remplis, ils





[http://shop.ecogadgets.com/index.php?cat=Eco\\_Torches\\_Lanterns&Actin cSID=df7232c6bab7b44952aef49dca6 35420](http://shop.ecogadgets.com/index.php?cat=Eco_Torches_Lanterns&Actin cSID=df7232c6bab7b44952aef49dca6 35420)

### Se promener, c'est la santé !

Avec le *nPower PEG*, vous pouvez recharger n'importe quel téléphone portable, lecteur MP3 ou autre appareil portatif tout en vous promenant. L'appareil, qui ressemble à une pipe avec un renflement au milieu, transforme l'énergie cinétique en électricité. Vous le fourrez dans votre sac à dos ou bien attachez-le à votre ceinture. Les balancements répétés du corps produisent, selon le fabricant du *nPower PEG*, *Tremont Electric*, assez de courant pour recharger votre portable rapidement. Un accumulateur de GSM normal acquiert en une heure jusqu'à 80 % de sa capacité nominale. C'est que l'appareil fournit environ 4 W. Vous pouvez déjà vous



même le flux d'air à l'aide d'une pompe à pied. Pratique pour le camping, puisque, avec ses dimensions restreintes, elle peut encore se loger quelque part dans un sac à dos ! Orange a présenté ce petit appareil l'an passé au Festival de Glastonbury où les visiteurs ont pu l'essayer. Pour ce que nous en savons, il n'est pas encore en vente.

[www.gotwind.org/orange\\_power\\_pump.htm](http://www.gotwind.org/orange_power_pump.htm)

peuvent s'introduire dans un générateur électrique du nom de *MiniPAK* qui fournit à peu près 2,5 W. L'hydrogène contenu dans un *Hydrostick* suffit à recharger à fond plusieurs fois un GSM. Ce serait une véritable aubaine si le prix d'achat de ce petit ensemble n'atteignait pas les 700 à 800 \$, soit plus de 500 € d'aujourd'hui.

[www.horizonfuelcell.com/electronics.htm](http://www.horizonfuelcell.com/electronics.htm)

### Lampe de poche à manivelle

Qui connaît la lampe de poche dynamo à manette ? Ce genre de lampe sur laquelle il fallait appuyer pour avoir de la lumière est actuellement disponible en version moderne à haut rendement. La lampe de plongée *Shark* est une lampe de poche étanche équipée d'une génératrice avec laquelle vous produisez du courant en manipulant une manette. Le luminaire est doté de quelques LED standard plus une puissante LED d'un watt, si bien que vous disposez d'une considérable quantité de lumière. Le fabricant prétend qu'il suffit d'une minute de manipulation pour charger dans l'accumulateur suffisamment d'énergie pour allumer la LED de 1 W pendant 20 minutes, une durée respectable ! Le prix : autour de 35 €.



inscrire sur le site du fabricant, mais la date à laquelle il sera disponible n'est pas encore connue. Son prix bien : environ 150 \$.

[www.greennpower.com](http://www.greennpower.com)

### Pompons pour remplir la batterie

La firme *Gotwind en Orange* a présenté l'année dernière une manière différente de recharger son téléphone mobile ou son iPod, la *Power Pump*. Il s'agit d'une petite éolienne sur laquelle vous produisez vous-



### Piles à l'eau

Le fabricant japonais *APS (Aqua Power System)* propose depuis quelques années des piles AA et AAA qui fonctionnent à l'eau, au jus, au café ou d'autres liquides. Si vous utilisez une de ces piles, remplissez-la de quelques gouttes de liquide et elle sera immédiatement prête à l'emploi. Selon le fabricant, vous pouvez la remplir une dizaine de fois. Maintenant, on en est à la deuxième génération de production des piles dites *NoPoPo* et, prochainement, des modèles D seront aussi disponibles. Il ne s'agit pas directement d'économie d'énergie, mais d'une solution différente. Elles seront peut-être proposées bientôt dans les magasins en Europe.

[www.aps-j.jp/english/index.html](http://www.aps-j.jp/english/index.html)



# Déclencheur photo-acoustique ultra-rapide



Photos : Markus Schilder

# Flash avec ATM18 et Minimod18

**Burkhard Kainka et Wolfgang Rudolph (Allemagne)**

Photographie et électronique font bon ménage. Comment se passer d'électronique pour photographier un événement rapide avec une résolution temporelle élevée ? Les idées de sujets ne manquent pas, qu'il s'agisse de fixer la chute d'une goutte dans un liquide ou le mouvement d'objets animés, par exemple.

Pour prendre une goutte d'eau en photo, il est indispensable de déclencher au bon moment et d'attendre. Il est donc nécessaire de disposer d'un événement déclencheur convenable et d'une temporisation.

Des essais avec une cellule photoélectrique se sont révélés trop compliqués, plus, en tout cas, que le déclenchement sonore finalement adopté.

Le microphone est un transducteur piézo-

lectrique qui, bien emballé, est posé directement dans l'eau ou encore en dessous du fond d'un réservoir élastique. La commande est confiée à la carte ATM18 avec le microcontrôleur ATmega88 et un programme

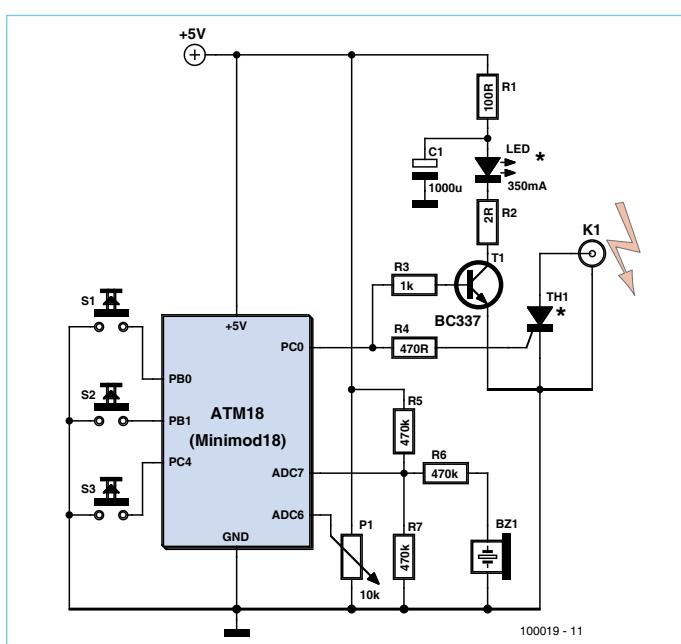


Figure 1. Le montage de déclenchement de flash avec un convertisseur piézoélectrique comme capteur de son ou de choc.

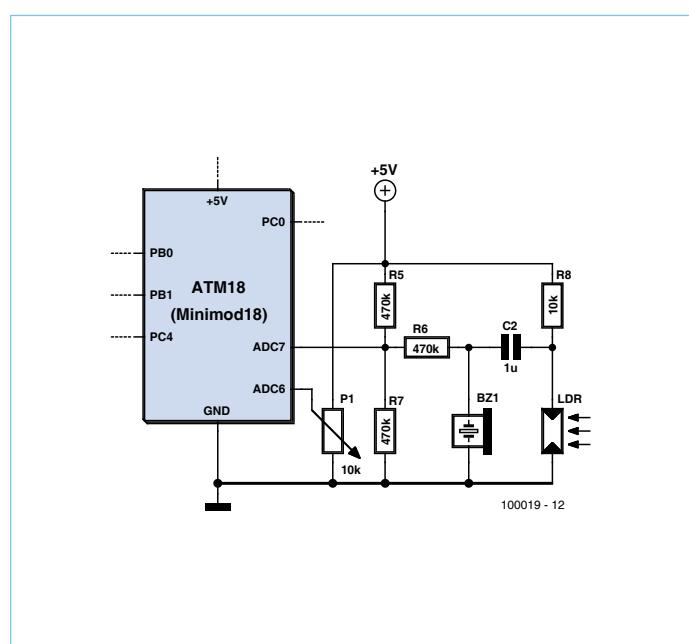


Figure 2. Vous pouvez également câbler une LDR en photocapteur complémentaire.

## Caractéristiques

- \* Commande de flash par signaux lumineux et sonores
- \* Commande de LED éclair et de flash (au choix par un thyristor ou un triac)
- \* Temporisation réglable du déclenchement jusqu'à 100 ms
- \* Un éclair ou une série de trois, au choix
- \* Fonction stroboscope
- \* Montage et microprogramme adaptés à la carte ATM18 et à Minimod18
- \* Programme en Bascom avec code source (donc modifiable et personnalisable)

rédigé en BASCOM. On peut, au choix, déclencher un seul éclair ou une série de trois. D'autres applications sont possibles : une fonction simple de stroboscope avec une série d'éclairs et temporisation réglable. La photographie n'est pas la seule intéressée par ces effets lumineux qui peuvent avoir d'autres fonctions. Le système vous sera utile si vous souhaitez procéder à des expériences scientifiques ou techniques ou en mettre plein la vue.

### Minicircuit

Comme le montre la **figure 1**, le port C0 (broche PC0) de l'ATM18 est utilisé comme sortie de commande d'une LED et d'un thyristor. Pour les premiers essais, vous pouvez utiliser l'éclair d'une LED de puissance de 1 W (Lumiled Luxeon, par exemple). Le condensateur électrolytique de 1000  $\mu$ F est chargé à 5 V à travers R1. Le transistor BC337, spécifié pour des impulsions d'intensité de 800 mA maximum, attaque la LED sans problème. Si le choix de R1 se porte sur une résistance de 100  $\Omega$ , la recharge du condensateur électrolytique prend environ 100 ms. Avec une plus faible luminosité, les éclairs peuvent se suivre à une cadence plus élevée. L'intérêt d'un flash à LED est qu'il ne demande pas d'alimentation supplémentaire, en particulier pas de haute tension. En dérivation sur l'étage à LED, PC0 est également relié à la gâchette d'un thyristor par l'intermédiaire de R4. Ce système pourra déclencher un « vrai » flash. Vous pouvez également l'utiliser avec de vieux flash à haute tension sur le déclencheur. Les appareils récents sont déclenchés par des tensions plus faibles, mais leurs caractéristiques varient considérablement. Avant de connecter un flash, recherchez des informations précises sur sa connexion. La tension de travail du thyristor utilisé doit être suffisamment grande et son courant d'amorçage faible (inférieur à 10 mA). La tension de blocage du TIC106D, composant courant, est, par exemple, de 400 V et son courant d'amorçage ne dépasse pas 0,2 mA. Avec un triac, vous pouvez aussi appliquer une tension négative sur l'entrée du flash. Notre montage utilise un triac 2N6073A (400 V) qui s'amorce également par l'intermédiaire de la résistance de gâchette de 470  $\Omega$  puisque le courant d'amorçage ne

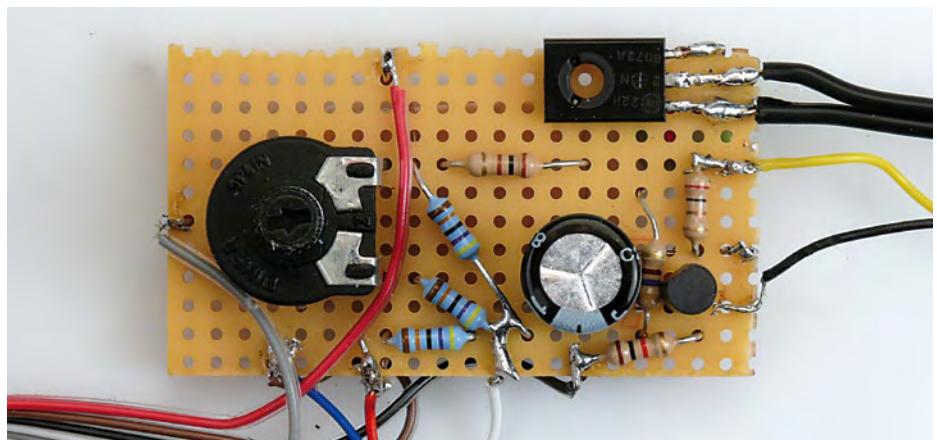


Figure 3. Montage du circuit complémentaire sur une plaquette d'essai.

dépasse pas 5 mA.

Pour compléter le schéma, le **tableau 1** donne la liste des broches du contrôleur utilisées. Le potentiomètre P1 de réglage de

fréquence ou de période (pour la temporisation du flash et le stroboscope) est câblé à l'entrée du convertisseur A-N, AD6, et le transducteur piézoélectrique sur AD7. Le

**Tableau 1. Les connexions de la carte ATM18 utilisées**

Connexion (carte ATM18)	réliée à
PB0	touche S1 (carte ATM18 K8/broc 1)
PB1	touche S2 (carte ATM18 K8/broc 2)
PC4	touche S3 (carte ATM18 K8/broc 3)
PC0	R3 et R4 (montage de flash)
AD6	P1 (montage de flash)
AD7	transducteur piézoélectrique (montage de flash)
+5 V (K4)	+5 V (montage de flash)
GND (K3)	masse (montage de flash)

**Tableau 2. Les liaisons à Minimod18**

Connexion (sur K1 du Minimod18)	réliée à
PC4 (broche 7)	touche S3 (externe, voir l'encadré sur Minimod18)
PC0 (broche 5)	R3 et R4 (montage de flash)
ADC6 (Pin3)	P1 (montage de flash)
ADC7 (broche 4)	transducteur piézoélectrique (montage de flash)
+5 V (broche 2)	+5 V (montage de flash)
GND (broche 9/10)	masse (montage de flash)

montage est également compatible avec le Minimod18 (voir **tableau 2**).

## Programme et utilisation

Les touches S1 à S3 sont destinées à appeler les fonctions de base du programme (voir le **listage**). Une pression d'une certaine durée sur S1 appelle le sous-programme « Strobo » et déclenche un stroboscope régulier à période réglable. La valeur du potentiomètre de temps collectée sur AD6 est divisée par 10 et délivre des temporisations qui peuvent aller jusqu'à 100 ms. La touche S2 appelle la routine « Trigger1 ». Le convertisseur A-N délivre ses résultats, jusqu'à 1023, sur 10 bits. Le programme tourne ici dans une boucle de détection d'impulsion sonore. La tension sur AD7 est de 2,5 V au repos et correspond à une valeur de 512. Le programme soustrait 512 à la valeur mesurée et tire la valeur absolue du résultat. La première impulsion peut donc être positive ou négative, ça n'a pas d'importance. Lorsqu'une impulsion sonore supérieure à 50 est mesurée, le programme quitte la boucle. La temporisation du flash suit alors avec l'impulsion d'éclair elle-même, d'une durée de 1 ms. Dès que la fonction de déclenchement est armée par une brève pression sur S2, le programme attend en principe un événement dans la boucle de consultation. Vous pouvez en sortir par une pression sur S1 qui relance à nouveau le stroboscope.

