



## OBD-2 Réalisation

### Analyseur WiFi Un Big Brother ? Vous ?

## Banc d'essai 15 Multimètres à port série



**Inductancemètre** De 100 nH à 100 mH

**Variomètre** Le zinc siffleur

**Supertwist et PLED** Afficheurs novateurs

**CYWUSB6935** Pour quoi faire ?

**Ampli à triode** La chaleur passe !

**HD VMD face à Blu Ray** Made in China

L 19624 - 348 - F: 5,95 €



## MESURER EST/ET/ OU SAVOIR\*

Je suis du siècle où une voiture était constituée, principalement, d'un volant, de roues, d'un moteur, de sièges et d'un châssis. Je me souviens également de nombreuses interventions mécaniques, mais j'étais persuadé d'être le propriétaire de ma voiture, jouant sur le réglage des soupapes comme je l'entendais, heureux que j'étais d'avoir un véhicule fonctionnant toujours parfaitement. S'il faut en croire ce que raconte Chris (rédacteur technique du laboratoire d'Elektor et fervent « tuner » à ses heures perdues) cette liberté totale tient du passé. La voiture, en fait l'ordinateur de bord qu'elle comporte, permet au conducteur de s'asseoir à son volant, mais ensuite c'est lui qui en prend le contrôle.

L'analyseur OBD-2 décrit dans ce numéro vous apprend, en français dans le texte, ce qui se passe sous le capot de votre voiture. La mise au point de ce joli projet s'est avérée l'occasion d'une réflexion - OBD-2 ne vous dit pas tout des informations qu'il récolte tout au long du fonctionnement de la voiture; votre garagiste ne vous raconte pas tout lui non plus et, si l'ordinateur de bord gagne encore en intelligence, et qu'il enregistre, à l'image d'une « boîte noire » d'un avion, les informations de la route suivie et de la vitesse à laquelle s'est fait le trajet, qui sera alors le propriétaire de cette information ? Vous/le concessionnaire/le hacker/le constructeur/le gouvernement ?\*

Le multimètre est un instrument de mesure classique dont ne saurait se passer un amateur d'électronique. Il en existe de toutes sortes et tailles, mais ceux qui sont dotés d'une interface sérielle nous ont paru particulièrement intéressants. Nous allons, dans le banc d'essai qui leur est consacré, les examiner d'un peu plus près et voir ce qui les différencie.

Il se pourrait fort bien que vous n'ayez pas d'« atomes crochus » pour OBD-2 et que vous n'ayez que faire d'un nouveau multimètre mais que vous soyez intéressé par un bel amplificateur à tubes. Lorsque nous avons agencé ce numéro, nous avons pensé à vous aussi !

**Wisse Hettinga**

Rédacteur en chef international adjoint



# Mesures au...

Un multimètre fait partie de la panoplie d'outils standard de l'électronicien. On peut, grâce à lui, mesurer aisément tension, courant et résistance. Mais les multimètres actuels « peuvent » bien plus encore, mesurer des capacités et des

## 52 Analyseur OBD-2 compact



Le nouvel analyseur, qui identifie automatiquement tous les protocoles OBD-2, fournit un aperçu approfondi de l'électronique automobile moderne.

Cet appareil de poche se passe complètement de PC. D'un maniement aisément, il permet de lire les codes de panne et de réinitialiser la mémoire de problèmes ainsi que le voyant de contrôle MIL du véhicule sans mettre les pieds dans un atelier.



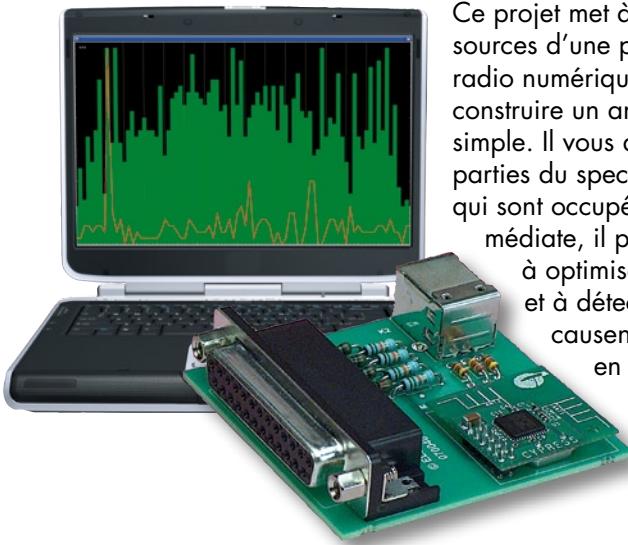
\*rayer la mention inutile



## cordon

fréquences par exemple. Certains exemplaires peuvent en outre, pour l'acquisition de données, être reliés à un PC. Dans le présent article nous allons nous intéresser à (pratiquement) tous les appareils dotés de cette option disponibles aujourd'hui.

### 32 Analyseur de spectre WiFi 2,4 GHz



Ce projet met à profit certaines ressources d'une puce de récepteur de radio numérique à 2,4 GHz pour construire un analyseur de spectre simple. Il vous donnera une idée des parties du spectre WiFi à 2,4 GHz qui sont occupées à proximité immédiate, il peut même vous aider à optimiser le choix d'un canal et à détecter les appareils qui causent des interférences, en raison de l'accès universel sans licence à la bande ISM.

### 44 Push-pull de triodes en classe A

Nous célébrons cette année le centième anniversaire de la découverte de la triode par Lee de Forest. Il est intéressant de constater que les étages de puissance à triodes occupent encore une place enviable dans les amplificateurs audio de haut de gamme. Ils sont souvent très chers. Le projet présenté ici combine la qualité optimale à une réalisation de prix abordable.



## théorie

**59** Confrontation d'OBD à l'écologie, au marché et à Big Brother

## pratique

- 32** Analyseur de spectre WiFi 2,4 GHz
- 38** Variomètre acoustique
- 44** La sonorité du tube
- 52** Analyseur OBD-2 compact
- 62** Coil Clinic l'inductance de 0,1 µH à 100 mH sur écran LCD
- 66** Oscilloscope Linux
- 74** Flowcourse : système d'alarme - Traiter des stimuli

## technologie

- 20** Multimètres de poing à interface série
- 78** Bruits de labo - Sachez ce que vous mesurez

## info & marché

- 6** Ours
- 8** Courrier
- 10** Les échos du forum
- 12** Infos & Actualités
- 18** Au coeur du premier lecteur HD VMD de NME
- 84** Avant-première

## récréation

- 72** Pont d'impédance du type 1650-A (1960)
- 79** Hexadoku



30<sup>ème</sup> année, N° 348 juin 2007

ISSN 0181-7450



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

Numéro de compte : 002-007-69-901  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 6990 192  
BIC : ABNAFRPP

Monnaie : Euro – Branche ABN AMRO : Paris, France

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

Elektor paraît 11 fois, le numéro de juillet/août est un numéro double.

Il existe, sous le nom Elektor, des éditions anglaises, allemande et française, et sous celui d'Elektuur, une édition néerlandaise. Elektor est vendu dans plus de 50 pays.

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

**Rédacteur en chef international :** Mat Heffels  
**Adjoint :** Wisse Hettinga

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

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

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

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

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

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

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

**Secrétariat de rédaction :** Hedwig Hennekens

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

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

**Directeur/éditeur :** Paul Snakkens

**Responsable du marketing :** Carlo van Nistelrooy

**Responsable des ventes :** Margriet Debeij

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

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

#### DROITS D'AUTEUR :

© 2007 Segment B.V.  
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions

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

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

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

Imprimé aux Pays-Bas par  
Thieme Rotatie – Zwolle

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

#### Prix au numéro

France	5,95 €
DOM Surface	7,00 €
DOM Avion	8,75 €
Belgique	6,55 €
Suisse	11,25 FS
Canada	8,35 \$Can

#### Abonnement d'un an standard

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

#### Étudiant

France	50 €
Belgique	55,12 €

#### Abonnement de 2 ans standard

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

#### Étudiant

France	90 €
Belgique	99,22 €

#### Abonnement PLUS d'un an

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

#### Étudiant

France	59,95 €
Belgique	65,07 €

#### Abonnement PLUS de 2 ans

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

#### Étudiant

France	109,90 €
Belgique	119,12 €

Sous réserve de modification de prix.



## 18 générateurs de fonctions

C'est avec un grand intérêt que j'ai lu l'article sur les générateurs de fonctions. Je tenais à vous signaler une erreur en ce qui concerne le générateur HM8030-6 de Hameg. Ayant conçu cet instrument je vous informe que contrairement à ce qui est écrit celui-ci possède une entrée VCF accessible à l'arrière du module de base (cette fonction est bien entendu décrite dans le manuel d'utilisation). Par ailleurs une sortie toujours à l'arrière du module de base délivre un signal en dent de scie correspondant à la wobulation interne, très utile pour un relevé de bande passante par exemple.

Cordialement

**Michel Waleczek**

*Elektor regrette bien évidemment cette erreur (humaine). Il est difficile, en un mois, de faire le tour de toutes les possibilités de 18 appareils. Il est vrai en outre qu'Elektor ignorait que vous étiez le concepteur de ce superbe appareil, sinon nous vous aurions bien entendu posé la question...*

## Scie pour carrelage pratique

J'aimerai bien partager une expérience quant au sciage de platines. Lorsque l'on fabrique, de temps à autre, un circuit imprimé on se trouve, souvent, confronté au problème de lui donner la taille requise. On peut bien évidemment utiliser une pince à découper la tôle, mais lorsque l'on n'en a pas sous la main il ne reste pas d'autre solution que la scie. Scier un circuit imprimé, cela va encore, mais s'il y en a

plusieurs, il est pratique de faire appel à l'électricité. Il s'agit d'un outil que tout le monde n'a pas chez lui, mais une scie pour carrelages fait de cette opération un jeu d'enfant. Ce n'est peut-être pas une option à laquelle on pense de premier abord. Mais cela marche parfaitement. Il ne reste plus qu'à passer à la ponceuse et l'affaire est réglée. Un petit truc méritant peut-être votre Courrier ?