Appuyez sur S3 pour appeler le sous-programme « Trigger3 ». À la différence de « Trigger1 », « Trigger3 » produit une série de trois éclairs.

Il est préférable d'effectuer les premiers essais à sec, sans eau. Donnons un exemple de protocole : dans une pièce sombre, placez le dispositif d'essai (ATM18 avec montage connecté) sur votre table d'examen. Mettez le transducteur piézoélectrique sous un rouleau de brasure, par exemple, de façon à assurer un bon couplage acoustique avec la table. Laissez ensuite tomber quelque chose sur la table, un rouleau de ruban isolant, par exemple, de façon à déclencher le flash avec la temporisation réglée. Comme le rouleau rebondit un peu, il semble flotter dans l'air à cet instant. Vous pouvez jouer sur la temporisation de façon à régler la hauteur à laquelle il restera suspendu sur l'image.

## Listage

```
'ATM18/Minimod18 Flash Trigger and Strobelight

$regfile = "m88def.dat"
$crystal = 16000000

Dim Delaytime As Word
Dim Trigger As Integer

Declare Sub Strobo
Declare Sub Trigger1
Declare Sub Trigger3

Config Adc = Single , Prescaler = 64 , Reference = Avcc

Config Lcdpin = Pin , Db4 = Portd.4 , Db5 = Portd.5 ,
Db6 = Portd.6 , Db7 = Portd.7 , E = Portc.1 , Rs = Portc.2
Config Lcd = 16 * 2
Ddrc.3 = 1                                'R/W LCD = 0

S1 Alias Pinb.0
S2 Alias Pinb.1
S3 Alias Pinc.4
Out1 Alias Portc.0

Ddrc.0 = 1
Portb.0 = 1
Portb.1 = 1
Portc.4 = 1

Initlcd
Cls
Locate 1 , 1
Lcd "Minimod"

Do
    Locate 2 , 1
    Delaytime = Getadc(6)
    Delaytime = Delaytime / 10
    Lcd Str(delaytime) + " ms"                '0...102 ms
    Waitms 200
    If S1 = 0 Then Strobo
    If S2 = 0 Then Trigger1
    If S3 = 0 Then Trigger3
Loop

Sub Strobo
    Do
```

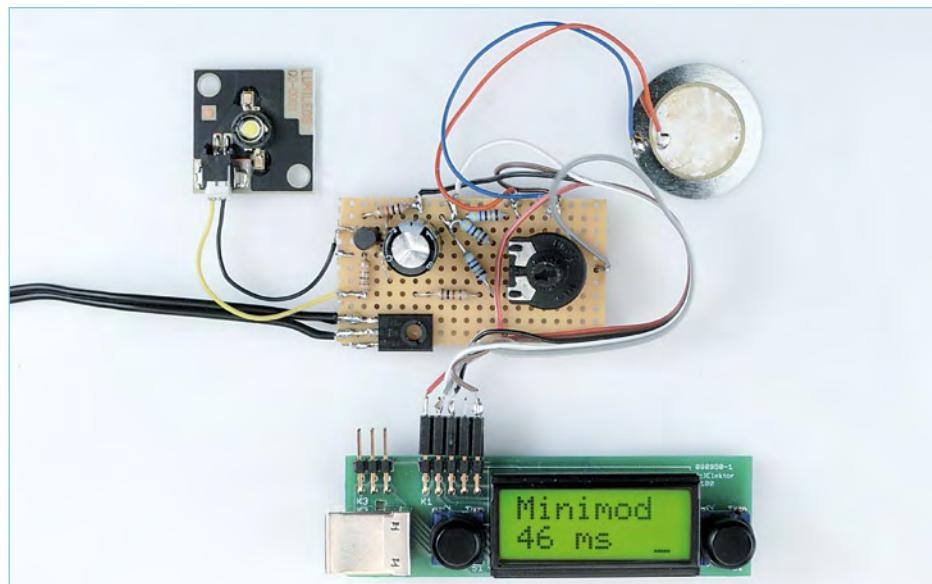


Figure 4. Les connexions du montage de déclenchement de flash sont accessibles sur une prise (barrette de 2x5 contacts) qui peut se connecter directement sur K1 du Minimod18.

```

Delaytime = Getadc(6)
Delaytime = Delaytime / 10          '0...102 ms
Out1 = 1
Waitms 1
Out1 = 0
Waitms Delaytime
Loop Until S1 = 1
End Sub

Sub Trigger1
Delaytime = Getadc(6)
Delaytime = Delaytime / 10          '0...102 ms
Do
  Trigger = Getadc(7)
  Trigger = Trigger - 512
  Trigger = Abs(trigger)
  If S1 = 0 Then Trigger = 200
Loop Until Trigger > 50
Waitms Delaytime
Out1 = 1
Waitms 1
Out1 = 0
End Sub

Sub Trigger3
Delaytime = Getadc(6)
Delaytime = Delaytime / 10          '0...102 ms
Do
  Trigger = Getadc(7)
  Trigger = Trigger - 512
  Trigger = Abs(trigger)
  If S1 = 0 Then Trigger = 200
Loop Until Trigger > 50
Waitms Delaytime
Out1 = 1
Waitms 1
Out1 = 0
Waitms Delaytime
Out1 = 1
Waitms 1
Out1 = 0
Waitms Delaytime
Out1 = 1
Waitms 1
Out1 = 0
End Sub

```

End

## Minimod18

Le montage et le logiciel sont conçus de façon à fonctionner aussi bien avec la carte ATM18 et Mega88 qu'avec le Minimod18 et son Mega328. Pour le Minimod18, les connexions nécessaires sont disponibles sur la barrette K1, sur ATM18, elles le sont autour du contrôleur (voir les tableaux 1 et 2). Attention toutefois, il y a quelques différences :

le Minimod18 dispose d'un afficheur à cristaux liquides et il aurait été dommage de ne pas en profiter. Le programme en Bascom peut ainsi afficher la temporisation réglée. Attention à la connexion R/W de l'écran qui est sur PC3 et n'est pas servie automatiquement par Bascom. Le programme doit la tirer à la masse. Sur l'ATM18 (sans afficheur), cette commande ne pose pas problème et tourne sans inconvénient dans le vide.

Les trois touches S1 à S23 sont reliées au contrôleur de l'ATM18 par des ponts de fil. Minimod18 dispose déjà de deux touches sur la platine. Le programme de déclenchement de flash les utilise comme S1 et S2. Si vous souhaitez la troisième touche, S3, connectez une touche externe en PC4.

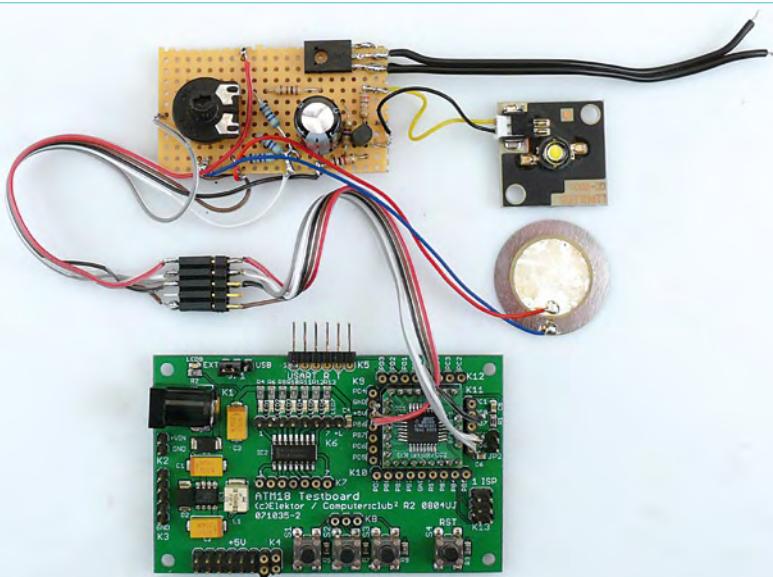
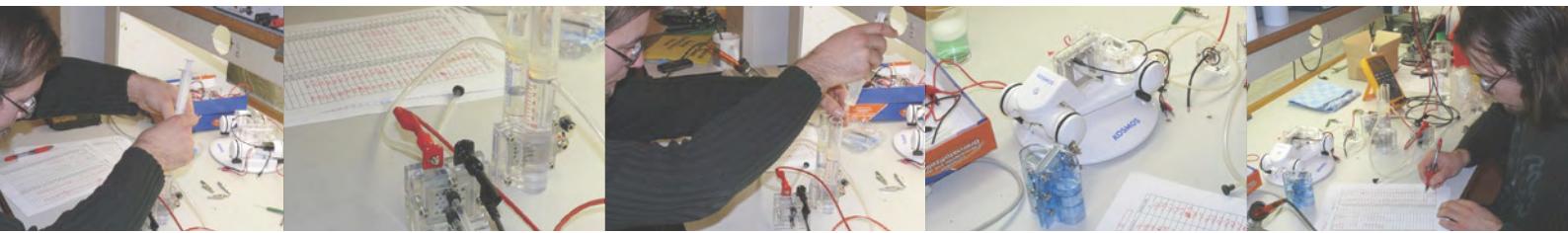


Figure 5. Les liaisons à la carte ATM18 s'établissent ici sur une barrette de 2x5 contacts qui s'adapte à celle du montage de déclenchement de flash.

## Expériences

On se prend vite au jeu et il est difficile d'arrêter les expériences après avoir commencé. Vous verrez, par exemple, qu'il peut également se révéler utile de déclencher le flash avec un détecteur optique. Utilisez une photorésistance (LDR), par exemple. Pour la solution proposée par la **figure 2**, le déclenchement se produit, comme avec le signal sonore, aussi bien sur une impulsion positive que sur une impulsion négative et n'exige en outre pas d'ajustage pénible du point de travail. Le point de travail, grâce au couplage effectué par l'intermédiaire d'un condensateur, se règle automatiquement. Le déclenchement réagit ainsi aussi bien lorsqu'une ombre passe sur la photorésistance (coupe d'un faisceau) que lorsque la luminosité augmente. Qu'un cambrioleur balaie le capteur de sa lampe de poche et votre appareil photo vous laissera son portrait en souvenir...

(100019-l)



# Énergie propre à l'hydrogène

## Piles à combustible en pratique

Thijs Beckers (Rédaction Pays-Bas)

Les solutions renouvelables pour l'énergie sont en vogue. Mais quel est le meilleur choix ? L'emmagerer dans de gros accumulateurs, créer des lacs pour des centrales hydrauliques, utiliser l'hydrogène ? Il n'y a encore aucune réponse indubitable. Pour les applications mobiles, l'hydrogène a le vent en poupe. Différents fabricants ont déjà un prototype de « voiture à l'hydrogène » qui roule. Voyons ce qu'on peut réellement faire de ces piles à combustible.

Sur toute la planète, la voracité en énergie n'arrête pas de gonfler. En 2008, la consommation énergétique mondiale s'élevait à 474 exajoules ( $474 \times 10^{18}$  J) [1]. Cela équivaut à une utilisation en permanence de quinze térawatts ( $15 \times 10^{12}$  W) jour après jour. On s'attend à ce que la demande en énergie dans le monde s'accroisse encore de 54 % entre 1995 et 2015. Ce sont principalement les pays asiatiques qui la tirent vers le haut avec une montée attendue de 129 %. Naturellement, il faut mettre cela en relation avec le fait que, dans les États comme la Chine et l'Inde, la consommation d'énergie par tête d'habitant est l'une des plus basses du monde et que dans ces pays, on prévoit une très forte expansion économique qui s'accompagne nécessairement d'une demande accrue en énergie.

Dans les pays occidentaux, la consommation énergétique par habitant est déjà fort élevée. C'est ainsi que les États-Unis par exemple prennent à leur compte environ 20 % de la consommation mondiale d'énergie, alors qu'ils ne représentent qu'à peine 5 % de la population de la Terre. L'industrie et le transport réclament d'immenses quantités de carburant. La plus grosse part provient du pétrole et du gaz, entre 80 et 90 %. Le reste est issu de l'énergie nucléaire et d'énergies renouvelables provenant de sources comme le vent, l'eau et le soleil.

### Combustibles fossiles

Le pétrole et le charbon sont, depuis le début de la Révolution industrielle (fin du XVIII<sup>e</sup> siècle), les principales sources d'énergie. Dans la vie de tous les jours, nous les utilisons pour le chauffage central, pour faire fonctionner le réfrigérateur, la télévision ou le PC et pour rouler en voiture. Tous ces consommateurs demandent de l'énergie produite principalement par des combustibles fossiles. Le chauffage central brûle du gaz naturel, les appareils ménagers marchent au courant des centrales électriques au charbon ou au gaz naturel et l'automobile roule à l'essence. Pratiquement toute la société repose sur l'énergie puisée dans les combustibles fossiles.

Pourtant, ces sources d'énergie sont temporaires par nature. Une fois que les puits de pétrole seront épuisés, les citernes de gaz vides, tout le charbon extrait... qu'allons-nous faire ? Avec cette question pressante en tête, de nombreux projets voient le jour et des recherches sont entreprises pour découvrir de nouvelles sources d'énergie. La fusion nucléaire froide, le rayonnement solaire, la biomasse, l'éolien et ainsi de suite.

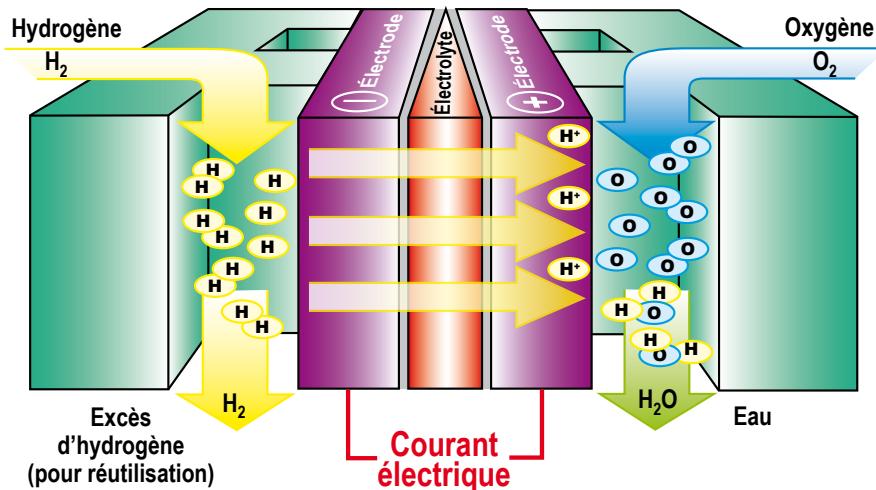
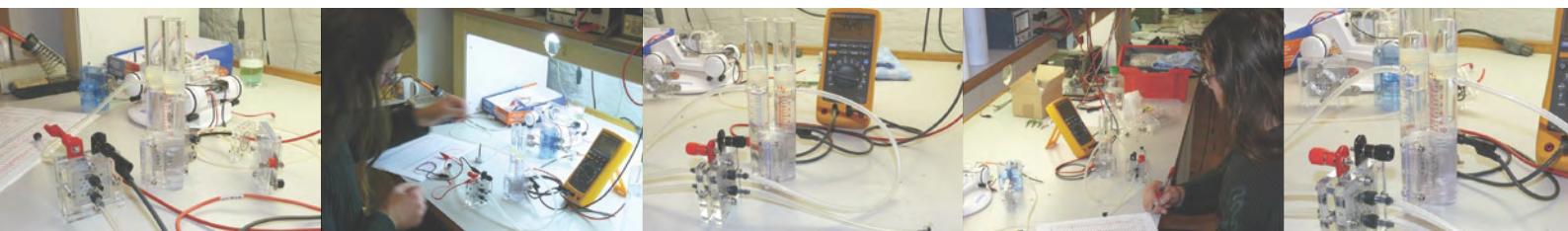
### Des remplaçants

En principe, la quantité d'énergie que le soleil irradie sur la terre suffit à satisfaire les besoins pour les centaines d'années à venir. Seulement la méthode pour convertir tout le rayonnement du soleil en énergie utilisable, personne ne la connaît. Les cellules solaires sont de plus en plus efficaces, mais leur production réclame toujours beaucoup d'énergie, laquelle provient majoritairement... des combustibles fossiles.

À côté de cela, il subsiste l'épineuse question du stockage de l'énergie renouvelable. Un exemple de méthode « verte » pour y arriver, c'est l'hydrogène. Il subsiste aujourd'hui encore pas mal de complications, mais on cherche tant et plus des solutions convenables pour l'emmagerer et une infrastructure adéquate pour utiliser l'hydrogène comme vecteur d'énergie.

### H<sub>2</sub>

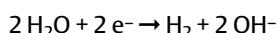
À l'état naturel, l'hydrogène se présente sous la forme d'une molécule constituée de deux atomes d'hydrogène, aussi appelée dihydrogène, de symbole H<sub>2</sub>. Il est gazeux à température ambiante et pression normale et pèse 0,084 gr/l. Il est donc 14 fois plus léger que l'air. C'est le plus léger et le plus petit de tous les éléments chimiques, ce qui fait qu'il traverse facilement les matériaux poreux et même les métaux tels que le platine. Il y a donc lieu de prendre des précautions particulières pour son entreposage. En mélange avec l'air ou avec le chlore gazeux, l'hydrogène est explosif ; mais à l'état pur, il se révèle très stable.



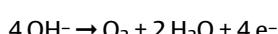
## L'électrolyse

On peut préparer l'hydrogène de différentes manières. La plus fréquente consiste à l'extraire de l'eau en le séparant de l'oxygène par l'intervention du courant électrique. Le procédé s'appelle l'électrolyse. Voici comme elle fonctionne. On place dans de l'eau, à laquelle on a ajouté un électrolyte, deux électrodes, l'une polarisée positivement par une source de tension externe, c'est l'anode et l'autre, négative, la cathode. Les électrodes sont faites d'un métal qui ne change pas sous l'effet de l'électrolyse, mais qui intervient comme catalyseur du processus. Couramment utilisé dans cette fonction : le platine. La superficie de l'électrode détermine dans une grande mesure la quantité d'hydrogène libéré.

L'électrolyse s'effectue en courant continu. Comme source, on peut employer une batterie ou un panneau solaire. On commence par ajouter dans l'eau un électrolyte comme le sulfate de soude ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) par exemple, qui fournit des ions de façon à permettre le passage du courant, puisque l'eau pure est très mauvaise conductrice. À l'anode (reliée au pôle positif), il se forme de l'oxygène ( $\text{O}_2$ ), et c'est à la cathode (négative) que l'hydrogène apparaît. En procurant des électrons à la cathode, la réaction suivante s'opère :



L'hydrogène dégagé monte dans le liquide et on peut le recueillir. On récupère le restant de la réaction côté anode. À cause du manque d'électrons (tension positive) la réaction suivante a lieu :



L'oxygène ainsi délié s'élève aussi dans le liquide et peut être capté.

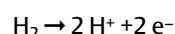
Pour la réaction du côté de l'anode, il faut deux fois plus d'ions  $\text{OH}^-$  qu'il n'en apparaît côté cathode. Pour chaque atome d'oxygène libéré, on obtient donc deux atomes d'hydrogène. Au total, la

réaction donne deux fois plus d'hydrogène que d'oxygène.

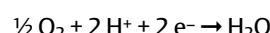
## La pile à combustible

La pile à combustible fait exactement le contraire de l'électrolyse. En inversant la réaction, on retrouve du courant et de l'eau pure. Pour que la réaction se produise, il faut de nouveau utiliser un électrolyte. Dans les piles à combustible, il s'agit d'une membrane spéciale. Les piles que nous avons examinées répondent toutes à l'appellation PEM, de *Proton Exchange Membrane*. L'avantage de cette sorte de cellules, c'est qu'elles fonctionnent à température ambiante. On a développé ces derniers temps des piles à combustible de beaucoup de genres différents qui travaillent dans d'autres conditions, certaines à des températures nettement plus hautes [2].

La membrane d'une pile PEM est faite de Nafion. C'est un polymère dont la structure moléculaire est si serrée que seuls les ions d'hydrogène peuvent la traverser. De part et d'autre de la membrane se trouvent des électrodes constituées d'une couche de carbone recouverte par vaporisation de platine. Le côté anode est continuellement approvisionné en hydrogène, le côté anode reçoit de l'oxygène. Les molécules d'hydrogène sont scindées en ions à l'aide du catalyseur de platine selon la réaction suivante :



Les électrons sont immédiatement capturés par l'électrode. Ils sont conduits à travers le circuit extérieur vers la cathode. Les ions d'hydrogène chargés positivement diffusent à travers la membrane vers la cathode où ils réagissent avec les ions d'oxygène libérés pour former de l'eau. En formule, cela donne :



C'est la cathode qui fournit les électrons nécessaires. La membrane



accouple donc de manière raffinée l'oxygène et l'hydrogène sans explosion ni même combustion apparente.

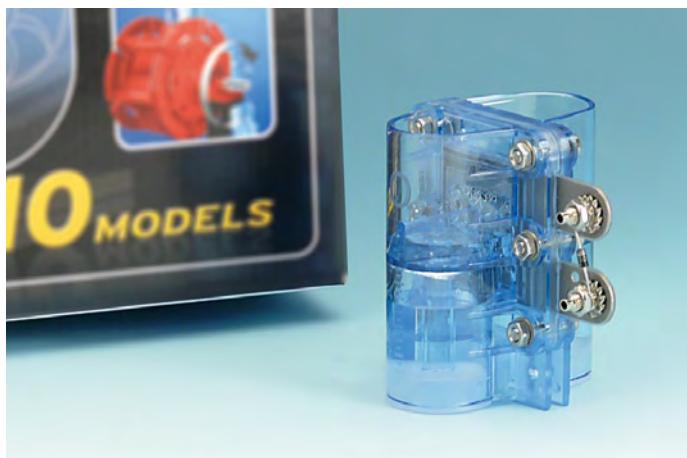
La tension ainsi générée se situe entre 0,6 et 0,9 V. Dans la plupart des cas, c'est trop peu pour être exploité. Raison pour laquelle on couple généralement plusieurs piles en série pour atteindre la tension souhaitée. Une surface suffisamment grande des cellules assure la capacité en courant.

### À essayer soi-même

Il est à présent possible de faire soi-même assez facilement des expériences avec les piles à combustible. On trouve sur le marché un certain nombre de boîtes de construction, principalement vouées à l'enseignement, grâce auxquelles on peut expliquer le concept d'énergie renouvelable. Nous avons examiné quelques-unes de ces boîtes d'expérience et vérifié ce qu'elles sont capables de faire. Attention : dans la plupart des cas, la pile à combustible n'est prévue que pour fonctionner avec l'ensemble proposé et pas pour d'autres expériences, sous peine de perdre le bénéfice de la garantie.

### Fischertechnik

Nous avons reçu de Fischertechnik [3] un *Hydro Cell Kit*. Il se compose d'une unité dans laquelle la pile à combustible PEM, l'approvisionnement en eau et le réservoir de gaz sont intégrés ; on y trouve encore un petit panneau solaire et différents accessoires de fixation.



Cette boîte est en réalité un complément de la panoplie *Oeco Tech Kit* de Fischertechnik, dans laquelle il y a 10 montages différents que l'on peut mouvoir par l'énergie solaire. En combinant les modules, on peut emmagasiner de l'énergie solaire sous forme d'hydrogène gazeux comme intermédiaire pour charger la pile à combustible. Cette combinaison illustre précisément ce qu'on attend d'une solution renouvelable à nos besoins presque insatiables d'énergie.

### Heliocentris

La firme Heliocentris [4] qui est spécialisée dans les piles à combustible nous a envoyé le *Dr. Fuel cell Science Kit*. Cette panoplie très copieuse est accompagnée de quatre livres pleins de théorie, exposés et manuels pour des expériences et des mesures ; elle se destine

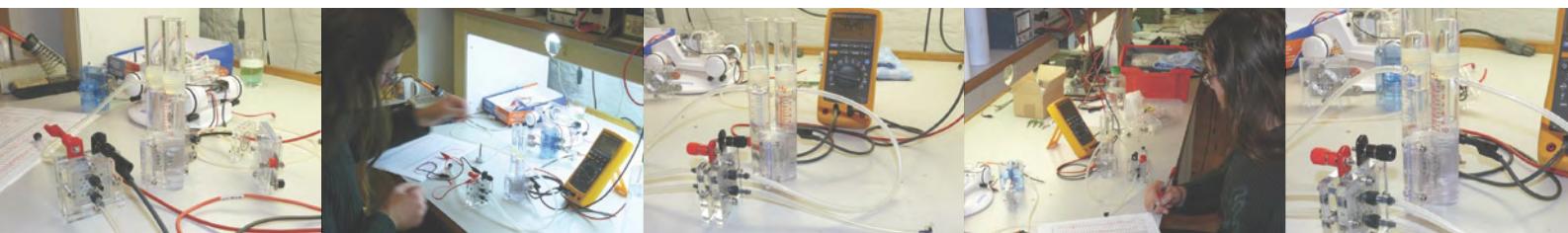


clairement à l'enseignement. Elle contient une unité spéciale pour l'électrolyse, une pile à combustible PEM à assembler soi-même et un appareil de mesure avec différentes charges. On y trouve aussi une pile à combustible au méthanol, mais nous ne l'avons pas reprise parmi nos échantillons de test. Cette boîte d'expérimentation contient tout ce qu'il faut pour se familiariser avec les moyens de développer l'énergie renouvelable.

### Eitech

La maison Eitech [5] nous a envoyé le *Construction Set C30*. Cet ensemble permet de construire, avec les explications voulues, trois montages à faire fonctionner sur une robuste pile à combustible PEM. La particularité de cette panoplie-ci, c'est de disposer d'un cylindre contenant 20 litres d'hydrogène gazeux, mais qui malheureusement ne peut être rechargeé que par le fabricant. Elle ne permet pas de produire soi-même l'hydrogène. Un petit livre expose brièvement et avec conviction comment l'ensemble fonctionne et, des caractéristiques techniques, nous pouvons déduire que cette pile à combustible est plus puissante que celles de tous les concurrents. En résumé, elle convient bien à l'expérimentation personnelle.





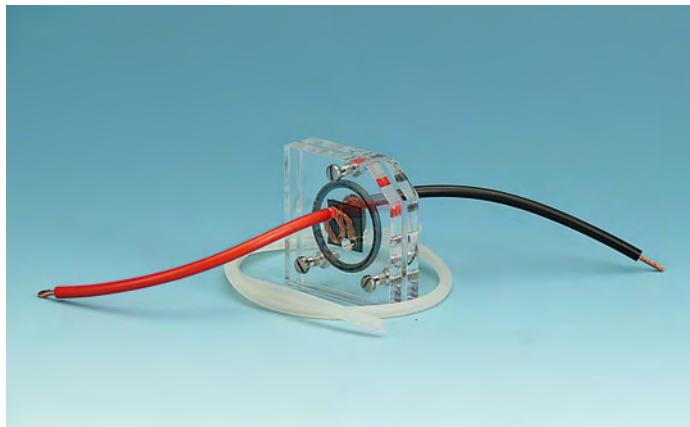
### Kosmos

La firme Kosmos [6] nous a livré la *Brennstoffzelle Classic* (pile à combustible Classic). Cette panoplie-ci contient elle aussi une pile à combustible PEM réversible, qui permet donc la génération d'hydrogène aussi bien que de courant. On l'utilise pour fabriquer le combustible destiné à faire rouler à l'hydrogène une auto miniature. Tout le nécessaire pour les expériences est compris, tuyaux, câbles, réservoir à gaz, multimètre et panneau solaire inclus. Dans le manuel de construction très détaillé, on explique également le fonctionnement de la pile à combustible et de la cellule solaire. Très instructif.

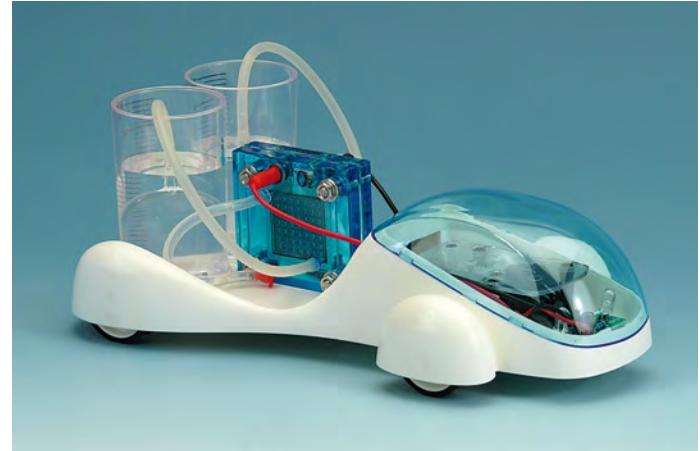


### Franzis

Le *Lernpaket Experimente mit der Brennstoffzelle* (Boîte d'étude expérimentale avec pile à combustible) de Franzis [7] contient les composants pour la fabrication d'une pile à combustible. Avec un minimum de patience, vous assemblez la petite pile en un quart d'heure.