**Mac**

*Merci de cette contribution pratique. Elle aura indubitablement sa place dans la rubrique Courrier.*

## Multimètre de supermarché imprécis (1)

En tant que propriétaire d'un multimètre de « supermarché » votre article du numéro de février m'a beaucoup intéressé. Mon multimètre a exactement la même origine à ceci près qu'il s'appelle, lui, Digi-tool. Je ne sais pas son âge mais il doit bien avoir deux ans. À l'époque, j'avais été alléché par la précision, 1%, et cela pour pas même 16 €. C'est exactement ce dont j'avais besoin ! J'allais enfin pouvoir

faire les bricoles qui étaient encore en plan (et le sont toujours d'ailleurs). Le multimètre n'a en fait guère servi depuis son achat. La semaine dernière j'ai acheté une nouvelle alim pour mon ordinateur. Comme la carte-mère, neuve elle aussi, ne voulait pas donner signe de vie, je me suis mis à mesurer les tensions fourries par l'alimentation et à ma grande surprise, là où j'aurais dû avoir 12 et 5 V je mesurais respectivement 10,6 et 4,6 V. Ma vieille carte-mère fonctionnait encore correctement elle. J'ai donc appelé mon vieux multimètre analogique à la rescousse et les valeurs qu'il donnait lui étaient OK. Pour me rassurer, j'ai juste vérifié la tension de batterie de ma voiture moteur tournant : le multimètre analogique donnait 13 V. Conclusion : le multimètre analogique donne une meilleure indication de la vraie valeur de tension que son homologue numérique.

Ce dernier a fini au seul endroit où il est d'une utilité quelconque, dans la camping-car où il me sert de détecteur de tension de luxe. L'article disait : « les spécifications indiquées sont garanties pour un an, il se peut qu'il faille après effectuer une calibration ». Pour ma part, voici ce que je ferai de cette conclusion : « ... si tant est qu'une calibration soit ensuite encore possible ».

**ing. Hans Leefkens**

*Les tolérances que vous avez relevées sont relativement fortes; il est fort probable qu'une recalibration n'y change pas grand chose. Nous n'avons bien évidemment pas d'expérience quant à la précision à long terme de ce type de multimètre mais il est évident qu'il ne faut pas s'attendre à monts et merveilles de la construction mécanique*



*(rotacteur) pour un petit billet de 5 euros. Vu son prix ridicule, vous pourriez peut-être essayer de démonder le multimètre pour voir s'il n'y aurait pas, peut-être, un problème de contacts oxydés.*

## Code-source

J'ai lu avec grand intérêt votre article du numéro d'avril 2007 « Badge électronique ». J'ai été très déçu de constater que seul le fichier .hex de ce programme était disponible au téléchargement. Normalement, les articles que vous publiez poussent à poursuivre les développements de manière à adapter une réalisation à ses propres besoins. Dans ces conditions, cela est parfaitement impossible. Normalement, vous proposez également le code-source, pourquoi ne le faites vous pas cette fois ?

**Rainer Hopfauf**

*Cette absence du code-source est due à une panne de communication entre le rédacteur de l'article et son auteur. Nous n'avons malheureusement constaté que le téléchargement ne comportait que le code .hex après parution du magazine. Il nous a fallu alors quelques jours avant de résoudre ce problème et pouvoir proposer également le code-source dans le fichier à télécharger.*

## Multimètre bon marché (2)

J'ai lu avec grand intérêt votre article consacré aux multimètres bon marché du numéro de mars 2007. S'agissant d'un « article informatif » il aurait mérité de mentionner certaines informations additionnelles.

Informations de base quant à la catégorisation CAT :

- Dispositif de sécurisation adéquat ou non (cahier des charges du circuit, danger de création d'arcs électriques...)
- Risques potentiels d'un « calibre 10 A non protégé par fusible (unfused) » pour l'utilisateur lors du test de système électriques
- Pourquoi un support de

test de transistor intégré au multimètre peut constituer un danger pour l'utilisateur (risque de contact) – Pourquoi il est préférable par conséquent de ne pas mesurer sur le calibre de tension maximal avec « ces machins à 5 € ».

Dans la pratique, la mauvaise qualité de contact du rotateur multifonction, lorsque l'appareil prend de l'âge constitue souvent une source de problème pour l'utilisateur. Il faut être conscient de l'absence quasi-générale, sur ce type d'appareil, de dispositif de blocage de plot (de signal acoustique) en cas d'erreur de manipulation (important pour le débutant et le « technicien occasionnel »). Les contacts des plots de 4 mm ne sont souvent soudés que d'un côté et ont ainsi tendance à lâcher avec un risque potentiel de coupure. Il est bon aussi de signaler qu'un multimètre à coque caoutchoutée supporte une chute occasionnelle d'une échelle, ce qui n'est pas le cas des appareils à 5 « sous » décrits...

Je n'ai pas non plus trouvé d'indication quant à la qualité des câbles de mesure fournis ainsi que sur les qualités que doivent posséder de bons câbles de mesure.

**Alfred Fuchs**

### Multimètre bon marché (3)

Il est, à mon avis, deux aspects majeurs expliquant le prix (très abordable) que vous n'avez pas évoqué dans votre article :

1. On peut lire, sur l'appareil, qu'il est, en surtension, catégorisé CAT-1 600V (Cf. EN 61010-1 ou IEC 61010-1).

L'appareil se trouve de ce fait dans la catégorie la plus faible de possibilités. Son utilisation se limite par conséquent aux mesures sur des boucles de courant protégées, c'est-à-dire à réseaux de courant n'étant pas reliées directement au réseau secteur (accus). On peut également effectuer des mesures à

l'intérieur d'appareils, c'est-à-dire en aval du transformateur secteur. Une simple mesure de la tension secteur à une prise secteur pourrait déjà, si la foudre frappait à ce moment-là, entraîner un accident mortel.

Un bon multimètre de poing est catégorisé CAT-4 600V voire CAT-3 1000V.

2. Sur ce type d'appareil, la protection contre les courts-circuits est presque un crime. Il n'en est pas soufflé mot à l'utilisateur lors de son achat dans le supermarché. Mais que se passe-t-il en cas de choix malencontreux d'un calibre erroné ?

Le scénario « worst case » : positionnement sur le calibre ampèremètre lors de la mesure de la tension au point d'entrée de la tension secteur dans son habitation. Le petit fusible soudé n'est pas en mesure de supporter l'énergie produite lors de la coupure du court-circuit de mesure. Il y aura, tant que le disjoncteur domestique n'aura pas agit, circulation d'un courant de court-circuit de plusieurs kA à travers l'appareil. En d'autres termes, l'appareil et les câbles de mesure partiront en fumée, l'utilisateur risquant de graves brûlures si ce n'est de se trouver pris dans la boucle de courant avec les conséquences que l'on peut imaginer.

Ma conclusion : ce type d'appareil peut servir à effectuer des mesures sur un réseau ferroviaire miniature ou être donné en cadeau avec les boîtes d'expérimentations électroniques offertes aux adolescents. J'apprécierai que vous informiez vos lecteurs sur les aspects de sécurité décrits plus haut.

**Ulrich Laag**

*Voilà qui est fait. Réponse de l'auteur de l'article, Fons Janssen, confronté à ces remarques : les remarques sont justifiées. Il ne faut cependant pas oublier que le mode d'emploi comporte un paragraphe consacré à la sécurité, ce qui explique que je n'ai pas voulu reprendre et citer cet aspect de choses dans un article publié dans un magazine professionnel*

## Truc pour les accus : NiMH à auto-décharge faible

**Utilisables immédiatement comme une pile - mais rechargeable !**

Il existe, depuis quelques mois, des accus NiMH qui, disent leurs fabricants, présentent une auto-décharge faible, typiquement de moins de 20% au bout d'un an et de 30% après 2 ans. Dans le commerce, ces accus sont vendus chargés à 100%. De par leur faible auto-décharge, ils restent « frais et dispos » et peuvent être utilisés dans la foulée. Les accus NiMH requièrent eux d'avoir subi une première charge avant de pouvoir être utilisés.

De par la faible auto-décharge l'un des inconvénients majeurs des accus NiMH que présentent par rapport aux piles disparaît, de sorte que l'on peut également envisager d'utiliser ces accus pour des appareils à consommation de courant (relativement) faible ou irrégulière. Autre avantage, ces nouveaux accus NiMH ne sont pas plus chers que des accus NiMH « ordinaires » de marques connues.

Jusqu'à présent, ces nouveaux accus n'existent que dans les deux tailles les plus courantes (AA, LR6 et AAA, LRO3). Leur capacité est quelque peu inférieure à celle des accus NiMH les plus coûteux disponibles actuellement et se situe aux alentours de 2 100 mAh pour les AA et de 800 mAh pour les AAA. Rien ne les différencie sinon des autres accus NiMH de sorte qu'ils peuvent être utilisés dans les mêmes appareils que ces derniers.

Voici la liste des noms des accus NiMH à auto-décharge faible en vente actuellement :

AccuPower AccuLoop, Ansmann MaxE, Sanyo eneloop, Uniross Hybrio et Varta Ready2Use

#### Liens Internet :

[www.accupower.de](http://www.accupower.de)

[www.eneloop.de](http://www.eneloop.de)

[www.varta-consumer.de](http://www.varta-consumer.de)

[www.ansmann.de](http://www.ansmann.de)

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

*(destiné donc, en premier lieu, à des professionnels). Mon article avait pour but premier d'aborder les aspects technologiques et de précision des mesures. Dans son principe, je suis d'accord avec les remarques des courriers : l'aspect sécurité n'est jamais trop souligné...*

## MISES AU POINT

### Spoutnik donne l'heure (060350-I)

*Elektor n°343, janvier 2007, page 46 et suivantes*

La liste des composants de ce projet comporte une petite erreur. Il y est mentionné une résistance R15 qui n'apparaît pas sur le schéma. Il faudrait lire R9, qui apparaît dans le schéma mais pas dans la liste des composants. R9 vaut 10 kΩ. De plus, le condensateur C8 est paramétré à 10 µF/4350 V sur le schéma mais à 4µF7/400 V dans la liste des composants. Ces deux valeurs sont acceptables. En principe, on pourrait même se contenter de 4µF7/180 V, vu le faible courant que le circuit dérive de la section haute-tension.