Le combustible (l'hydrogène), il faudra le préparer vous-même, ce qui est expliqué dans le manuel, de concert avec un certain nombre d'expériences. La méthode est un peu moins académique et confortable, mais ça marche bien. C'est la pile à combustible la moins puissante. On s'aperçoit clairement que c'est l'exiguïté de la membrane qui en est la cause.



### Horizon

Nous avons également repris dans le test *Hydrocar* de *Horizon Fuel Cell Technologies*. Cet ensemble est comparable au point de vue de la construction à celui de Kosmos. La documentation est cependant un peu moins abondante.

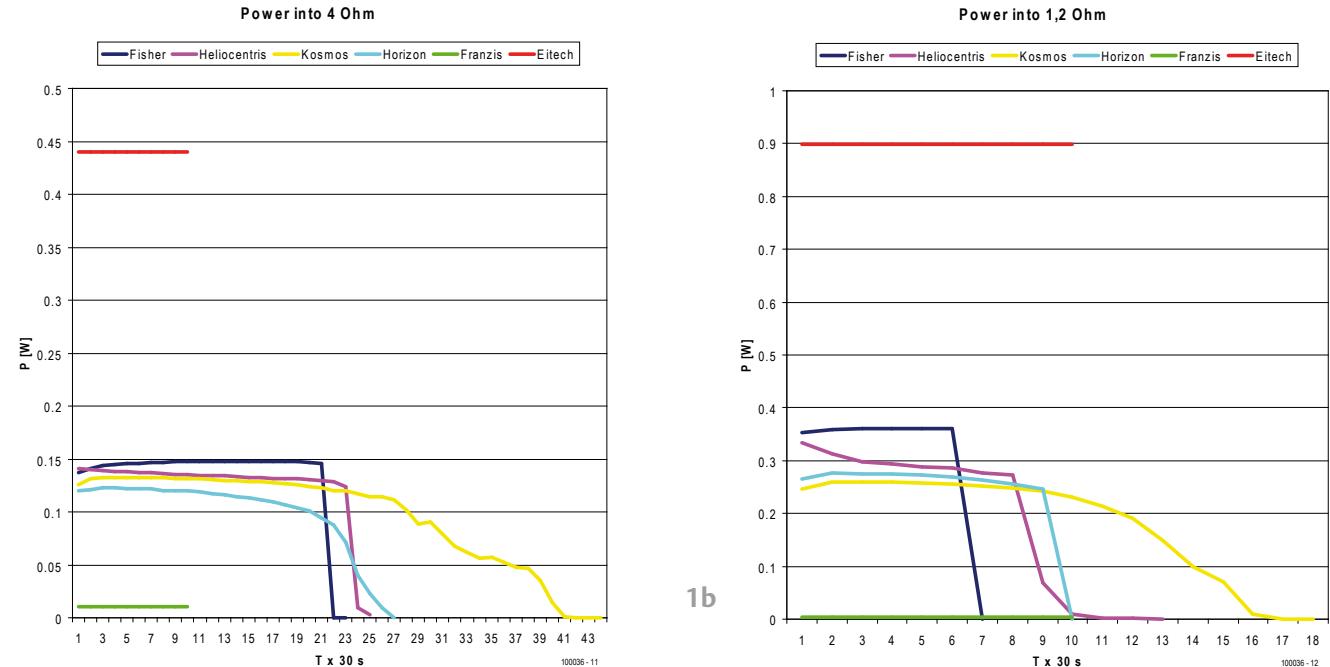
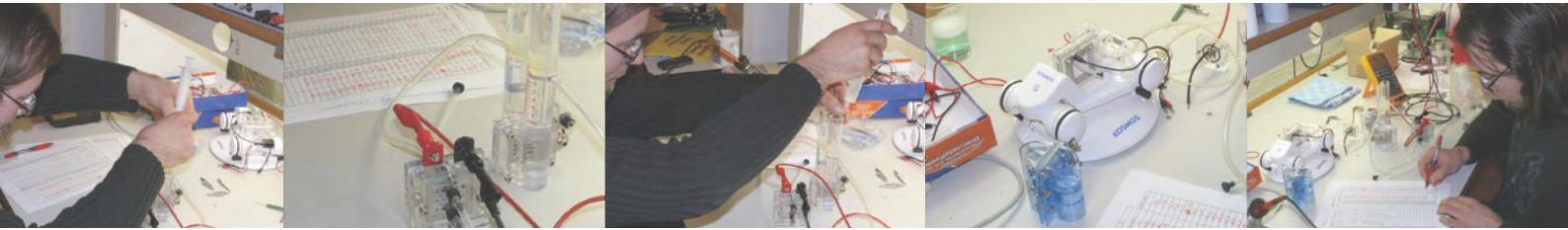
### Quelques mesures

L'intérêt majeur de la pile à combustible, c'est bien sûr ce qu'elle peut réellement délivrer. Pour le savoir, nous avons effectué quelques mesures pour déterminer les propriétés des piles à combustible et en présenter un synoptique. Nous avons donc branché les piles à combustible sur différentes charges pour nous faire une idée de la puissance qu'elles peuvent fournir.

Déterminer le rendement est plus difficile parce qu'il faut pour cela connaître avec précision la quantité totale d'énergie dépensée pour produire l'hydrogène. Certains ensembles exigent que les deux réservoirs ( $O_2$  et  $H_2$ ) soient complètement pleins pour obtenir la puissance maximale. Il arrive parfois que l'hydrogène produit soit plus volumineux que la contenance du réservoir. Il bouillonne alors hors de la cuve et se perd. La quantité d'énergie finalement utilisée ne peut donc pas être complètement récupérée dans tous les cas, ce qui pénalise le rendement.

Dans les **figures 1a et b**, nous avons représenté la puissance que chaque ensemble délivre au fil du temps (et donc de la diminution de l'approvisionnement). En raison de la basse tension que les cellules génèrent, les charges sont de faibles résistances. Dans la première mesure, nous en avons pris une de 4 ohms et de 1,2 ohm dans la seconde. Avec des valeurs aussi petites, la résistance des câbles et des contacts commence à jouer un rôle. Ainsi, la mesure effectuée sur 1,2  $\Omega$  a été réalisée en fait avec une résistance de 1  $\Omega$ , le reste est dû aux pertes dans les cordons et les contacts.

Sur la plupart des cellules, la puissance délivrée reste très constante, puis chute brusquement quand le carburant vient à manquer (les piles à combustible de Eitech et Franzis étaient alimentées en  $H_2$  par le cylindre à gaz de Eitech et ont fourni pour cette raison une puissance constante). Il n'y a que sur la pile de Kosmos que nous avons



Figures 1a et b. La puissance délivrée par la pile à combustible chute rapidement dès que le réservoir se vide.

observé une lente baisse de puissance. Cela tient probablement à la construction des réservoirs d'eau et de gaz. La pile à combustible de Eitech se fait remarquer par sa relativement grande puissance : presque trois fois plus que les autres cellules. Cette pile à combustible à deux membranes dispose alors d'une surface nettement plus étendue. La pile à combustible à construire soi-même de Franzis, en revanche, fournit bien moins de puissance. C'est en partie à cause d'une superficie moindre de membrane, mais aussi à l'assemblage personnel qu'il faut effectuer, les résistances de contact sont plus élevées et le tout fonctionne moins bien.

Dans les **figures 2a et b**, nous avons réuni sur le même graphique les courbes de l'énergie utilisée pour l'électrolyse, repérée (U), et de celle fournie par les piles à combustible, représentée par (G), dans les deux charges de  $4\ \Omega$  et  $1,2\ \Omega$ . Les piles Eitech et Franzis sont considérées à part, évidemment, puisque ces ensembles ne sont pas prévus pour produire de l'hydrogène, seule la puissance fournie est reprise dans le graphique.

Nous avons chaque fois fait le plein complet en carburant des réservoirs. Le total de l'énergie utilisée pour générer le carburant se situe, selon le modèle, entre 250 et 300 joules. Le total de l'énergie dissipée dans  $4\ \Omega$  se situe entre 75 (Horizon) et 123 joules (Kosmos), ce qui donne un rendement entre 27 et 40 %, en gros. Cela ne semble pas mirobolant, mais comparez-le donc avec celui d'un moteur à combustion interne de voiture (environ 25 %), il est meilleur dans tous les cas. Avec la charge de  $1,2\ \Omega$ , les valeurs sont un peu moins bonnes, 63 joules pour Heliocentris et 90 joules

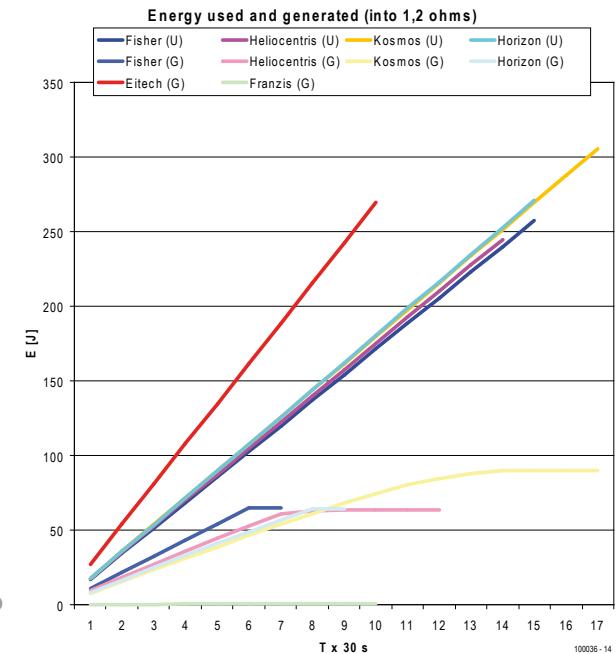
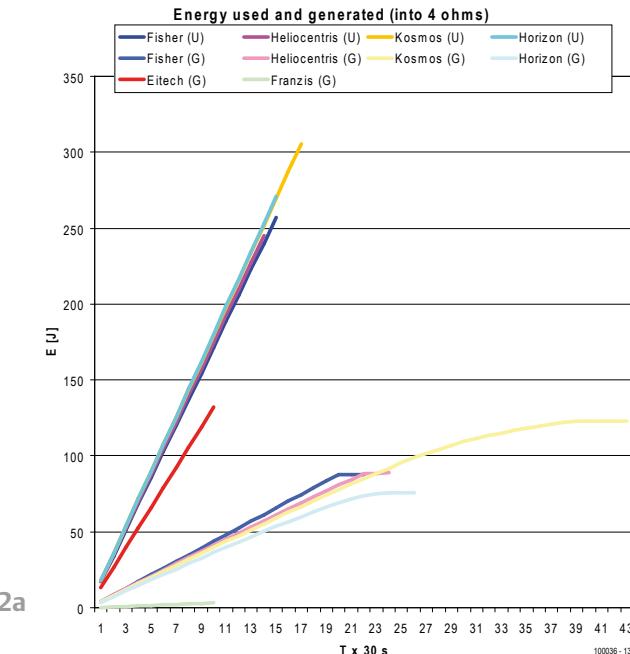
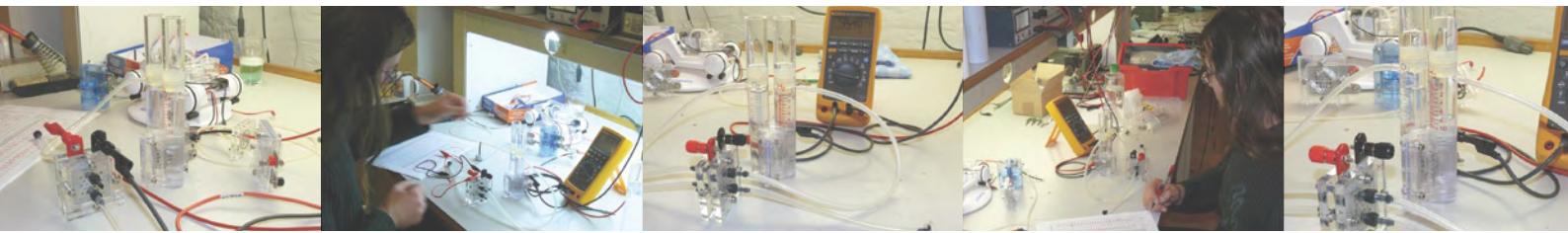
pour Kosmos, ce qui donne un rendement entre 24 et 30 %. Encore très convenable.

### Applications

La puissance fournie par les petites piles à combustible testées est suffisante pour alimenter de petits appareils jusqu'à 0,5 W. Avec celle d'Eitech, on peut se construire une bonne lampe de poche à LED (de 1 W), pour autant qu'on y adjointe un convertisseur de tension approprié. Le réservoir cylindrique est suffisamment compact pour être emporté et contient assez d'hydrogène. Là où le bâ blesse, c'est au niveau de la distribution commerciale de l'hydrogène. Toshiba a bien développé une pile à combustible au méthanol [8] disponible dans le commerce, on a tout lieu de penser qu'une solution pour l'hydrogène interviendra sous peu. On cherche actuellement à conditionner l'hydrogène dans des matériaux spéciaux qui permettraient d'emmagerer à température ordinaire autant d'hydrogène gazeux que s'il était liquéfié.

### Prêt pour le futur ?

Notre test a démontré qu'avec une pile à combustible relativement simple, il est possible d'atteindre un rendement convenable. Passer de l'énergie (solaire) à un stockage sous forme d'hydrogène, puis la transformer à nouveau en électricité par une pile à combustible PEM se fait avec un rendement global voisin de 30 %. C'est déjà mieux



Figures 2a et b. L'énergie totale que les cellules restituent est moindre que celle qui a servi à produire l'hydrogène, mais avec un rendement voisin de 30 % pour le processus complet, l'efficacité de ces piles à combustible simples dépasse de 5 % le rendement d'un moteur à combustion interne traditionnel.

que la moyenne des moteurs à explosion habituels ; tout cela sans tenir compte de l'énergie dépensée pour constituer les réserves de combustible fossile pour nos moteurs (l'énergie solaire qui, il y a des millions d'années, a été absorbée par les végétaux fossilisés par la suite, le pompage du pétrole, son raffinage, son transport, sa distribution, et cætera).

Au début, l'espérance de vie d'une pile à combustible était perfectible. De nos jours, elle ne donne plus de soucis, mais elle dépend beaucoup du type de combustible. Celle les modèles PEM est devenue suffisamment longue pour un usage dans une automobile (hybride).

Un problème plus vaste se pose pour la distribution (ou la disponibilité) de l'hydrogène. Les stations d'essence sont largement répandues, on y trouve tous les carburants traditionnels, mais celles qui fournissent de l'hydrogène ou permettent l'échange de bombes d'hydrogène se comptent généralement sur les doigts de la main. Pour donner une chance de réaliser le rêve de Jules Verne qui, en 1874, dans son roman *l'Île mystérieuse* a décrit une « société pour qui l'eau sera un combustible<sup>1</sup> », il faut que nos infrastructures s'adaptent à la fourniture d'hydrogène. Et ce n'est pas une mince affaire ! Pourtant, ce n'est pas une impossibilité non plus. La première « centrale à l'hydrogène domestique » est déjà sur le marché [9]. Comment se passera ce changement, l'avenir nous l'apprendra. Ce qui est certain, en revanche, c'est que les sources de combustibles fossiles s'épuisent et qu'il faut absolument en trouver de nouvelles.

(100036-1)

<sup>1</sup> « *Oui, mes amis, je crois que l'eau sera un jour employée comme combustible, que l'hydrogène et l'oxygène, qui la constituent, utilisés isolément ou simultanément, fourniront une source de chaleur et de lumière inépuisables et d'une intensité que la houille ne saurait avoir.* » Jules Verne ; *L'Île mystérieuse*, Partie 2, Chapitre XI.

Nos remerciements aux firmes Fischertechnik, Heliocentris, Eitech, Franzis en Kosmos de nous avoir procuré les ensembles d'expérimentation.

## Liens Internet

- [1] [fr.wikipedia.org/wiki/Ressources\\_et\\_consommation\\_énergétiques\\_mondiales](http://fr.wikipedia.org/wiki/Ressources_et_consommation_énergétiques_mondiales)
- [2] [fr.wikipedia.org/wiki/Pile\\_à\\_combustible](http://fr.wikipedia.org/wiki/Pile_à_combustible)
- [3] [www.fischertechnik.com](http://www.fischertechnik.com)
- [4] [www.heliocentris.com](http://www.heliocentris.com)
- [5] [www.eitech.de](http://www.eitech.de)
- [6] [www.kosmos.de](http://www.kosmos.de)
- [7] [www.franzis.de](http://www.franzis.de)
- [8] [www.toshiba.co.jp/about/press/2009\\_10/pr2201.htm](http://www.toshiba.co.jp/about/press/2009_10/pr2201.htm)
- [9] [www.horizonfuelcell.com/store/hydrofill.htm](http://www.horizonfuelcell.com/store/hydrofill.htm)

## La réglementation CEM

À compter du 1er janvier 1996, tout appareil de réalisation personnelle doit tenir compte de la réglementation CEM. Cette réglementation dit qu'un appareil, quel qu'il soit, ne doit pas produire de rayonnement gênant (parasites) et qu'il ne doit pas non plus être sensible aux rayonnements parasites extérieurs. Sous le terme générique de parasites on entend toutes sortes de phénomènes tels que champs magnétiques et décharges électrostatiques, sans oublier le parasitage des lignes du secteur dans l'acceptation la plus large de cette notion.

## La législation

Même l'amateur n'est autorisé à utiliser son appareillage que lorsqu'il s'est assuré que celui-ci répond à la législation en vigueur. Les hautes instances sont relativement réticentes lorsqu'il s'agit d'appareils de réalisation personnelle et ne procéderont à un contrôle du respect des dispositions légales qu'en cas de plainte. S'il s'avère que l'appareillage en question ne respecte pas les recommandations de la législation l'utilisateur (vous en l'occurrence) peut être tenu pour responsable des dommages encourus.

**L'amateur de réalisations personnelles n'est pas tenu à apposer la marque d'approbation CEM sur son appareil.**

## Elektor

Les réalisations proposées par Elektor s'attachent à respecter la recommandation légale. Nous faisons de notre mieux, dans le cas de réalisations critiques, de donner le maximum d'informations additionnelles dans l'article. Il n'y a cependant aucune obligation légale à ce sujet pour Elektor qui ne peut pas non plus être tenu pour responsable des (ou mis en cause pour les) conséquences au cas où un appareil ne répondrait pas aux exigences fixées par la recommandation. Cette page donne un certain nombre de mesures pouvant être prises pour que le montage réponde aux exigences de la réglementation. Cela ne signifie en rien qu'il soit nécessaire à chaque fois de recourir à ces mesures. Ce n'est que dans certains cas qu'il pourra s'avérer nécessaire d'appliquer les recommandations données ici. Il y a bien longtemps que d'autres mesures, pour l'appareillage audio en particulier, sont prises et il n'y a donc rien de neuf sous le soleil.

## La CEM, pourquoi?

L'avantage majeur (à long terme) pour le consommateur est que tous les appareils électriques et électroniques pourront, chez soi ou au bureau fonctionner tranquillement les uns avec les autres.

## Émission

La forme la plus ancienne et la plus courante de problème CEM est une émission trop importante: l'appareil émet de l'énergie HF gênante par l'intermédiaire de son boîtier ou de ses câbles. Il est bon de savoir qu'il existe, outre des limites à l'émission, également une interdiction d'appliquer à la ligne du secteur une énergie source de parasites même s'ils se trouvent dans le spectre des basses fréquences.

## Immunité

Les exigences posées au niveau de l'insensibilité (ou immunité) sont elles au contraire toutes neuves. L'appareil doit, dans un environnement pollué électriquement dans certaines limites définies bien entendu, continuer de fonctionner normalement. Les exigences sont très variées et s'adressent à toutes les sources de parasites imaginables.

## Appareillage micro-informatique

Les appareils micro-informatiques forment le groupe concerné par l'application de la recommandation. Non seulement en raison du fait que les ordinateurs et les microprocesseurs sont des générateurs notoires de parasites mais aussi parce qu'ils sont, de par l'exécution séquentielle des instructions, particulièrement sensibles aux parasites. Le fameux crash sans raison d'un PC en est l'expression la plus courante.

## Le boîtier selon CEM

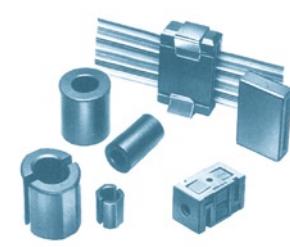
Un micro-ordinateur de réalisation personnelle ne pourra respecter les exigences CEM que s'il a été mis dans un coffret métallique. Il faudra au minimum faire en sorte que le fond et le dos du coffret aient une forme de L en une seule pièce. Tous les câbles se rejoignent sur la dite pièce ou y subissent un filtrage. Si l'on a besoin de connecteurs sur la face avant il faudra utiliser un fond de coffret en U. On obtient encore de meilleurs résultats par la mise en place sur toute la largeur de la face arrière d'un ruban de cuivre (2cm de large, 1mm d'épaisseur). Ce ruban pourra être doté à intervalles réguliers de serre-câbles qui serviront à la fixation des câbles de terre. Le ruban est fixé tous les 5cm à la face arrière à l'aide d'une liaison à vis non isolée. Un coffret fermé donne de meilleurs résultats qu'un fond en L ou en U. Il faut en outre s'assurer que les lignes de contact ont parfaitement étanchéité au rayonnement HF, caractéristique obtenue par l'utilisation d'un nombre suffisant de vis, caoutchouc conducteur ou ressorts de contact. Il ne faudra pas oublier d'enlever la couche de peinture ou d'oxydation éventuellement présente.

## L'alimentation selon CEM

Il faudra tenir compte, lorsque l'on réalise une alimentation avec les parasites entrants et sortants. On utilisera donc un filtre secteur standard qui se trouve, par l'intermédiaire de son enveloppe métallique, directement en contact avec le coffret métallique ou la surface de terre en métal. Il n'est pas recommandé de tenter de



Un filtre secteur standard avec une entrée secteur euro, un interrupteur marche/arrêt et un filtre efficace. Son enveloppe en métal doit être reliée au métal du boîtier.



Exemples de filtres de ferrite pouvant être utilisés pour le passage de câbles.



Les filtres en T ou en pi évitent l'entrée ou la sortie de parasites par les lignes de signal. Il en existe divers modèles pour différents courants et plages de fréquence.

## Les montages audio

Dans le cas des montages audio c'est l'immunité qui constitue l'exigence la plus importante. On blindera de préférence tous les câbles. Cette précaution est souvent impossible dans le cas des câbles allant vers les haut-parleurs de sorte qu'il faudra les doter d'un filtrage distinct. On trouve dans le commerce des filtres en T ou en pi spécialement conçus pour les haut-parleurs. On implante un filtre de ce genre dans chaque ligne, filtre à placer dans le coffret de protection métallique entourant les bornes de connexion des câbles.

## Les périphériques et leur mise à la terre

Tous les câbles allant vers des périphériques, des capteurs de mesure, des relais de commande, etc doivent traverser l'enveloppe métallique ou le profil en L. Les lignes de terre des câbles sont reliées directement au ruban de mise à la terre à l'intérieur du boîtier à l'aide d'une liaison courte (< 5cm). En cas d'utilisation d'embases le blindage devra être fixé à un connecteur métallique à blindage total. En principe, toutes les lignes de signal non blindées doivent être pourvues d'un filtre composé au minimum d'un tore de ferrite (30mm) par câble, disposé le cas échéant autour de l'ensemble des câbles véhiculant des signaux. Il est permis de disposer ce tore à l'extérieur du boîtier (sur un PC par exemple). Les lignes dont il est admis qu'elles puissent avoir une résistance-série de 150Ω seront dotées à l'intérieur du coffret d'une résistance-série de 150Ω connectée au connecteur. Si cela est techniquement réalisable on pourra en outre doter ce point d'une capacité vers la masse (ruban de mise à la terre). Il est également admis d'utiliser des filtres en T ou en pi plus coûteux vendus dans le commerce. Dans tous les autres cas les liaisons doivent être faites à l'intérieur du boîtier à l'aide de câble blindé mis à la terre des 2 côtés sur le circuit imprimé d'un côté et sur le ruban de terre de l'autre. Les lignes symétriques sont faites de conducteur double blindé torsadé également mis à la terre à ses 2 extrémités. Le plan de masse CEM du circuit imprimé du montage doit être relié du mieux possible au ruban de masse, si possible même à l'aide d'une mise à la terre flexible ou d'un nombre de conducteurs parallèles, un morceau de câble multibrin par exemple.

## L'électricité statique

Toutes les pièces du montage accessibles de l'extérieur doivent être constituées, de préférence, par du matériau antistatique non conducteur. Tous les organes traversant le boîtier et accessibles de l'extérieur (potentiomètres, inverseurs, interrupteurs et autres axes) doivent être reliés galvaniquement à la terre (par le biais d'une résistance de 1MΩ dans le cas d'un appareil de classe II). Toutes les entrées et sorties dont les conducteurs ou les âmes d'embase sont accessibles doivent être dotées d'un blindage (un enclos métallique mis à la terre par exemple), par l'intermédiaire duquel pourront s'écouler d'éventuelles décharges. La solution la plus simple pour ce faire est d'utiliser des contacts en retrait (embase subD par exemple) à protection métallique mise à la terre et/ou dotés d'une protection des contacts.

## Les alimentations

Un transformateur d'alimentation doit être doté d'un réseaux RC d'amortissement (snubber) tant au primaire qu'au secondaire. Les ponts de redressement doivent être filtrés à l'aide de réseaux RC. Le courant de charge (de crête) au secondaire doit être limité par les condensateurs électrochimiques. Il est recommandé de mettre le côté 230V, un varistor (350V/2W) pris entre la phase et le neutre par rapport à la terre, ou entre la phase et le neutre. Il peut être nécessaire, côté secondaire, d'ajouter un suppresseur de transitoires que l'on placera de préférence en aval du condensateur de l'alimentation. Si l'alimentation est destinée à un système numérique on pourra prendre, en vue de limiter les émissions, une self en mode commun dans les lignes alternatives du secondaire. Pour les applications audio il est recommandé en outre de prendre un blindage de terre entre le primaire et le secondaire du transformateur secteur. On reliera le dit blindage au ruban de mise à la terre à l'aide d'une courte liaison. L'alimentation doit être en mesure de compenser 4 périodes d'absence de tension du secteur et de supporter des variations de -20 à +10% de la tension du secteur.

## Les radiateurs

On mettra les radiateurs, que l'on placera de préférence à l'intérieur du boîtier, à autant d'endroits que possible à la terre par rapport au rayonnement HF. Les radiateurs d'une alimentation à découpage que l'on a omis de mettre à la terre sont une source garantie de problèmes! On pourra éventuellement disposer un blindage de terre entre le transistor et le radiateur. Les orifices percés dans les radiateurs doivent être de faible diamètre et dotés de treillis métallique. Les ventilateurs aussi doivent être mis à l'intérieur du boîtier.

## Câbles

Sous l'aspect CEM les câbles peuvent faire office d'antennes (d'émission) et sont éminemment aptes à émettre des parasites (voire à en capter). Ceci est également vrai pour les câbles blindés. Le blindage d'un câble (coaxial) doit venir se glisser dans un connecteur faisant contact sur tout son pourtour. Le blindage pourra être utilisé comme conducteur de retour de courant pour la réalisation d'un blindage magnétique HF. Il est préférable, pour la protection magnétique BF, d'utiliser des paires de câbles torsadés (twisted pair) avec blindage. Dans le cas d'un câble multibrin il est préférable que chaque ligne de signal soit séparée de l'autre par un conducteur de terre et que l'ensemble du câble soit doté d'un blindage général. Les câbles dont une composante du signal qu'ils véhiculent dépasse 10kHz, et qu'il n'est pas possible de filtrer à l'intérieur du boîtier seront dotés d'un tore en ferrite faisant office de self en mode commun.

## Mise en coffret

Les circuits imprimés dessinés par Elektor sont actuellement dotés d'orifices de fixation entourés d'un îlot de cuivre nu relié à la masse du circuit. Il est facile ainsi, par l'utilisation d'entretoises métalliques, d'assurer automatiquement une bonne liaison (HF) entre la platine et le plan de terre. Des réalisations critiques ont un plan de terre que l'on pourra, par exemple, relier au ruban de terre à l'aide d'un morceau de câble multiconducteur à 25brins. Sur ce type de platine il n'est pas prévu d'autres points de fixation; de même, les orifices de fixation ne comportent pas de cuivre et partant sont isolés.