# Les échos du forum

Yves Masquelier

**Le Forum c'est souvent le plus court chemin d'un problème à une solution.**

Je vous ai abandonnés pour le numéro du mois d'avril, "ne te découvre pas d'un fil" disait le dicton, ceux qui lui ont fait confiance plutôt qu'à leur thermomètre digital ont probablement sué. J'avais moi-même sué, mais c'était en mars pour vous préparer l'édition spéciale de mai ("fais ce qui te plaît") sur une version du lecteur RFID qui a peut-être intéressé les inconditionnels des PICs et ceux qui souhaitaient en savoir un peu plus sur la RFID. J'en profite pour remercier Florent, Pascal et Yves qui m'ont aimablement prêté leur(s) cartes en répondant à ma demande suivis en cela par la rédaction qui m'a offert un stock de cartes non écoulées.

*Ce mois-ci, après le rappel des questions sans réponse, je ne parlerai que des sujets qui concernent des articles parus dans notre revue..*

## Les nouvelles questions sans réponse :

**VB net (2005) et lecteur RFID :** "Orphee03" qui dispose de 3 lecteurs RFID (version KIT) gérés sur la même machine par un programme en Visual Basic ne récupère pas systématiquement la liaison avec tous ses lecteurs après un arrêt et doit désinstaller puis réinstaller les pilotes. Qui connaît la marche à suivre pour rétablir la liaison ou, en cas d'impossibilité, pour effectuer la désinstallation / réinstallation par logiciel ?

**Flowcode :** Serge alias "jamaica", demande de l'aide pour récupérer les "variables" concernant les différents switches (et probablement autres composants) de ses modules E-BLOCKS  
**ADC dsPIC33F(sur Explorer16) :** "numamonjaa" ne parvient pas à obtenir des valeurs cohérentes lorsqu'il traite les données issues du convertisseur Analogique/Digital sur la carte de développement. Certains d'entre-vous ont peut-être la solution ou ont rencontré la même difficulté ?

**PICKit intégré :** Fabrice alias "VANISHEUR" souhaite des éclaircissements sur le 18F4550 qui équipe l'Explorer 16 en particulier sur la similitude possible de fonctions avec celles du PICKit2.

**Ampli Mono Ecoenergy (20 50W) pour être branché sur des batteries :** "meilili" s'interroge et surtout interroge les lecteurs du forum pour l'aider à trouver le meilleur compromis dans le choix de batteries pour alimenter un appareil assez "énergivore"

**Recherche pièce TV :** "HRH" recherche pour un TVC SABA T7045 chassis ICC5 la double bobine LG11. Si vous pouvez l'aider n'hésitez pas.

**Aide ICAP4 :** "Dedelatruffe" cherche des praticiens du logiciel ICAP4 de chez INTUSOFT pour l'aider dans sa démarche.

**Programmateur Dartagnan :** "RC" qui souhaite réaliser ce programmeur souhaite savoir s'il y a des mises à jour du soft pour programmer des EEPROM de la série 27\*\*256, 512.

En passant, si vous souhaitez monter un ordinateur portable dans une boîte d'allumettes (de ménage, pour rester raisonnable), un émetteur/récepteur multi-canaux avec fonction visiophone sertissable dans votre bague ou autre gadget sympa du même genre, sans rien connaître à l'électronique bien sûr, n'attendez pas trop de réponse sur ce forum.

Sur les fils de conversations concernant les articles publiés sur ELEKTOR j'ai repéré quelques points intéressants.

## RFID

**Problème d'affichage :** "Apollo1088" a eu des problèmes d'affichage récurrents jusqu'au 19 mars puis plus de nouvelles. Aurait-il résolu cette anomalie ? L'ami "Kuovadis", un autre Yves, aurait probablement aimé savoir si ses conseils ont servi.

**Lecteur RFID à PIC :** Je crois qu'Alain alias "pauvrepiki" aura été comblé par l'édition spéciale des échos du forum du numéro de mai. Ce n'est pas à son intention que je me suis lancé dans cette réalisation mais pour voir jusqu'à quelles limites il était possible de pousser un PIC16. Pour ma part j'en ai retiré beaucoup de connaissances sur la RFID et je pense avoir aussi progressé sur la famille PIC.

**Antenne RFID imprimée :** J'ai transmis quelques informations concernant les "bobinages" constituant l'antenne du lecteur RFID expérimental et "DJOSTYLE" semble préférer, pour des raisons esthétiques, les antennes réalisées en circuit imprimé. Une petite référence à des sources d'informations étant préférable à tout long discours voici le lien au site de C. Tavernier : <http://www.tavernier.c.com/bobinages.htm> et à une source très technique de MICROCHIP : <http://www.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00710c.pdf> et enfin à un ouvrage de P. Gueulle : Réalisez vos récepteurs en circuits intégrés paru en 1983 et probablement introuvable aujourd'hui.

**Horloge RFID :** Il n'y a pas d'horloge autonome sur les cartes (appelées PICC **Proximity Integrated Circuit(s) Cards**). C'est l'horloge du lecteur et son émission par l'antenne qui est utilisée à la fois pour piloter le processeur présent dans la carte et pour alimenter celle-ci par induction.

*J'ai remarqué que ce sujet semble particulièrement prisé des étudiants devant présenter un travail de fin d'année. Je leur souhaite des prestations captivantes et serais heureux qu'ils nous fassent part de leurs réalisations.*

## R8C/13 et autres RENESAS

**Problème I2C sur R8C27 :** "lolorenas" éprouve des difficultés avec les interruptions mais il reste muet lorsque "tolen" de RENESAS France lui a fourni des voies d'investigations et lui demande des précisions. Est-il dépanné, si oui comment ? Ce mutisme n'est pas une attitude qui incite à fournir une assistance, je suis persuadé que "tolen" aimerait savoir si ses informations ont été utiles. Les autres lecteurs du forum n'en connaîtront pas non plus le degré de fiabilité.

**Écrire dans la mémoire Flash de données :** "dorian" de son côté ne dit pas à "swalger" si ses précisions lui ont permis de transmettre ses données dans la mémoire Flash. C'est dommage pour tous.

## Analyseur OBD 2

**Marques et types de voitures déclarés (bon/pas bon pour le service) :** Tous les véhicules sur lesquels l'analyseur OBD-2 a été testé avec succès (ou est obstinément resté muet). Une liste mise à jour serait la bienvenue.

*Les autres fils de discussion sur ce sujet sont spécifiques à un modèle de véhicule, une version de programme, un mode de communication donc trop particuliers pour en discuter dans*

The screenshot shows the Elektor website's forum section. The top navigation bar includes links for 'accueil', 'magazine', 'réalisations', 'e-échoppe', 'abonnements', 'e-blocks', 'forum', 'services', and 'RSS'. The main content area is a forum thread titled 'Messages de la rédaction (lecture seule)'. The thread lists several posts from users like 'Notes et Remarques Importantes', 'CD-ROM Année 2006', and 'CD-ROM Année 2006'. The sidebar on the right contains links for 'Rechercher', 'Services' (including 'BLOG (newbie)', 'Fraiseuse + vidéo', 'e-weekly GRATUIT', 'FAQ', 'Mes questions', and 'FAQ GPS USB'), 'Vie privée' (with links to 'Profil', 'RBC et compagnie', 'e-Briques + FPGA flexibles', 'Carte d'émulation FPGA', and 'Téléphone rotatifique SF'), and 'Nouveau FlowCode pour les E-blocks'.

ces lignes. Je convie les lecteurs intéressés par ce sujet de se rendre sur le forum.

## E blocks

**Erreur PICmicro has not been erased :** Philippe alias "phillou" s'était trouvé devant l'impossibilité de programmer un PIC16F84A sur E-Block version PRO alors que d'autres références étaient programmées sans difficultés. Après s'être dépanné lui-même il a eu la bonne idée d'écrire : "J'ai installé la dernière version de PPP sur le site de Matrix et a cette fois bien programmé le 16f84A". Merci à lui pour cette information.

## Explorer 16

**Problème de compilation :** Ces problèmes se sont produit avec le compilateur C30 sous Vista. "redcat" nous signale : "j'ai vu effectivement, il y a quelque temps, un message sur le forum de Microchip parlant de problèmes de compatibilité de C30 sur Vista.

La réponse disait simplement qu'ils travaillaient à faire une version compatible Vista, sans plus d'infos."

Je n'ai rien de nouveau de mon côté.

**USB interne de l'Explorer 16 :** Fabrice alias

"VANISHEUR" éprouve des difficultés pour mettre à jour le FIRMWARE de la puce 18F4550 de l'explorer 16.

Après s'être renseigné auprès de MICROCHIP il a pu nous dire : "Pour le moment, le pic 18F4550 intégré sur la carte explorer 16 qui gère l'USB est vierge car le firmware n'est pas encore dispo, on me confirme qu'il le sera prochainement. En conséquence, SURTOUT ne vous arrachez pas les cheveux en essayant la manip qui se trouve à la fin de l'Explorer 16 User's Guide, ça ne MARCHERA PAS".

A l'heure où j'écris ces lignes je ne dispose pas de nouvelles informations.

**Tirs des soucis avec demo2 :** "scoubychris" avait des problèmes avec le programme de démonstration "DEMO2" après avoir placé l'ensemble des fichiers à compiler dans le répertoire "C:\explorer 16\demo2" sur les conseils de Luc alias "Luquiluc" il nous a signalé que tout était rentré dans l'ordre.

**Extension Explorer 16 :** Fabrice alias "VANISHEUR" désire se procurer les deux connecteurs d'extension de la carte Explorer-16. C'est "MAESTRO" qui nous signale que ces composants sont disponibles chez MICROCHIP (<http://www.microchipdirect.com/ProductDetails.aspx?Catalog=BuyMicrochip&Category=Other&mid=13>) et que la référence est : "Part Number: CON0197 120 Contact Card Edge Connector". Une autre piste nous est fournie par "L.Lemmens" : "Le connecteur est un MEC 160 02 S D A de Samtec. Digikey ordercode SAM8121 ND. ".