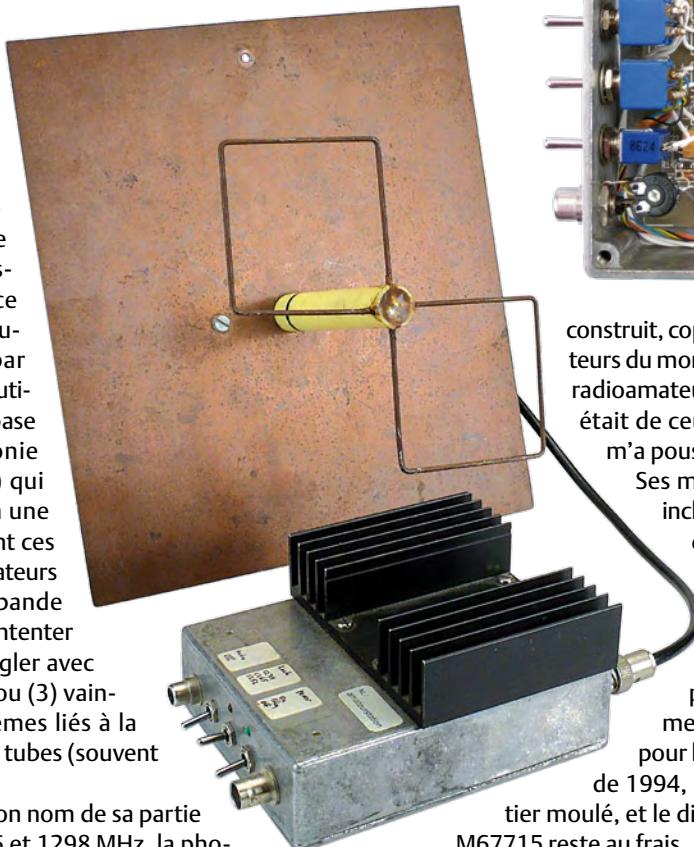
# Transmetteur ATV 24 cm G4WIM (1994)

Jan Buiting, PE1CSI (Elektor UK/US)

Au début des années 90, l'activité dans la bande radioamateur des 23 cm (1250-1300 MHz) s'est envolée grâce à l'arrivée sur le marché de modules RF de puissance à large bande qui rendaient facile la construction de transmetteurs d'une puissance de quelques watts. La plupart étaient fabriqués par Motorola ou Mitsubishi et utilisés dans les stations de base des réseaux de téléphonie cellulaire (800/900 MHz) qui étaient alors déployées à une vitesse vertigineuse. Avant ces amplis modulaires, les amateurs avaient le choix pour la bande des 23 cm entre (1) se contenter de quelques mW, (2) jongler avec des transistors onéreux, ou (3) vaincre les nombreux problèmes liés à la construction d'un ampli à tubes (souvent des 2C39).

La bande des 23 cm tire son nom de sa partie la plus active : entre 1296 et 1298 MHz, la photo, le CW (en EME) et la BLU régnait. Cependant, dans la plupart des zones de l'IARU la bande s'étendait jusqu'à 1240 MHz offrant de l'espace pour de « nouveaux » modes de trafic nécessitant une bande passante incompatible avec d'autres bandes plus basses comme celle des 70 cm. La bande des 24 cm était le nouvel Éden des utilisateurs de télévision amateur (ATV). Ils pouvaient enfin utiliser de la FM large bande pour leurs transmissions. Par chance, à la même époque, les récepteurs analogiques pour la TV satellite (ex. : Amstrad) étaient très répandus, d'abord à faible prix puis gratuitement dans les bennes et poubelles. Aussi, Mitsubishi est devenu moins tatillon sur la fourniture séparée de ses modules M67xxxx. Une base technique était née et la popularité de l'ATV FM en 24 cm a pu grimper grâce aux nombreuses stations relais installées sur les hauteurs ; toutes construites, dirigées, maintenues et financées par des âmes charitables.

En février 1994, Tim Forrester (G4WIM) a publié un classique de l'histoire d'Elektor : un transmetteur ATV compact contrôlé par PLL doté d'une puissance de sortie de 1,5 W entre 1250 et 1270 MHz. La carte double face de qualité et le kit de composants difficiles à trouver fournis par Tim lui-même ont permis une très bonne reproductibilité. Le projet, qui le méritait, était devenu populaire et a été



construit, copié, étendu, fignolé et amélioré par des amateurs du monde entier (comment ça « *open source* » ?). Le radioamateur néerlandais Geert Jan de Groot (PE1HZG) était de ceux-ci ; il m'a aimablement fourni le sien et m'a poussé à écrire ce Rétronique.

Ses modifications sur la version G4WIM/Elektor incluent une carte permettant de choisir entre 3 canaux (au lieu de 2), un recâblage de la PLL afin qu'elle fonctionne sur ses fréquences préférées (1279/1265/1252 MHz) ainsi qu'une combinaison de la commutation on/off de la puissance avec le sélecteur de puissance d'émission. Un commutateur permettait de couper la sous-porteuse son (utile pour les mesures). Comme conseillé dans l'article de 1994, le transmetteur a été monté dans un boîtier moulé, et le dissipateur fixé à l'arrière afin que le module M67715 reste au frais.

Sur la bande des 24 cm, que ce soit en ATV ou en n'importe quel autre mode, tout dépend de l'antenne et de sa hauteur. Les câbles coaxiaux à faibles pertes, antennes paraboliques, yagis boucle G3JVL et autres antennes directionnelles sont de rigueur ; de préférence au sommet d'un haut mât.

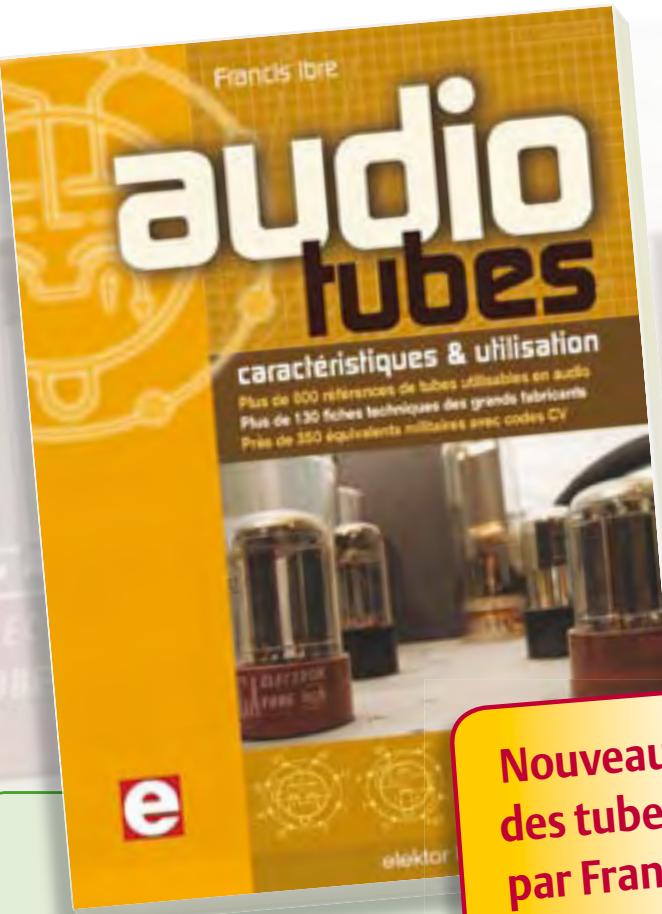
Le G4WIM étant compact, alimenté en 12 V et ayant assez de puissance pour porter les signaux d'une caméra sur quelques kilomètres, l'utilisation en portable était accessible et le « *portacam ATV* » était souvent utilisé pour amuser le public lors d'événements. Avec cette idée en tête, et afin de garder un faible coût pour la station, Geert Jan a construit une antenne *double-quad* avec du tube PVC de 16 mm (5/8") ainsi qu'une boîte d'accord en T. Un morceau de CI double face vierge sert de réflecteur et un fil de cuivre rigide plié forme une *quad* montée sur le devant du tube. Le tube jaune peut coulisser dans le morceau en T – notez la marque noire indiquant la distance optimale entre la *quad* et le réflecteur.

Tim Forrester a aussi publié un *transceiver* FM à bande étroite dans Elektor en septembre 1992. Au moment de l'écriture de l'article il est toujours actif en tant que radioamateur.

(090882-I, trad. Kévin PETIT)

# Morceaux choisis

## La bibliothèque des passionnés d'électronique



Nouveau guide  
des tubes audio  
par Francis Libre

Complet, robuste et donc indispensable

### Audio Tubes

Pour les tubes, les bases documentaires officielles sont désormais dispersées, les copies sur l'internet sont incomplètes ; certaines sont entachées d'erreurs colportées d'une source à l'autre ! Pour s'assurer des équivalences, il fallait, jusqu'à la publication de ce livre, rechercher les listes originales et éprouver de fastidieux tableaux de codes CV (plus de 10 000...) pour un résultat finalement incertain. Prenons pour exemple la référence 12AX7, bien connue : au lieu des dix équivalents habituels, on trouvera dans ce nouveau guide pas moins de 65 références, dont une dizaine de versions CV, sans oublier les tubes russes ! Grâce à la persévérance de Francis Libre qui a décortiqué la riche documentation dont il dispose, puis recoupé toutes les sources, avant d'établir ce guide où l'on trouvera des renseignements vérifiés qui ne sont réunis dans aucun autre livre ni sur aucun site : plus de 130 fiches techniques, avec les caractéristiques fournies par les grands fabricants ainsi que les valeurs maximales et nominales pour différents modes de fonctionnement.

L'auteur indique aussi comment interpréter les caractéristiques techniques (test, mesure et remplacement des tubes), et donne des exemples de calculs et de schémas.

576 pages • ISBN 978-2-86661-174-3 • 59,00 €

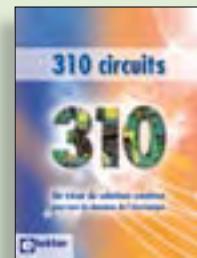


Comprendre et dimensionner

### Les installations domestiques à énergies renouvelables

Accords de Kyoto, réchauffement climatique, Grenelle de l'environnement sont autant de termes devenus familiers dans le cadre d'une réflexion éco-citoyenne collective. Au-delà du seul discours, chaque citoyen peut s'engager concrètement par la mise en œuvre d'une énergie renouvelable dans le contexte domestique individuel. Les applications possibles ne manquent pas : production électrique photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, chauffe-eau solaire, chauffage des locaux par géothermie, par aérothermie ou par biomasse (bois-énergie).

304 pages • ISBN 978-2-86661-170-5 • 32,50 €

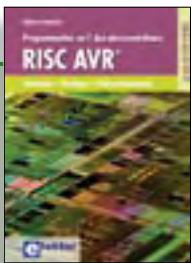


Complétez votre collection !

### 310 circuits

Cet ouvrage est un trésor : il réunit 310 schémas d'électronique analogique, logique ou numérique, des programmes, des liens vers des sites internet, des tableaux de caractéristiques de composants et des dessins de circuit imprimé. Il est le onzième volume de la collection « 300 circuits » (301-309 circuits). Ses deux tables des matières alphabétique et thématique vous permettent de trouver rapidement et facilement parmi les 310 articles proposés ceux qui correspondent à vos besoins. Ces articles viennent des numéros doubles récents de la revue Elektor, publiés chaque année en été, et appelés numéros Hors-Gabarit, par allusion à leur contenu exceptionnellement riche.

485 pages • ISBN 978-2-86661-171-2 • 34,50 €

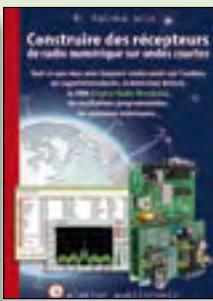


Initiation – Pratique – Perfectionnement

## Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR

Ce permet à un programmeur en C de s'attaquer à des microcontrôleurs. Il fournit l'occasion d'acquérir, de rafraîchir, d'approfondir les connaissances en électronique et en programmation liées aux microcontrôleurs. La combinaison du langage C et des processeurs actuels d'Atmel, conçus pour lui, constitue une plate-forme durable. Après la présentation de l'environnement de développement nécessaire, le livre décrit pas à pas la réalisation aisée de projets basés la plupart sur la carte d'expérimentation Mini-Mega d'ELEKTOR. L'utilisation de plateformes matérielles personnelles est recommandée, puisque le but du livre est d'amener le lecteur à concevoir et réaliser ses propres applications.

244 pages • ISBN 978-2-86661-169-9 • 49,50 €



Ecoutez la DRM, c'est magique !

## Construire des récepteurs de radio numérique sur ondes courtes

Ce livre dit tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les récepteurs superhétéodynes, à détection directe, pour les bandes amateur ou bien encore à tubes simples (audion), la transmission de données par radio, la radio numérique, les antennes intérieures, les oscillateurs programmables, les techniques de mesure... Mais il ne s'arrête pas là.

210 pages • ISBN 978-2-86661-157-6 • 35,50 €



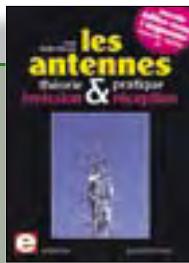
Software Defined Radio

## Construire une radio logicielle

Pour dessiner une radio à l'ancienne, prenez un HP et une antenne, et entre les deux des transistors, bobines, transformateurs, diodes, condensateurs etc. Pour une radio logicielle (ou définie par le logiciel), on garde juste l'antenne et les HP du PC. Entre les deux on écrit quelques équations appliquées par un traitement numérique du signal (DSP) sur l'ordinateur. Imaginez les possibilités inouïes de ce procédé !

Le matériel est certes extensible et adaptable, mais les logiciels, par nature, le sont infiniment plus. Ils sont tous mis à disposition gratuitement et enrichis en permanence par des auteurs passionnés.

172 pages • ISBN 978-2-86661-163-7 • 33,50 €

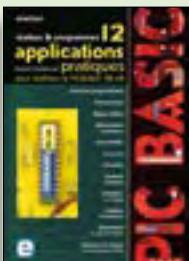


Nouvelle édition augmentée

## Les antennes

La première partie traite de la propagation des ondes dans l'espace et sur les lignes ainsi que des caractéristiques fondamentales des antennes (gain, rayonnement, courant, tension...). Cette étude théorique est suivie de réalisations pratiques : antennes filaires, antennes à gain, antennes THF, antennes courtes, antennes à large bande et multibandes, antennes de réception. La dernière partie est consacrée aux ultimes réglages : adaptation des impédances, appareils de mesure, conseils de sécurité (poussée du vent, résistance des matériaux, pylônes et haubans, foudre...).

470 pages • ISBN 978-2-86661-165-1 • 48,50 €



Réalisez & programmez  
12 applications pratiques  
pour maîtriser le  
**PICBASIC PB-3B**

Si avant d'utiliser un tel composant il faut apprendre l'assembleur ou le langage C, l'amateur ou l'électronicien débutant risquent de décrocher bien avant le stade des premières satisfactions, celui à partir duquel tout devient possible. Grâce à la simplicité des microcontrôleurs PICBASIC programmables en langage BASIC, l'électronique numérique programmable est désormais à la portée de tous. Ces 12 applications pratiques du microcontrôleur PICBASIC PB-3B couvrent des domaines variés : la domotique (gradateur à 2 voies pour convecteurs, thermomètre numérique, gestionnaire d'éclairage), la protection des biens (centrale d'alarme, disjoncteur programmable), etc.

280 pages • ISBN 978-2-86661-166-8 • 42,50 €

**Informations complémentaires et gamme complète sur notre site**

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

**Elektor / Publitronic SARL**  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19  
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37  
E-mail : [ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)

**elektor**



NOUVEAU

10 ans d'Elektor sur DVD

## DVD Elektor 1990-1999

Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999. Elektor propose à ses lecteurs des montages électroniques de conception professionnelle et aisément reproductibles, dans les domaines de l'électronique et de l'informatique appliquées. Il leur apporte également des informations sur l'évolution technologique et les nouveaux produits.

ISBN 978-2-86661-173-6 • 89,00 €



Tous les articles de 2009 sur DVD-ROM

## DVD Elektor 2009

Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2009. Il contient non seulement le texte des articles ainsi que les schémas, mais aussi tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Ceci permet à l'utilisateur de modifier à sa guise les dessins existants à l'aide d'un programme adéquat. Dès lors, rien ne s'oppose plus à l'exportation des documents vers un autre format à la convenance de l'utilisateur.

ISBN 978-90-5381-251-8 • 27,50 €



### Alimentation à découpage 0 à 30 V / 3 A

(Elektor avril 2010)

Dans l'équipement de base l'électronicien, il faut une alimentation secteur à tension de sortie réglable et à limitation de courant. La complexité d'une alimentation à découpage a de quoi effaroucher s'il faut la réaliser soi-même. Avec ce kit basé sur une technique éprouvée, Elektor met cette réalisation à la portée de tous. Construisez vous-même votre alimentation secteur à découpage, simple ou symétrique.

*Kit de composants sans le transformateur secteur*

Réf. : 090786-71 • 71,50 €



NOUVEAU

### Prototypage rapide à 32 bits ARM7 (Sceptre)

(Elektor mars 2010)

Ce projet, code source et matériel ouverts, ambitionne d'être plus qu'une simple petite carte avec un gros micro et quelques périphériques utiles, il se veut carrément système de prototypage rapide. Pour justifier une telle appellation, il faut, outre une petite carte bien pratique, des outils de développement conviviaux et des bibliothèques qui accélèrent la mise en oeuvre des périphériques de la carte.

*Platine montée et testée logiciel de test préchargé*

Réf. : 090559-91 • 149,95 €



### Amplificateur de puissance stéréo complet (Modulo D)

(Elektor mars 2010)

Il cache bien son jeu, ce petit module à écran LCD : à l'intérieur, il recèle un amplificateur de puissance stéréo complet, avec préampli, télécommande IR, réglages de tonalité et de puissance à présélection, il procure 2 x 20 W de puissance de sortie en classe D et le tout sur une tension d'alimentation de 12 V. Du coup, rien ne vous empêche de l'installer dans une voiture, un bateau ou une autocaravane.

*Kit de composants, platines avec composants CMS montés, tous les autres composants*

Réf. : 090563-71 • 79,95 €



### Bus CAN pour la maison

(Elektor janvier 2010)

Le MIAC (Matrix Industrial Automotive Controller) est un automate programmable destiné à des systèmes électroniques à grande échelle. Il est animé par un puissant microcontrôleur PIC 18F4455, connecté directement à un port USB. C'est pourquoi il est facile à programmer en « Flowcode », en C ou assembleur. Un écran à cristaux liquides (LCD), des boutons-poussoirs, quatre sorties à relais, quatre sorties à transistor, huit entrées – analogiques ou TOR (tout ou rien) au choix – et une connexion au bus CAN complètent l'ensemble. Comme le MIAC est conçu d'abord pour des applications industrielles, il utilise du 12 V au lieu des 5 V habituels pour les PIC.

*Carte dotée de tous les composants, en boîtier + logiciel Flowcode*

Réf. : 090278-91 • 185,00 €

## F383 mai 2010

+++ Retrouvez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) toutes les références disponibles +++

## F382 avril 2010

### La luciole

100014-1 ..... Platine ..... 12,50  
100014-41 ..... Microcontrôleur programmé ..... 12,50

### Serrure électronique musicale

081143-41 ..... Microcontrôleur programmé ..... 17,50

### Le Minimod18 : module à microcontrôleur universel sur 20 cm<sup>2</sup>

090773-41 ..... Microcontrôleur .....  
avec programme d'amorce préprogrammé ..... 24,50  
090773-91 ..... Carte câblée et testée,  
programme d'amorce préprogrammé ..... 62,95

### Alimentation 0 à 30 V / 3 A

090786-1 ..... Platine ..... 17,95  
090786-71 ..... Kit de composants  
sans le transformateur secteur ..... 71,50

### Module Bluetooth pour Analyseur OBD2 NG

090918-71 ..... Kit de composants (CMS prémontés)  
avec module Bluetooth (BTM-222) ..... 29,95

## F381 mars 2010

### Système d'identification VisiOLED

081141-1 ..... Platine ..... 14,95

### Prototypage rapide à 32 bits ARM7 (Sceptre)

090559-91 ..... Platine montée et testée logiciel  
de test préchargé ..... 149,95

### Amplificateur de puissance stéréo complet (Modulo D)

090563-71 ..... Kit de composants, platines avec composants  
CMS montés, tous les autres composants ..... 79,95

### Régulateur SEPIC

090719-1 ..... Platine ..... 9,95

## F380 février 2010

### Testeur d'accumulateurs

071131-41 ..... Contrôleur programmé ..... 20,00

071131-71 ..... Kit de composants (sans coffret) ..... 139,95

### Scanneur 2,4 GHz

090985-41 ..... Contrôleur programmé ..... 24,95

## F379 janvier 2010

### Starter de lave-linge

050058-1 ..... Platine ..... 13,50

050058-41 ..... Contrôleur programmé PIC16F84 ..... 18,95

### Chargeur solaire portable

090190-1 ..... Platine ..... 9,95

090190-41 ..... Contrôleur programmé ..... 8,00

### Bus CAN pour la maison

090278-91 ..... Carte dotée de tous les composants,  
en boîtier + logiciel Flowcode ..... 185,00

### Variateur intelligent à µC

090315-41 ..... Contrôleur programmé ..... 8,50

### Contrôleur Winamp

090531-71 ..... Kit composants ..... 99,95

### Œil magique sur USB

090788-1 ..... Platine ..... 11,95

090788-41 ..... Contrôleur programmé ..... 11,95

## F378 décembre 2009

### Le nec plus ultra des chenillards

090125-1 ..... Platine (module maître) ..... 13,00

090125-2 ..... Platine (module loupiote) ..... 2,75

090125-41 ..... Microcontrôleur préprogrammé (PIC18F2550)  
du module maître ..... 18,00

090125-42 ..... Microcontrôleur préprogrammé (PIC12F508-I/SN)  
du module loupiote ..... 2,75

### Présélecteur pour SDR d'Elektor

090615-71 ..... Kit composants, platine câblé partiellement,  
noyaux ferrites avec bobines ..... 57,50

# vos favoris

## livres

1 **Audio Tubes**  
ISBN 978-2-86661-174-3 ..... 59,00 €

2 **Les installations domestiques à énergies renouvelables**  
ISBN 978-2-86661-170-5 ..... 32,50 €

3 **310 circuits**  
ISBN 978-2-86661-171-2 ..... 34,50 €

4 **12 applications pratiques pour maîtriser le PICBASIC PB-3B**  
ISBN 978-2-86661-166-8 ..... 42,50 €

5 **Construire une radio logicielle**  
ISBN 978-2-86661-163-7 ..... 33,50 €

1 **DVD Elektor 2009**  
ISBN 978-90-5381-251-8 ..... 27,50 €

2 **ECD 5**  
ISBN 978-90-5381-159-7 ..... 29,50 €

3 **DVD Elektor 1990-1999**  
ISBN 978-2-86661-173-6 ..... 89,00 €

4 **DVD LED Toolbox**  
ISBN 978-90-5381-245-7 ..... 32,50 €

5 **DVD Elex**  
ISBN 978-2-86661-156-9 ..... 44,50 €

1 **Amplificateur de puissance stéréo complet Modulo D**  
Réf. : 090563-71 ..... 79,95 €

2 **Module Bluetooth pour Analyseur OBD2 NG**  
Réf. : 090918-71 ..... 29,95 €

3 **Analyseur OBD2 NG**  
Réf. : 090451-71 ..... 99,00 €

4 **Kit à µC R32C/111**  
Réf. : 080928-91 ..... 34,00 €

5 **Présélecteur pour SDR d'Elektor**  
Réf. : 090615-71 ..... 57,50 €

Commandez tranquillement sur  
**www.elektor.fr/e-choppe**

ou à l'aide du bon de commande encarté  
à la fin de la revue. Les commandes en ligne  
de livres ou de CD & DVD-ROM bénéficient  
d'une remise spéciale de 5%.

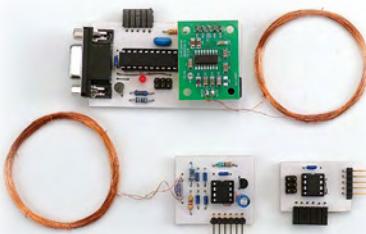
# Elektor

Elektor / Publitronic SARL  
1, rue de la Haye • BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19  
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37  
E-mail : [ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)



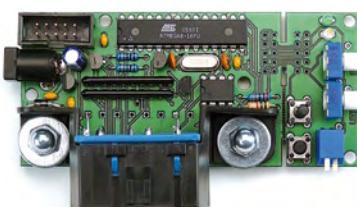
### Afficheur pour alimentation de laboratoire

Spécialement conçu pour l'alimentation universelle publiée dans le numéro d'avril 2010, mais aussi utilisable avec une autre alimentation de laboratoire (symétrique ou pas), voici un circuit de mesure qui montre sur un afficheur de quatre lignes de 20 caractères la tension et le courant de sortie et la température interne de l'appareil. La conversion A/N et les calculs nécessaires sont faits par un ATmega168. Un montage spécial permet de mesurer le courant négatif.



### Quand la WiTricity rencontre la RFID...

Les étiquettes RFID à base d'EM4102 sont facilement trouvables et Elektor a déjà publié un lecteur pour ce genre de radio-étiquettes. Ce lecteur employait une petite platine qui comportait le circuit intégré EM4095. La même platine est utilisée cette fois-ci avec un ATTiny2313 pour réaliser un nouveau lecteur RFID. La spécificité de ce projet est la possibilité de créer ses propres capteurs RFID qui envoient leurs données par liaison radio au lecteur.



### Minisimulateur OBD-II

Celui qui veut développer lui-même des logiciels ou des outils pour la diagnostic de voiture découvre rapidement qu'il n'est pas forcément pratique ou utile d'avoir une voiture à disposition en permanence dans son laboratoire pour effectuer des tests. Souvent un petit simulateur OBD-II ferait aussi bien l'affaire et c'est exactement ce que nous proposerons. Le minisimulateur offre quatre protocoles OBD-II et il constitue un outil indispensable pour tous ceux qui sont amenés à travailler avec des matériels ou logiciels OBD-II.

*Il arrive que la publication de certains articles soit retardée par des impératifs rédactionnels. Attention, le numéro de juin 2010 devrait être en kiosque à partir du 19 mai.*



## Tarif & abonnements

### Prix au numéro

France	6,70 €
DOM Surface	7,70 €
DOM Avion	9,75 €
Belgique	7,35 €
Suisse	12,60 FS
Canada	10,90 \$Can

### Abonnement standard d'un an

France	70,00 €
Belgique	77,50 €
Suisse	130,00 FS
DOM Surface	92,00 €
DOM Surface Priorité	119,50 €

### Étudiant

– 20%

### Abonnement standard de 2 ans

France	124,00 €
--------	----------

Belgique	139,00 €
Suisse	235,00 FS
DOM Surface	165,00 €
DOM Surface Priorité	215,00 €

### Étudiant

– 20%

### Abonnement Elektor PLUS d'un an

137,00 €

France	87,50 €
Belgique	95,00 €
Suisse	169,00 FS
DOM Surface	109,50 €
DOM Surface Priorité	137,00 €

### Étudiant

– 20%

### Abonnement Elektor PLUS de 2 ans

159,00 €

France	174,00 €
Belgique	174,00 €
Suisse	313,00 FS
DOM Surface	200,00 €
DOM Surface Priorité	250,00 €

### Étudiant

– 20%

*Sous réserve de modification de prix.*

### Abonnements

[abonnements@elektor.fr](mailto:abonnements@elektor.fr)

### Commandes/Ventes

[ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)

### Pour vous abonner :

Passez par notre site [www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo), c'est plus rapide et moins cher. Vous pouvez aussi utiliser le bon de commande encarté en fin de magazine.

**Début et fin :** Un abonnement peut démarrer à tout moment. Nous vous rappellerons en temps utile l'approche de la fin de votre abonnement.

**Anciens numéros :** Les anciens numéros peuvent être commandés dans la limite de leur disponibilité (cf. le bon de commande, leur prix est celui d'un numéro à l'unité).

**Changement d'adresse :** Veuillez compter au moins 3 semaines avant l'entrée en vigueur de votre nouvelle adresse. Mentionnez votre numéro d'abonné (cf. l'étiquette d'envoi de votre magazine) sans oublier ni l'ancienne ni la nouvelle adresse.

**Horaires :** Notre service Clients est ouvert du lundi au jeudi, de 8h30 à 17h00, et le vendredi, de 8h30 à 12h30. Pour vos questions concernant votre abonnement,appelez le 01.49.19.26.19.

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

## Choisissez

### Je commande les articles suivants

votre formule

# d'abonnement annuel

et recevez gratuitement

le livre « 306 circuits » d'Elektor.\*

# lisez **elektor** l'électronique *imaginative*

## Faites votre choix :

- **Abonnement standard d'un an pour 70,00 € (Belgique : 77,50 €)**  
11 numéros y compris le numéro d'été double
  - **Abonnement PLUS d'un an**

AVANTAGEUX !