Merci à eux.

**RTOS PIC24&DSPIC :** "MAESTRO" nous invite à découvrir sur <http://www.freertos.org/> un système d'exploitation "temps-réel" libre avec codes sources destiné aux micro-contrôleurs. Il prend en compte les pic18, pic24 & dspic, ainsi que d'autres familles de micro-contrôleurs.

Il est fourni avec un code exemple pic24 & dspic fonctionnant avec l'explorer16.

**Bugs sur l'interface LCD graphique :** "JeuLeuVeu" nous fait part de son expérience de plusieurs mois sur l'Explorer-16 et nous signale une erreur sur l'interface LCD. Il nous indique également les types d'afficheurs conseillés par MICROCHIP

sur cette carte. Jean alias "jean93" complète l'information en précisant qu'il existe 2 références possibles F 51320GNB LW AB et F 51320GNB LW AEN (Ref Optrex) respectivement 73 1219 ND et 73 1285 ND (Ref Digikey)

**Fichiers à télécharger introuvable Avril 07 :** Jean alias "jean93" l'avait signalé en début avril et à l'heure où j'écris ces lignes les fichiers "Guide pour créer vos propres fichiers de parole/son" (CreateYourOwnSoundFiles.pdf) et "Guide pour la création de FAT et la gestion de cartes CF" (FATUtil.pdf) ne sont toujours pas disponibles. Lorsque vous me lirez ce ne sera plus qu'un souvenir, je l'espère.

**LCD Explorer 16 :** Louis alias "lour556" disposait de routines parfaitement fonctionnelles avec l'écran LCD de la carte Explorer 16 (et commentée en français !) Mais il ne parvenait pas à les mettre à disposition du Forum. Je me suis fait un plaisir de les placer dans un fichier compressé à la suite de son propre message. Voici le lien direct : [http://www.elektor.fr/portals/0/NtForums\\_Attach/142695010971.zip](http://www.elektor.fr/portals/0/NtForums_Attach/142695010971.zip)

Voici la liste des fonctions disponibles actuellement :

- Affichage d'un caractère ASCII
- Affichage d'une chaîne de caractère contenue en RAM
- Affichage d'une chaîne de caractère contenue en ROM
- Affichage d'un entier de type int signé
- + différentes routines de commandes (initialisation, positionnement curseur, effacement...)

Merci à lui.

## Fraiseuse Profiler

**Formats d'importation de fichiers :** Sur ce fil vous apprendrez que les logiciels fournis avec la fraiseuse sont spécifiques à la gamme du fournisseur COLINBUS et que seul le format HPGL est accepté par la version COLIDRIVE initialement livrée avec les premières machines. Une mise à jour accepterait les fichiers au format PLT. Quelques filières pour trouver des logiciels produisant ces formats de fichiers à partir d'autres formats.

**Autres fils sur le sujet :** Des impressions fournies par ceux qui ont monté le KIT, quelques conseils de montage pas inutiles. D'excellents conseils prodigués par Gérard alias "escartefigue33" dans la discussion "Ma fraiseuse est arrivée". Et pour suivre les phases du montage vous pouvez faire un tour sur le blog réalisé par Bernard Floch alias "BF" sur le forum : <http://www.elektor.fr/Default.aspx?tabid=119&mid=712&ctl=ViewEntry&EntryID=43>.

# Supertwist et PLED

## Petits afficheurs novateurs

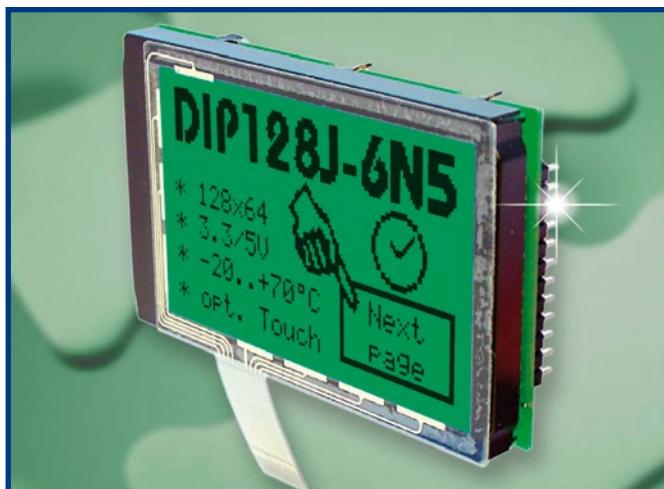


Figure 1. Compatible avec absolument tout : la série DIP de Electronic Assembly.

### Rolf Gerstendorf

Il est de bon ton, aujourd’hui, de doter d’un afficheur tout petit appareil électronique que chacun de nous projette. Si, autrefois, nous ne disposions que de simples modules LCD ou à LED à 7 segments ou matrices de points, la variété actuelle des techniques, des interfaces, des formes de modules a de quoi déconcerter.

### LCD

Toujours plus grands, plus plats, plus contrastés, les afficheurs à cristaux liquides ou LCD ne cessent d’évoluer. L’électronicien pourrait surtout profiter de l’amélioration constante du contraste. Si le contraste de 3:1 des modules d’affichage à nématische en hélice (TN) du siècle dernier avait quelque chose d’irritant, le contraste de couleur de 7:1 des STN (afficheurs à matrice passive à simple balayage) est réconfortant. Les fabricants des doubles et triples TN (monochromes) annoncent même des contrastes de 15:1. Rien ne s’oppose donc plus à l’utilisation d’un afficheur graphique dans un milieu relativement lumineux.

Les interfaces des modules LCD progressent également. Les interfaces RS232 ou I²C des nouveaux produits facilitent considérablement la commande et la connexion aux microcontrôleurs.

Electronic Assembly [1] propose la nouvelle série DIP de petits afficheurs (alphanumériques de 1 x 8 à 4 x 20 ainsi que quatre mo-

dules graphiques) en technique STN qui se révèlent extrêmement conviviaux. Les modules se posent et se soudent très simplement, sans aucun matériel de montage. Aucune partie ne fait saillie sur la platine, l’afficheur utilise la place disponible de façon optimale. Les afficheurs sont tous équipés de contrôleurs standard. Les afficheurs de texte sont compatibles broche à broche avec le HD44780 et ses instructions; les afficheurs graphiques embarquent un SED1520, KS0107/0108 ou un T6963. Les modules d’une même série, également compatibles broche à broche et d’un encombrement identique, sont donc interchangeables - à condition de modifier le programme en conséquence. Il est toujours possible de remplacer un afficheur graphique ou de texte par une version plus récente, bien sûr améliorée. Les afficheurs intègrent un rétroéclairage à LED, jaune/vert, bleu/blanc, ambre ou b/n (**figure 1**).

Les magasins d’électronique [2] proposent des LCD sériels (2 x 16, 4 x 20) de Parallax. Ils se commandent sur une seule ligne à niveau TTL et de 2400 à 19200 bauds. Les caractères à représenter (noirs sur fond vert) sont envoyés en code ASCII 32 à 127. Il est possible de définir huit caractères personnalisables. Ces afficheurs admettent en outre divers codes de commande, du positionnement du curseur ou du rétroéclairage, par exemple.

Les LCD graphiques de Matrix Orbital (commercialisés par Antratek [3]), grâce une commande par points, permettent l’affichage de n’importe quelle information - points, lignes, barres et graphiques en mode point. Il est également possible d’afficher du texte mêlé à des éléments graphiques. Ces LCD graphiques sont également équipés d’un rétroéclairage paramétrable par programme (**figure 2**).

Les LCD smectiques ferroélectriques (FLC) sont encore dans les laboratoires de recherche. Les cristaux ferroélectriques conservent très longtemps les champs électriques. On peut, avec eux, imaginer un écran qui conserve une image chargée pendant des semaines voire des années tant qu’il ne reçoit pas une impulsion qui l’efface. Les cristaux liquides ferroélectriques présenteraient également des avantages pour des applications « normales ». Il ne serait, par exemple, pas nécessaire de rafraîchir aussi souvent des champs d’image en mode point, ce qui soulagerait d’autant l’électronique de commande. On peut en attendre également un contraste amélioré.

### Les afficheurs (O)LED...

Même si tout le monde parle d’OLED : l’innovation touche aussi les afficheurs à LED classiques. Avago Technologies [4] présente ainsi avec ses HCMS-2919/2976 deux afficheurs alphanumériques intelligents à matrice de 5 x 7 points à LED. Leur affichage bleu est très lisible, même à la lumière naturelle. Ils se présentent en boîtiers rectangulaires étroits de 8 caractères aux dimensions d’une pile AAA. Les afficheurs sont commandés par des circuits intégrés CMOS et se connectent directement au bus série d’un microprocesseur - sans composants d’interface supplémentaires. L’implantation d’une commande de luminosité ne pose aucun problème. Le clou : l’assemblage par emboîtement des afficheurs à LED, horizontalement ou verticalement, permet de représenter de plus grandes quantités de caractères.

Avec le développement des OLED, diodes électroluminescentes organiques, la technologie des cristaux liquides a trouvé un concurrent sérieux. La fabrication d’afficheurs à OLED est économique, leur affichage est brillant, contrasté et lisible sous tous les angles. Une OLED éclaire par elle-même et n’a donc pas besoin de rétroéclairage éner-



Figure 2. Les afficheurs graphiques de Matrix Orbital sont disponibles chez Antratek.

givore. Comme le matériau des OLED peut s'imprimer sur à peu près n'importe quel support, on peut également imaginer des écrans souples et très plats - par exemple pour papiers électroniques. Les OLED sont, de plus, très rapides et présentent une très bonne profondeur de couleur (sans le filtre couleur nécessaire aux LCD), l'application de cette technologie aux écrans (téléviseurs, moniteurs) vient au premier rang. Les fabricants ont, entre-temps, bien pris en main les problèmes de longévité, d'abord faible. Les PLED utilisent des matériaux polymères dopés différemment dont l'efficacité est encore plus élevée.

Bien que les afficheurs à OLED/PLED intéressent en premier lieu les fabricants d'appareils portables alimentés par accumulateurs (téléphones, lecteurs MP3), les électroniciens ne sont pas oubliés. Ces derniers mois, toute une série de petits afficheurs alphanumériques et graphiques, monochromes et en couleur sont arrivés sur le marché.