**ATTENTION!**  
Pour les frais de port standard à 8,50 €, nous vous rappelons que l'acheminement de vos paquets sont d'environ 10 à 15 jours.

**ANCIENS NUMÉROS**  
**Prix par exemplaire 6,70 € (\*11,90 €)**

**ANCIENS NUMÉROS  
Prix par exemplaire 6,70 € (\* 11,90 €)**

**Prix par exemplaire 6,70 € (\* 11,90 €)**

Nous vous prions de bien vouloir entrer vos coordonnées dans les cases prévues à cet effet sur le dos de cette commande.

Offre valable jusqu'à épuisement des stocks, uniquement si vous n'avez pas été abonné à *elektor* au cours des 12 mois précédents.  
\* Le DVD-ROM annuel 2010 vous sera envoyé d'office dès sa parution prévue en février 2011.

05/2010

05/2010

**POUR VOS COMMANDES (kits, modules, livres, CD & DVD-ROM etc.)  
VEUILZ INDICER ICI VOS COORDONNÉES COMPLÈTES :**

10

**Je souscris un abonnement d'un an à Elektor (11 numéros).**  
Dès l'enregistrement de mon paiement, je recevrai automa<sup>ti</sup>quement  
et sans aucun engagement de ma part le livre « 306 circuits ».\*

Je commande les références indiquées au verso

Pour un montant de

Je commande les références pour un montant de

Cochez la case correspondant à l'abonnement de votre choix :

- Abonnement standard d'un an pour 70,00 € (Belgique : 77,50 €)**
- Abonnement ELEKTOR PLUS d'un an pour 87,50 € (Belgique : 95,00 €)**  
(le DVD-ROM annuel 2010 compris \* + ainsi que votre accès exclusif à l'ensemble des articles en ligne)

### Mode de paiement (cochez la case de votre choix) :

Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR

Virement bancaire pour la France: RBS Paris  
Compte: 187720 00001 002007026 02

Virement bancaire pour la Belgique:  
compte: 1833-00001-00200/3/026-03

CCP 000-1347214-78 à Warneton

Virement bancaire International : RBS Paris  
IBAN: FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (

Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous)

Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)

Signature

W-12

Voici mon adresse :

Envoyez cette carte  
accompagnée du paiement  
sous enveloppe affranchie à :

---

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

**Elektor / Publitronic SARL**  
**c/o Regus Roissy CDG**  
**1, rue de la Haye**  
**BP 12910**  
**95731 Roissy CDG Cedex**  
**FRANCE**

<i>Nom</i>	<b>Elektor / Publitronec SARL</b>
<i>Prénom</i>	c/o Regus Roissy CDG
<i>Adresse</i>	1, rue de la Haye
	BP 12910
	95731 Roissy CDG Cedex
<i>Code Postal</i>	
<p>Envoyez cette carte accompagnée du paiement sous enveloppe affranchie à :</p>	

1003/10

05/2010

Recevez gratuitement chaque semaine dans votre boîte à lettres électronique la lettre d'information d'Elektor

L'abonnement est **libre** et **gratuit**, et vous donne accès aussi aux échanges entre lecteurs et praticiens **sur le forum d'Elektor**.

La page d'accueil du site d'Elektor est mise à jour régulièrement par une équipe de rédacteurs spécialisés, curieux de l'évolution des techniques, de leurs accidents de parcours qu'on passe sous silence ailleurs, des bizarries sur lesquelles d'autres ne s'interrogent pas, et des nouveautés les plus prometteuses.

L'ensemble de ces nouvelles constitue **elektor-hebdo** pour vous aider à rester au fait de l'actualité l'électronique.



Naviguez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) et abonnez-vous !

## Répertoire des annonceurs

BETA LAYOUT	<a href="http://wwwpcb-pool.com">wwwpcb-pool.com</a>	37
CIEN	<a href="http://www.cien-expo.com">www.cien-expo.com</a>	53
DILTRONIC	<a href="http://www.diltronic.com">www.diltronic.com</a>	29
EBCONNECTIONS	<a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a>	29
EUROCIRCUITS	<a href="http://www.eurocircuits.fr">www.eurocircuits.fr</a>	13
GSE	<a href="http://www.gsenet.com">www.gsenet.com</a>	29
HAMEG	<a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a>	29
IMPRELEC	<a href="http://www.imprelec.com">www.imprelec.com</a>	29
L'IMPULSION	<a href="http://www.impulsion.com">www.impulsion.com</a>	29
LEXTRONIC	<a href="http://www.lextronic.fr">www.lextronic.fr</a>	88
MIKROELEKTRONIKA	<a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a>	19
PICO	<a href="http://www.picotech.com/scope2003">www.picotech.com/scope2003</a>	35
RADIO AMATEUR	<a href="http://www.malibrairienumerique.fr">www.malibrairienumerique.fr</a>	29
SCHAEFFER	<a href="http://www.schaeffer-ag.de">www.schaeffer-ag.de</a>	37

## Réervation d'espaces publicitaires

Réservez dès aujourd'hui votre espace publicitaire dans le magazine Elektor du mois de juillet/août 2010 !

Date limite de réservation : **le 25 Mai 2010**

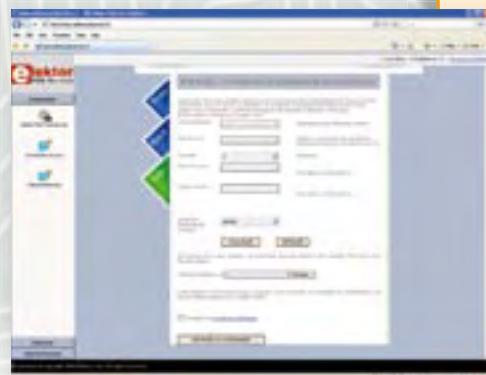
Pour toute information concernant la publicité aussi bien dans notre magazine que sur notre site internet [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) contactez :

SL Régie – Sophie Lallonder  
12, allée des Crételles, 37300 Joué-Lès-Tours  
Tél. : 02 47 38 24 60  
E-mail : [sophie.lallonder@wanadoo.fr](mailto:sophie.lallonder@wanadoo.fr)

# Elektor PCB Service

 Elektor fait briller vos cuivres

Confiez nous la production en qualité professionnelle de vos prototypes (deux exemplaires au moins, trois si possible) ou vos circuits imprimés en petites séries (de 5 à 50) !



Pour vous convaincre de la supériorité d'Elektor PCB Service, le meilleur moyen est de l'essayer :

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

### Elektor PCB Service vous propose :

- la qualité optimale au meilleur prix
- la précision et la finition industrielles
- le calcul du prix en ligne : pas de mauvaise surprise
- la vérification préalable de la faisabilité
- l'expédition sous 5 jours ouvrables
- aucun frais
- aucune clause cachée en petites lettres
- l'assurance de qualité et de service d'Elektor
- pas de minimum de commande



## Platines de développement " mikroElektronika "



**EasyPIC6:** Platine de développement pour microcontrôleurs **PIC™** avec programmeur **USB intégré**, supports pour **PIC 8, 14, 20, 28 et 40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur ICD, mini clavier, touches directionnelles, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 caractères et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). La platine est livrée de base avec un PIC16F877 ..... **137,50 €**

**Compilateurs pour PIC** Versions professionnelles avec interface IDE et très nombreuses possibilités: gestion port série, I2C™, SPI™, RS485, CAN, Ethernet, écriture/lecture sur cartes SD™/MMC™/CF™, affichage sur LCD alphanumérique/graphique, gestion de clavier, de dalle tactile, de modules radio, de calculs mathématiques, de signaux PWM, de mémoire Flash/EEPROM, de temporisations...

Compilateur **BASIC**: **150 €**    Compilateur **"C"** **215 €**    Compilateur **"PASCAL"** **152 €**



**EasyAVR6:** Platine de développement pour microcontrôleurs **AVR™** avec programmeur **USB intégré**, supports pour **AVR 8, 14, 20, 28 et 40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur JTAG, mini clavier, touches directionnelles, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 caractères et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). La platine est livrée de base avec un ATmega16 ..... **139 €**

**Compilateurs pour AVR** Versions professionnelles avec interface IDE et très nombreuses possibilités.

Compilateur **BASIC**: **150 €**    Compilateur **"C"** **215 €**    Compilateur **"PASCAL"** **152 €**

## Acquisition / Mesure / Débug

① Analyseur logique 16 voies avec 32 K/canal, échantillonage 100 Hz à 100 MHz - Trigger programmable.

**LAP-C16032** ..... **94,47 €**

Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

② Analyseur USB non intrusif Full / Low Speed. Idéal pour debug, mise au point de drivers, optimisation d'équipements USB divers. **TP320221** ..... **419 €**

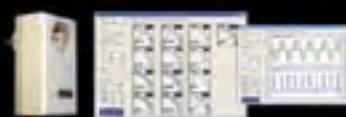
Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

## Platine de développement " BASYS2 "

Conçue sur la base d'un très puissant FPGA Spartan-3™ (Xilinx™) associé à de nombreux périphériques: BP, afficheurs, Leds, port PS2, Port VGA..., cette platine de développement est idéale pour l'apprentissage rapide des techniques de conception numérique moderne. De part son excellent rapport qualité / prix / performance, la platine "BASYS2" est probablement un des outils de développement pour FPGA parmi les plus attractifs du moment, lequel conviendra ainsi tout aussi bien pour la réalisation d'applications de décodage logique très simple comme pour la mise au point de réalisations extrêmement complexes et puissantes. La platine est livrée avec un câble USB permettant sa programmation depuis un compatible PC. Elle est compatible avec la suite logiciel disponible en téléchargement sur le site de Xilinx™.

La platine **BASYS2 100K** ..... **83,12 €**

## Analyseur de consommation énergétique



Plus qu'un énergimètre classique, le "POWERSPY" est un véritable oscilloscope numérique performant dédié à l'analyse de la consommation des équipements alimentés par le secteur, y compris ceux alimentés en mode veille. Il permet de visualiser et d'analyser (sur l'écran de votre PC) les courbes de tension, courant et puissance (pics, mesures RMS, facteur de puissance, analyse harmonique et THD, etc.). Sa liaison Bluetooth™ garantit une utilisation en toute sécurité.

Applications: Validations de produits, certifications EuP, optimisation d'alimentations à découpage, éducation...

Le boîtier **POWERSPY** ..... **460,46 €**

## Modules " ARDUINO "

Les modules **Arduino** sont des plate-formes microcontrôlées "open-source" programmables via un langage proche du "C" (dispo. en libre téléchargement). Elles peuvent fonctionner de façon autonome ou en communiquant avec un logiciel sur ordinateur.

**Circuit intégré Arduino** ..... **5,86 €**  
**Module Arduino Pro Mini** ..... **17,34 €**  
**Module Arduino Pro** ..... **19,32 €**  
**Platine Arduino USB Board** ..... **26,31 €**  
**Module Arduino Nano** ..... **52,62 €**  
**Platine Arduino Mega USB** ..... **58,60 €**

**Arduino Ethernet Shield** ..... **46,05 €**  
**Platine Arduino XBee** ..... **47,84 €**  
**Platine Arduino Bluetooth™** ..... **104,05 €**  
**Platine Arduino Base Robot** ..... **65,78 €**  
**Platine Arduino drive Moteur** ..... **23,92 €**  
**Platine Arduino PROTO** ..... **16,15 €**

## Capteurs - capteurs - Capteurs



## Platines accéléromètres

3 axes avec MMA7260QT ◆ ± 1,5 à 6 g  
Sorties analogiques ..... **22,72 €**  
3 axes avec LIS3LV02DQ ◆ ± 2 et 6 g  
Sorties I2C™ / SPI™ ..... **41,50 €**  
2 axes avec ADXL322 ◆ ± 2 g  
Sorties analogiques ..... **23,32 €**

## Platines gyroscopes

1 axe avec MLX90609 ..... **57,99 €**  
2 axes avec IDG1215 ..... **50,23 €**

## Platines accéléromètre + gyroscope

5 axes (IDG500 + ADXL335) ..... **65,78 €**  
6 axes (LPR530 + LYS30A) ... **74,15 €**

## Capteur de flexion

Sa résistance varie en fonction de la flexion infligée au capteur ..... **14,35 €**

## Capteurs de force

Modèle circulaire (diam. 6 mm) ..... **7,48 €**  
Modèle circulaire (diam. 15 mm) ..... **8,19 €**

## Capteurs potentiométriques

Leur résistance varie en fonction de la position de votre doigt.

Modèle rectiligne (long. 10 cm) ..... **16,27 €**  
Modèle circulaire (diam. 65 mm) ..... **15,99 €**

## Nouveautés - Nouveautés - Nouveautés

Bénéficiant probablement d'un des meilleurs rapport qualité / performances / prix du marché, ce boîtier vous permettra de connecter n'importe quel dispositif doté d'une liaison RS-232 à un réseau local WLAN sans fil en réagissant à la manière d'un convertisseur "WLAN < Série". Le boîtier est livré avec son antenne (prévoir alim.: 5 Vcc).  
**CSW-H80** ..... **110 €**    Dont 0,01 € d'éco-participation inclus



## La platine "FOX Board G20"

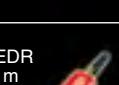
est un système embarqué économique de faible dimension pour système d'exploitation Linux, architecture autour d'un processeur ARM9™ AT91SAM9G20 @ 400 MHz d'Atmel™. Elle dispose d'un connecteur d'alimentation, d'un connecteur Ethernet (Base 10/100), de 2 ports USB 2.0 host, d'un port Client sur mini USB, d'une pile de sauvegarde pour horloge RTC ..... **174,61 €**



## Ce module de reconnaissance vocale

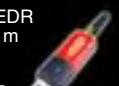
est capable de reconnaître 32 mots ou expressions que vous lui aurez préalablement appris via un logiciel sur PC (nécessite que le module soit relié au port RS232 du PC avec circuit MAX232 non livré). Le module restituera ensuite des commandes via sa liaison série lorsqu'il reconnaîtra les mots ou expressions que vous prononcerez devant son microphone. Il vous sera possible de l'interfacer très simplement via un microcontrôleur externe.

**Module VRBOT + microphone** ..... **46,64 €**



## Clef USB Bluetooth™ 2.0+EDR

Class 1, longue portée (300 m max. en terrain dégagé). Sortie sur connecteur SMA avec mini-antenne ..... **35,28 €**



Ce petit module est capable de reproduire des fichiers audio (voix, musiques, etc...) préalablement stockées sur une carte mémoire microSD™ (à ajouter).



## Boussoles Ocean Server