Densitron [5] propose une petite palette d'afficheurs à OLED, 160 x 128 pixels pour les plus grands, dont certaines caractéristiques sont singulières. Le DD-32645 est, par exemple, divisé en zones de couleur différente. Le nouveau DD-12864 est particulièrement intéressant. Il s'agit d'un afficheur blanc de 26,7 x 19,26 mm, d'une épaisseur de 2,1 mm seulement, avec une résolution de 128 x 64. L'afficheur offre un contraste de 1 000:1 et un angle de vision extrêmement grand de 160° dans toutes les directions. Le module s'alimente sous 2,8 V et ne consomme que 54 mW pour une utilisation de 50% des pixels, à pleine luminosité. Il dispose d'une interface parallèle de 8 bits et d'une interface SPI de 4 lignes (**figure 3**).

### ... démarrent

Vu dans l'« embedded world » : Atlantik Elektronik [6] a d'intéressants afficheurs OLED du fabricant GPEG à son catalogue. Ils annoncent un angle de vision de plus de 170°(!) et un contraste supérieur à 200:1. Comme le principe exclut un rétroéclairage, l'épaisseur de l'afficheur ne dépasse pas 1,6 mm; sa masse est, bien sûr, également réduite. Les produits proposés ont des résolutions de 64 x 48 à 256 x 64 (monochrome) ainsi que de 96 x 64 bis 128 x 128 (multicolore).

L'offre de RiTDisplays [7] compte deux bonnes douzaines d'afficheurs OLED. Les produits sont, pour une part, monochromes, en diverses couleurs, certains modèles peuvent aussi laisser compter avec une profondeur de couleur de 65 k à 262 k. Le fabricant est malheureusement peu enclin à fournir des informations techniques. Les afficheurs RiT-Displays sont commercialisés par Beck-Elektronik [8].

Comme premiers modules standard, Electronic Assembly [9] propose les modules EA8162 et EA8202 à la pièce. Ils sont compatibles avec les modules LCD bien connus 2 x 16 et 2 x 20; leur jeu d'instructions et de caractères correspond complètement au standard HD44780. Ces afficheurs fonctionnent sur des bus de données de 4 et 8 bits sans modification du logiciel. Ils sont donc prédestinés au remplacement des LCD d'appareils déjà en service. Ils ont l'avantage d'une construction rapide de l'image (ni ombres ni stries, même pour des textes en mouvement), d'un contraste élevé et constant sur toute la gamme de température et d'une consommation de 15 mA seulement. Le module plat fait 9,4 mm. D'autres afficheurs graphiques et de texte d'une plus faible résolution sont prévus.

Le pionnier des OLED, Osram [10], propose dans le cadre de sa série Pictiva des afficheurs monochromes et couleur en technique OLED. Avec des couleurs claires, un grand contraste, une luminosité élevée, ils ont de très bonnes capacités vidéo dues à leurs brefs temps de réponse de l'ordre de la microseconde. Les OLED présentent un grand angle de vision de 160° et un contraste qui peut atteindre 2 000:1 (FC jusqu'à 100:1). Leur commande passe sur quatre fils d'une interface SPI ou 8 bits d'une interface parallèle. Osram a, en outre, composé un kit d'ingénierie abordable qui comprend deux afficheurs OLED (avec USB), un CD-ROM de fiches techniques, des notes d'application, un manuel, le logiciel de production de graphiques et de

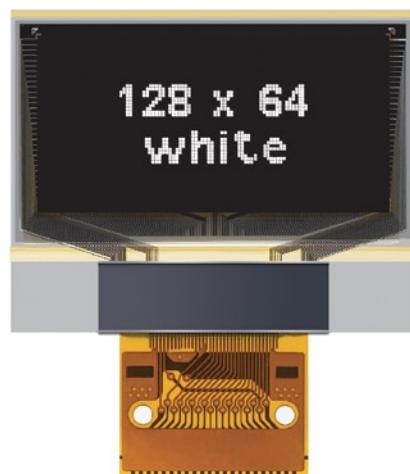


Figure 3. Cet afficheur blanc à OLED vient de Densitron.

textes ainsi que les accessoires pour programmes de CAOE. Les afficheurs OLED et le kit « EVA » d'Osram sont disponibles chez Digikey [11] et Reichelt [12].

### Où trouver quoi... ?

S'il n'est pas difficile de trouver des informations sur les afficheurs, Internet en regorge, il est difficile de les trier. Si vous lisez l'allemand, les différentes technologies vous sont expliquées simplement par itwissen [13], explications en partie identiques sur ZDnet [14] (mot-clé : display). Mais vous pouvez également faire un tour sur Wikipédia [16] ou chez Mathieu Benoît [17]. La banque de données des exposants au salon Electronica 2006, cachée sur global-electronics-net à l'adresse [15], vous donnera un aperçu des principaux fabricants. La liste comporte des liens directs vers leurs sites où de bonnes informations sont parfois disponibles. Les professionnels de la vente habituels restent bien sûr des interlocuteurs privilégiés lorsqu'il s'agit de commander un afficheur. Leur offre est malheureusement limitée à des articles de « grande série », ce qui est tout à fait compréhensible. Il est en effet difficile voire impossible de se procurer à un prix raisonnable l'afficheur « un peu différent » que l'on souhaite chez un distributeur sans en commander de grandes voire très grandes quantités.

(070018-I)

### Liens Internet

- [1] [www.lcd-module.de/deu/dip/dip.htm](http://www.lcd-module.de/deu/dip/dip.htm)
- [2] [www.elmicro.com/de/serialcd.html](http://www.elmicro.com/de/serialcd.html)
- [3] [www.antratek.com](http://www.antratek.com)
- [4] [www.avagotech.com/](http://www.avagotech.com/)
- [5] [www.densitron.com/displays/Displays.aspx?nCategoryID=10](http://www.densitron.com/displays/Displays.aspx?nCategoryID=10)
- [6] [www.atlantikelektronik.com](http://www.atlantikelektronik.com)
- [7] [www.ritekdisplay.com.tw/in\\_English/Product\\_Technology/Product\\_Technology.htm](http://www.ritekdisplay.com.tw/in_English/Product_Technology/Product_Technology.htm)
- [8] [www.beck-elektronik.de/](http://www.beck-elektronik.de/)
- [9] [www.lcd-module.de/deu/pled/pled.htm](http://www.lcd-module.de/deu/pled/pled.htm)
- [10] [www.osram-os.com/pictiva-oled-displays/index.php?lan=eng](http://www.osram-os.com/pictiva-oled-displays/index.php?lan=eng)
- [11] [www.digikey.com](http://www.digikey.com)
- [12] [www.reichelt.de](http://www.reichelt.de)
- [13] [www.itwissen.info/uebersicht/lexikon/displays.html](http://www.itwissen.info/uebersicht/lexikon/displays.html)
- [14] [www.zdnet.de/glossar/](http://www.zdnet.de/glossar/)
- [15] [www.global-electronics.net/id/53158/pagepart/branchlist/key/10/level/2/cubesig/a7d8b9cde588fc6a12cd71169d577fc2](http://www.global-electronics.net/id/53158/pagepart/branchlist/key/10/level/2/cubesig/a7d8b9cde588fc6a12cd71169d577fc2)
- [16] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Écran\\_à\\_cristaux\\_liquides](http://fr.wikipedia.org/wiki/Écran_à_cristaux_liquides)
- [17] <http://matthieu.benoit.free.fr/affi-lcd.htm>

## MRF24J40

### Plateforme de protocole

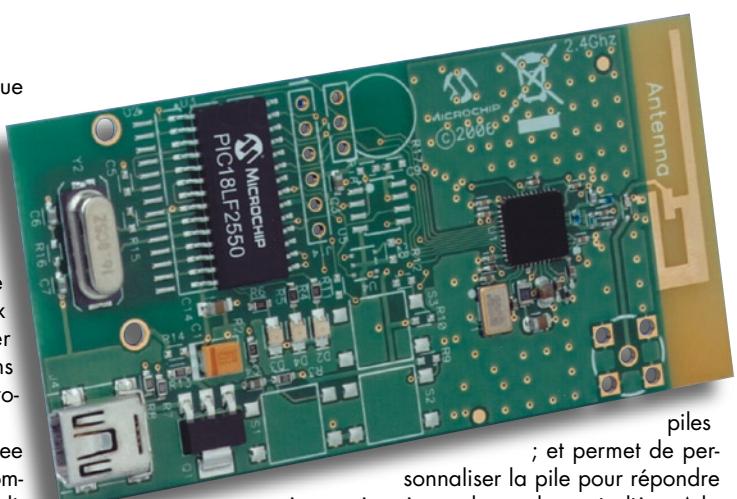
**ZigBee™ complète avec émetteur/récepteur IEEE 802.15.4 à 2,4 GHz et un outil analyseur de réseau**

Microchip annonce trois nouveautés pour les réseaux sans fil - l'émetteur/récepteur MRF24J40, la pile de protocole MiWi™, et l'analyseur de réseau sans fil ZENA™. Le MRF24J40 est le premier émetteur/récepteur RF de Microchip. C'est un émetteur/récepteur IEEE 802.15.4 à 2,4 Hz pour ZigBee™ et autres protocoles propriétaires destinés aux applications exigeant une basse consommation et une excellente performance RF, avec très peu de composants externes. Ce produit va au-delà des spécifications de la norme IEEE 802.15.4 en intégrant un contrôleur d'accès média (MAC) complet et un bloc de cryptage matériel supportant le standard AES. L'émetteur/récepteur IEEE 802.15.4 MRF24J40 est échantillonnable en boîtier QFN (6x6 mm) de 40 broches, conforme aux directives sans plomb/RoHS. Sa

production en volume est prévue pour décembre.

Microchip propose la pile de protocole ZigBee gratuitement, sans licence ni royalties, pile qui est d'ailleurs une des plus compactes de l'industrie et fournit un modèle de code source permettant aux concepteurs de personnaliser leurs produits en piochant dans son vaste portefeuille de microcontrôleurs PIC®.

Cependant, le protocole ZigBee est devenu trop gros et trop complexe pour de nombreuses applications, un large pourcentage du marché des réseaux sans fil IEEE 802.15.4 est tenté par les protocoles propriétaires. De plus, la certification du protocole ZigBee est coûteuse et son processus lourd. Le protocole MiWi de Microchip est gratuit et compact. Il a été développé pour les utilisateurs qui n'ont pas besoin de la totalité de l'interopérabilité de ZigBee mais qui veulent un émetteur/récepteur normalisé IEEE 802.15.4 dans des configurations posté à poste économique et des réseaux en étoile ou maillés. Aucune certification n'est exigée pour les



piles

; et permet de personnaliser la pile pour répondre à une demande particulière. A la fois matériel et logiciel, l'analyseur de réseau sans fil ZENA permet de décoder des paquets de protocoles ZigBee et MiWi IEEE 802.15.4 - depuis les couches les plus basses jusqu'au sommet de la pile (y compris les modules de sécurité). Sa fenêtre d'affichage de configuration du réseau permet aux utilisateurs de visualiser le trafic en temps réel, quand celui-ci transite d'un nœud à l'autre. Une session peut aussi être sauvegardée dans un fichier, pour permettre une analyse ultérieure de tout le trafic réseau.

Pour plus d'informations, visitez

## IRS20955

La classe D grâce à un set de composants

introduire un nouveau set de puces audio travaillant en classe D ; il est constitué du IRS20955, un pilote audio 200 V et de composants de la série IRFI4024Hx, des FETMOS audio. Si on la compare à d'autres concepts typiques, cette approche permet de réduire de 50% l'espace platine nécessaire pour réaliser un amplificateur audio travaillant en classe D de puissance allant jusqu'à 500 W, les FETMOS réduisant quant à eux le nombre de composants requis par l'étage en classe D de 50% quel que soit l'amplificateur travaillant à tension moyenne et de puissance moyenne à forte utilisé pour les applications de cinéma-maison, la version canadienne de home theatre), les amplificateurs professionnels, les instruments de musique et les loisirs en automobile. Le IRS20955(S)(TR) PBF ramène à 27 le nombre de composants



externes nécessaires ; il est doté d'une entrée MLI compatible logique 3,3/5 V flottante inédite qui à elle seule élimine 7 composants externes pour une application audio en classe D à base de topologie semi-point et alimen-

tation symétrique.

Un capteur de courant bidirectionnel programmable intégré et doté d'une fonction de réinitialisation autonome garantit une meilleure protection de l'électronique du circuit doté en permet-

tant au circuit intégré haute tension de détecter le point exact du cycle de découpage. La mesure du courant se fait au bon moment ce qui permet au circuit d'optimiser la protection en surtension. La logique de commande de la protection élimine à son tour pas moins de 11 composants ce qui permet encore de réduire la taille d'époxy nécessaire.

Pouvant travailler jusqu'à 800 MHz, le circuit intégré d'audio numérique IRS20955 convient également aux concepts à alimentation asymétrique en plein pont. Quelques caractéristiques des FETMOS, celles du IRFI4024H-117P par exemple : RDS(on) typique de 48 mΩ et Q9 typique de 8,9 nC et Qsw de 4,3 nC pour une meilleure THD (Distortion Harmonique Totale).

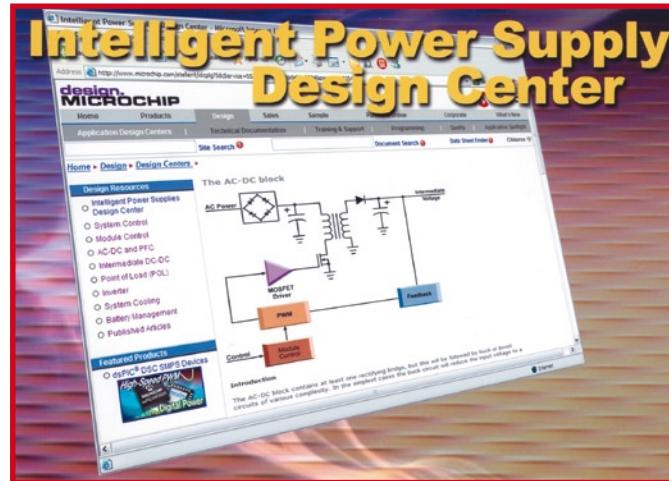
Pour en savoir plus : [www.irf.com](http://www.irf.com)

(077029-V)

# Conception en ligne pour les alimentations

Microchip inaugure un nouveau centre de conception en ligne pour les alimentations

Microchip annonce son centre de conception d'alimentations en ligne (<http://www.microchip.com/power>). Ce site complet fournit les ressources techniques nécessaires à la conception d'alimentations analogiques, améliore la conception d'alimentations analogiques existantes grâce à des microcontrôleurs faible coût, ou facilite la conception des alimentations à découpage (SMPS) avec un contrôle entièrement numérique de la boucle de réaction de la conversion de puissance. Le site permet un accès direct à toutes les notes d'application concernant les alimentations, aux schémas de référence et aux autres documentations techniques de Microchip. Les liens vers les outils de simulation Microchip (incluant l'outil de simulation Mindi™ pour chargeurs de bat-



teries et circuits d'alimentation) sont également présents.

Ce centre de conception d'alimentations intelligentes propose des outils de conception pour chacun des quatre niveaux d'intégration du numérique dans une alimentation. Le premier niveau

met en oeuvre un microcontrôleur 8 bits permettant d'implémenter des fonctions simples, telle que le démarrage progressif. Au deuxième niveau, la boucle de commande reste analogique, avec un microcontrôleur 8 ou 16 bits fournissant une comman-

de base proportionnelle. Au troisième, la boucle est toujours analogique mais on peut utiliser un microcontrôleur 8 ou 16 bits ou un contrôleur numérique de signaux (DSC) pour modifier la topologie de l'alimentation. Enfin au plus haut niveau d'intégration du numérique dans une alimentation, la boucle de conversion de puissance est entièrement numérique et gérée par un contrôleur de signaux avec des périphériques spécialisés.

Microchip fournit depuis de longue années des produits analogiques et des microcontrôleurs PIC® économiques pour le marché des alimentations. Elle a récemment annoncé une nouvelle famille de contrôleurs numériques de signaux dsPIC® (dsPIC30F1010/2020/2023) pour la commande numérique complète des alimentations à découpage. Pour plus d'informations, visitez le site Internet de Micro-

## ComStick

### Clé d'évaluation STR9 USB mais aussi avec Ethernet

Le STR9 ComStick de Hitex est un kit de développement complet pour le STR912 STMicroelectronics. À un prix défiant toute concurrence, € 39.- seulement cette clé USB constitue une belle plateforme d'évaluation pour le développement et la mise au point d'applications à accent réseau.

Le STR92 de STMicroelectronics est un microcontrôleur 32 bits à base de ARM966E, pouvant tourner à 96 MHz. La mémoire Flash principale de 512 Koctets reçoit le programme (firmware), le bootloader trouvant place dans la zone de backup de 32 Koctets.

Cette solution « tout-en-un & prêt-à-tourner » met à disposition

des interfaces USB et Ethernet et propose des exemples de communication avec elles. Il est même proposé une application de serveur Web (Webserver) accompagnée des codes source en C que l'on pourra modifier, recréer et déboguer par le biais de l'interface USB.

Le STR9-comStick implémente toute une palette de périphériques STR9 y compris Ethernet, USB, CAN, SPI, UART, ADC et bien plus encore. Ce système d'évaluation est en outre doté d'un environnement de développement complet avec le débogueur HiTOP optimisé pour le STR9-comStick, un simulateur de set d'instructions illimité, un compilateur



ARM GNU ainsi que plusieurs exemples. Il est possible de commander le STR9-comStick directement en ligne ([www.ehitex.comm](http://www.ehitex.comm)). Pour en savoir plus, un petit tour à l'adresse :

[www.hitex.com/str9-comStick/](http://www.hitex.com/str9-comStick/)

s'impose. On y trouvera aussi des téléchargements intéressants.

(070214-III)

## TRH03xM RFID

Le composant TRH03xM RFID est une nouvelle gamme unique qui permet la lecture de tous les tags standard 13,56 MHz. La plupart des fabricants de lecteur RFID ne permettent pas de lire les autres

### Composants de lecture de toutes les étiquettes RFID 13.56MHz Standards!

puces des concurrents. C'est pourquoi 3Alogics offre la solution d'un unique lecteur pour lire tous les badges RFID 13,56 MHz standard. Pour l'instant, la puce TRH031M lit ISO/IEC 14443

type A et B, comme le standard ISO 15693. Il supporte aussi les deux protocoles I-code et Tag-it. L'identification par radio Fréquence (RFID) est une technologie sans fils pour taguer et identifier les

matériaux et composants. L'énergie RF de la lecture de la puce est fournie par l'antenne de la puce pour alimenter le microcontrôleur du badge, lequel répond en envoyant des données au lecteur.

Caractérisée par une faible consommation (2,7 à 3,6 V sous 6 à 120 mA; 0,1 µA en mode veille) et un prix attractif, la puce TRH031M est en format TQFP 32 et a une distance de lecture de 10 cm pour ISO/IEC14443A/B et jusqu'à 150 cm pour ISO 15693.

La puce TRH031M permet de développer des applications dans les domaines logistiques, contrôle d'accès, système de gestion de temps, identifications de personnes et objets, enregistrements de monnaies, transport publics, terminaux portables, recherche, etc.

Le Kit d'évaluation (RSK-100) est un excellent moyen de commencer une application de lecture de badge RFID haute fréquence avec des exemples logiciels et le matériel fourni comme, la carte d'évaluation EV-100 (avec le composant de lecture TRH031M RFID), un micro Atmel 8 bits AT89C51E, une communication RS-232 en port DB9,

un afficheur LCD, une antenne, et une alimentation régulée), les logiciels compatibles WinXP/2K, câbles, 3 composants TRH031M, 4 badges RFID uniques (standards 14443 et 15693).

Ces produits sont disponibles sur stock auprès de la société Ebconnections. La puce TRH031M est disponible pour un prix de 7 € unitaire hors taxe et le kit de développement au prix de 300 € HT.

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



(070214-I)

## Powerstick

Pourquoi n'y avons-nous pas pensé avant ?

Powerstick, l'accu qui ne s'use que si l'on s'en sert..., voilà ce qui pourrait être le slogan de ce « gadget ». Mais il n'empêche que le Powerstick s'est vu attribuer la Palme de l'innovation lors du Salon CES 2007, le Salon des Salons de la Récréatronique aux USA. À première vue on pourrait s'imaginer qu'il s'agit d'une sorte de clé USB à recharge photovoltaïque. En fait on se trouve en présence d'une sorte d'accu à rechargeable ayant la forme d'une clé USB. Il suffit de l'enficher dans un port USB de votre PC pour le recharger. Il faut de l'ordre d'une heure et demie pour qu'il ait fait le plein.

Une fois qu'il est chargé, ce qui



À QUAND LE POWERSTICK À CELLULE SOLAIRE ?

est visualisé par un bel indicateur LCD (qui donne également l'état de décharge de l'accu lorsqu'il

est utilisé), il suffit de l'accrocher à sa ceinture pour toujours disposer d'une source de courant

pour différents accessoires, de votre lecteur MP3 à votre téléphone en passant par votre PDA (à condition bien entendu qu'il existe (ou que vous fabriquez) l'adaptateur correspondant). Sa capacité ne permet bien entendu pas de recharger « 100% un PDA épuisé, mais peut vous permettre de « sauver les meubles ». Une fois l'accu connecté à l'appareil qu'il doit alimenter, vous pouvez démarrer celui-ci qui se comportera comme s'il était alimenté par le secteur. Pour en savoir plus :

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

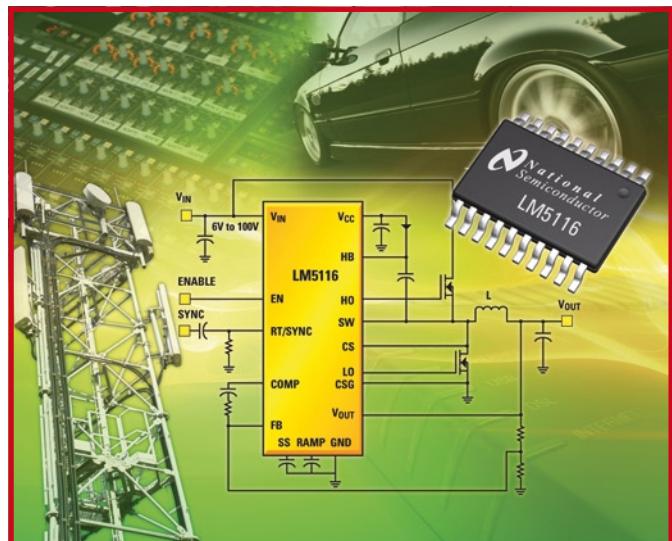
(070214-II)

## LM5116

Premier contrôleur buck 100 V en mode courant

Le contrôleur buck synchrone LM5116 de National Semiconductor est doté d'un contrôle en mode courant émulé breveté, autorisant des rapports de tension élevés. Il s'agit du premier contrôleur buck 6 à 100 V en mode courant du marché, destiné aux applications télécoms, automobiles et industrielles. Le LM5116 offre une combinaison unique de hautes performances, de flexibilité et de simplicité d'utilisation pour la conception d'alimentations CC-CC. Ce circuit vient renforcer le portefeuille de contrôleurs buck synchrones de National, en offrant une gamme de tension d'entrée élevée et un mode « courant de charge » plus important.

Le LM5116 est bien adapté aux applications utilisant des convertisseurs abaisseurs lorsque la ten-



sion est élevée ou variable dans des proportions importantes. Le contrôle en mode courant, basé

sur la technologie brevetée à mode courant émulé (ECM) de National, réduit la sensibilité au bruit du circuit de modulation de largeur d'impulsions (PWM). Il permet un contrôle fiable, y compris pour des coefficients d'utilisation très faibles, nécessaires en présence de tensions d'entrée élevées. Les autres fonctions sont notamment la coupure thermique, le démarrage progressif programmable, la synchronisation de fréquence, la limite de courant cycle-par-cycle, et une fonction de blocage réglable en cas de tension d'entrée insuffisante (UVLO).

Pour plus d'information sur le LM5116 et pour commander une carte d'évaluation et des échantillons on pourra se rendre à l'adresse :

[www.national.com/pf/LM/LM5116.html](http://www.national.com/pf/LM/LM5116.html)

(070214-IV)

# Au cœur du premier lecteur Blu-Ray contre DVD-HD... ou se pourrait-il que l'entrée en scène d'un troisième larron change la donne ?

Guy Raedersdorf

**Nous venons de recevoir, dans les laboratoires d'Elektor, trois des premiers exemplaires (le carton porte encore la mention DEMONSTRATION UNIT NOT FOR SALE) du lecteur Haute Définition de NME (New Medium Enterprises). Nous allons l'examiner d'un peu plus près et jeter un coup d'oeil à l'intérieur (photos inédites !).**

Ce lecteur au prix bien plus abordable que les lecteurs HD auxquels il s'attaque, Blu-Ray (à noter que l'on trouve également l'orthographe Blue-Ray) dont le champion est Sony et les avocats Apple, LG, Philips et bien d'autres et HD-DVD de Toshiba et défendu par Pioneer, NEC, Thomson sans oublier Microsoft avec sa fameuse Xbox.

## La technique

Le lecteur de NME prétend aux mêmes possibilités que ses concurrents, résolution de 1 920 x 1 080i/p ou 1 366 x 720i/p. Outre son format propre, HD VMD (**Versatile Multi-layer Disc**), il est également compatible VMD HD Dual-Layer, mais aussi avec nos bons vieux EVD, DVD, SCDD, VCD, CD, CD-R et autres CD-RW. Il est doté, dans son état actuel, d'une sortie de composantes Vidéo (le HDMI sera le standard pour les modèles grand public), mais aussi d'une sortie numérique optique et coaxiale. On reste dans des domaines connus tels que sortie Vidéo-S et Dolby 5.1.

Ce qui est étonnant, au premier abord, est que l'on utilise un laser rouge et non pas bleu, ce dernier type de laser permettant de travailler à une fréquence plus élevée ce qui se traduit par un faisceau plus fin et plus «énergique». Ce choix constitue une sorte de transition plus aisée pour la lecture de nos anciens disques (CD et DVD) et fait du HD VMD le successeur naturel des lecteurs de DVD actuels. NME a breveté un processus baptisé NME 2P ayant résolu les problèmes technologiques qui, jusqu'à présent, limitaient les DVD à 2 couches d'information seulement (DVD9). Grâce au multi-couche, il est possible maintenant d'atteindre des capacités de 20 Goctets pour des disques simple face (4 couches de 5 Goctets chacune). On est même arrivé à prouver que le processus NME 2P permettait d'atteindre des capacités de 24, 30, 40 et même 48 Goctets (8 couches de 6 Goctets, le maximum). La capacité d'un disque HD VMD permet 3 heures de vraie Haute Définition 1080p par face !

À noter que ce processus de superposition de couches pourrait également être utilisé lors de la fabrication de disques pour laser bleu.

Venons-en à l'aspect pratique des choses. Une utilisation de ce lecteur dans un environnement domestique classique

(avec téléviseur HD s'entend). Comme le montre la photo en début d'article l'appareil n'a, en ce qui concerne son aspect, rien à envier aux lecteurs HD concurrents. Son extrême minceur permet de le glisser presque n'importe où.

## Premiers essais

Nous avons, pour nos essais, utilisé un téléviseur KDL 40V2000 de Sony, et comparé la qualité de la reproduction des DVD classiques à ce que permet l'un des meilleurs lecteurs de DVD de l'écurie Sony.

Le lecteur est doté d'un algorithme d'augmentation de résolution (*upsampling*) qui permet de lire les DVD classiques (non HD) à une résolution plus élevée que sur un lecteur de DVD classique, mais son effet n'est pas toujours sensible sur un téléviseur 1080p.

Les premiers essais de Haute Définition, effectués avec le VDV HD de démonstration sont très satisfaisants, la qualité n'a rien à envier aux meilleurs lecteurs Haute Définition. La version que nous avons en main en avant-première ne possède pas encore de connecteur HDMI, mais les modèles vendus à compter du troisième trimestre de 2007, en seront, eux, dotés.

Les disques sont proposés dans un boîtier spécialement créé à leur intention et comportant plus d'une douzaine (14 en fait) points de rupture qui garantissent que l'on se trouve bien en présence d'un exemplaire intact (car scellé). Il se peut, bien évidemment, que les résultats varient d'un téléviseur haute résolution à l'autre, voire que la comparaison avec des lecteurs de DVD non HD, mais haut de gamme, tels que ceux de Sony tourne, pour certains DVD classiques, à l'avantage de ces derniers, mais ce n'est que temporaire.

Le but du lecteur HD de NME est bien entendu, en tout premier lieu, de lire des disques HD VMD, on ne va pas l'acheter pour lire des DVD ou CD classiques, sans même parler de DivX.

## Au cœur du lecteur

Nous n'avons bien évidemment pas pu résister à l'envie de jeter un coup d'oeil à l'intérieur de cet appareil d'une

# lecteur HD VMD de NME



nouvelle génération, celle des lecteurs HD. La bataille du choix étant loin d'être gagnée ou perdue par l'un ou l'autre des champions en lice. La première chose qui frappe est la combinaison, au niveau des platines, de technologie moderne pour la platine principale à droite (Cf. la photo de l'appareil ouvert) dotée d'un nombre impressionnant de composants CMS et de technologie du « siècle dernier » pour l'alimentation (en haut à gauche) et la partie casque d'écoute (en bas à droite), les deux platines claires. L'alimentation est réduite à sa plus simple expression.

À noter que l'on se trouve en présence d'un appareil de présérie qui subira indubitablement l'une ou l'autre modification, ne serait-ce que le passage à la sortie HDMI, avant sa mise sur le marché européen. Il n'est pas exclu que l'on y découvre des platines bien plus fonctionnelles (l'alimentation en particulier).

Il est vrai que rares sont les utilisateurs à soulever le couvercle de leurs appareils (attention à la garantie), le résultat atteint étant plus important que la technique mise en oeuvre pour l'obtenir. On notera la présence d'une self d'antiparasitage de bonne taille entre l'ensemble de lecture (au centre) et la platine principale.

## Conclusion

Il va sans dire -mais encore mieux en le disant- que le succès de ce produit dépend de façon substantielle de la mise en route d'un flux ininterrompu de DVD HD au contenu intéressant et ce, à prix abordable...

Pour le moment, les consommateurs intéressés par la Haute Définition ne semblent pas encore avoir atteint l'état de lévitation que requiert l'achat de l'un (ou de l'autre) des systèmes HD. Se pourrait-il, comme le dit le proverbe, que, lorsque deux chiens se battent pour un os, le troisième...

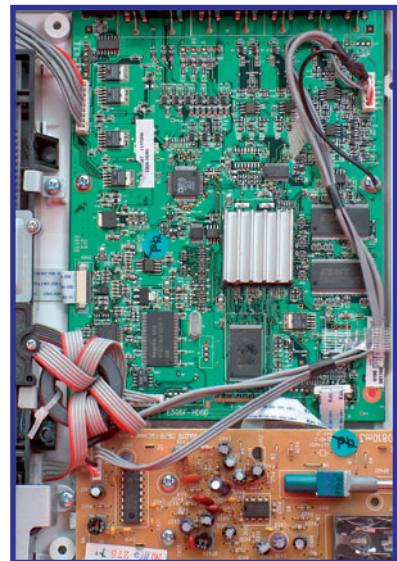
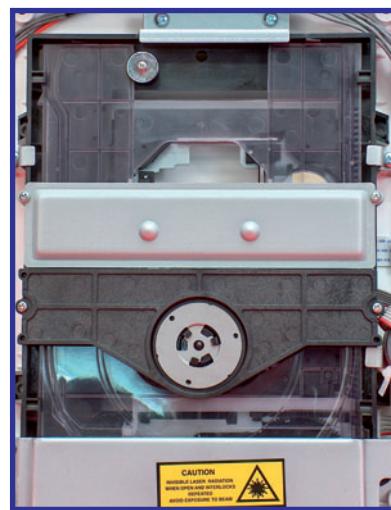
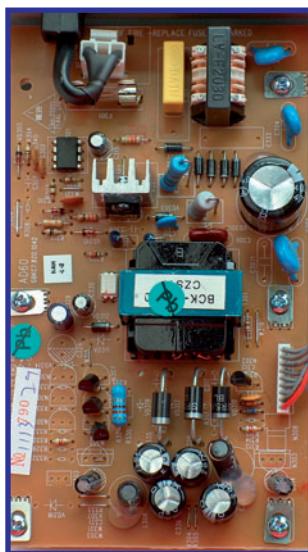
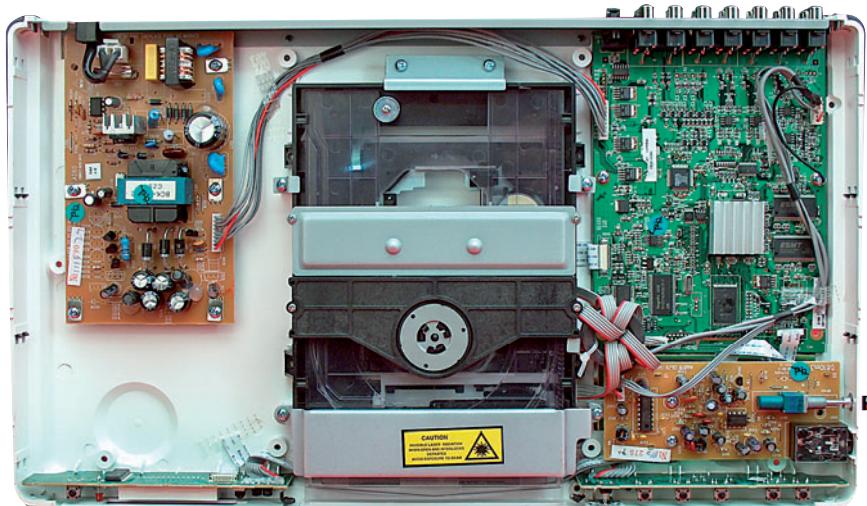
Peut-être aussi que le NME HD VMD est un point de passage (obligé) avant de faire le grand

saut vers un lecteur Blu-Ray ou HD-DVD coûtant sensiblement plus cher actuellement, encore que le HD VMD mérite lui aussi à juste titre cette appellation de HD-DVD... Il est peut-être intéressant, en guise de point final à cet article, d'apprendre que les lecteurs de DVD d'ASUS devraient être dotés, dès à présent, d'une possibilité de lire également les disques HD VMD.

(070245-I)

## Liens Internet

<http://www.nmeinc.com/>



Mesu



Harry Baggen

**Tout électronicien se doit de posséder un multimètre. Il permet en effet de mesurer des tensions, des courants et des résistances. Les multimètres actuels « savent » encore bien plus, mesurer des capacités et des fréquences par exemple.**

**Certains exemplaires peuvent en outre, pour l'acquisition de données, être reliés à un PC. Dans le présent article nous allons nous intéresser à (pratiquement) tous les appareils dotés de cette option disponibles actuellement.**

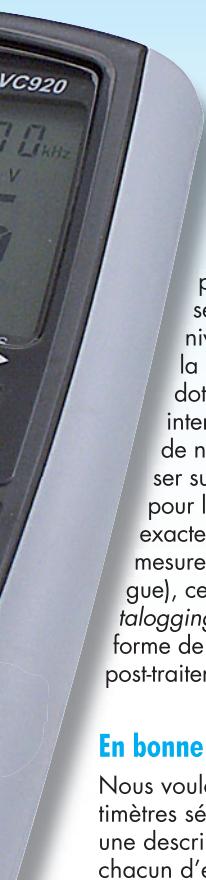
Un multimètre fait partie de la panoplie d'outils standard de l'électronicien. On peut, grâce à lui, mesurer aisément tension, courant et résistance. On trouve ce type d'appareil dans toutes les classes de prix, de 5 € au supermarché du bâtiment à plusieurs centaines d'euros pour les exemplaires professionnels. Le choix d'un type spécifique de multimètre dépend en fait de l'application que l'on veut en faire.

Si l'on se contente de vérifier un fusible ou de mesurer la vigueur d'une pile, un appareil bon marché fait parfaitement l'affaire. Si l'on doit mesurer des tensions avec une grande précision il faudra inévitablement opter pour type totalement différent, calibré de préférence même. Pour des opérations tout-terrain, le cahier des charges du multimètre à acheter change du tout au tout. Nous ne nous intéressons



# ures au... cordon

## Multimètres de poing à interface serielle



pas, dans cet article, aux multimètres d'une classe de prix donnée ou possédant tous un même niveau de précision, mais avons essayé de mettre la main sur (presque) tous exemplaires du marché dotés d'une fonctionnalité spécifique, à savoir une interface serielle. Ce type d'instrument existe depuis de nombreuses années déjà et permettent de visualiser sur un PC auquel il est relié, les données relevées pour les stocker le cas échéant dans un fichier. C'est exactement ce dont on a besoin lors de la saisie de mesure automatisée pendant une certaine durée (longue), ce que l'on appelle l'acquisition de données (*data logging*). On visualise alors la série de données sous forme de courbe facile à évaluer quitte à en effectuer un post-traitement dans un tableur Excel par exemple.

### En bonne compagnie

Nous voulons, ici, vous proposer un panorama des multimètres sériels disponibles actuellement, et donnerons une description succincte des caractéristiques typiques de chacun d'entre eux, mentionnant au passage les possibilités offertes par le logiciel qui les accompagne, ce genre d'informations restant souvent confidentiel. Un examen exhaustif du marché nous fit établir une liste d'une vingtaine de multimètres à sortie serielle, dont certains étaient difficiles, voire même impossibles, à trouver dans tous les pays d'Europe. Nous avons fini par mettre la main sur 15 appareils que nous avons passés au crible dans notre laboratoire au niveau tant matériel que logiciel. La collection de multimètres passant la revue ici est très disparate. Les prix et spécifications varient du tout au tout. Les prix vont de quelques dizaines à plusieurs centaines d'euros, ce qui rend difficile toute comparaison, ce qui n'est sciemment pas notre intention ici.

### Connexion au PC

Sur la plupart des appareils, la connexion entre le PC et le multimètre se fait par le biais d'un câble (on s'en serait douté) doté à une extrémité d'un connecteur Sub-D 9 points ou USB et de l'autre d'une fiche spéciale dotée d'un ou de deux composants optiques (une LED d'émission et un diode de réception). Cette approche garantit une excellente isolation galvanique entre le multimètre et l'ordinateur. Il est fait appel, sur certains appareils, à des fiches à contacts spéciales qui ne permettent pas toujours de vérifier qu'il existe bien une isolation galvanique. Un examen plus approfondi du Digitek DT8000 par exemple nous a permis de constater que nous étions en présence d'une liaison optique bien que le boîtier de l'appareil soit doté d'une embase Sub-D

9 points classique. La plupart des multimètres bon marché ne connaissent pas de vraie communication bidirectionnelle, la liaison vers le PC se faisant à sens unique. On a, à intervalle régulier, envoi de données de mesure vers le PC mais celui-ci ne peut pas envoyer d'instruction vers le multimètre en vue, par exemple, de modifier un paramètre. Sur certains des appareils on le voit tout de suite, leur interface optique ne comportant rien de plus qu'une LED. Sur d'autres cela est moins évident mais un examen approfondi nous apprend que le connecteur optique du câble ne comporte qu'une diode de réception. Cela ne pose pas de problème pour les applications d'acquisition de données simples. Sur les modèles les plus chers on a toujours une vraie communication bidirectionnelle de sorte qu'il est possible de « piloter » totalement l'appareil en question par le biais du logiciel tournant sur le PC et d'avoir accès, le cas échéant, à un éventuel menu de paramétrage (*setup*) depuis le PC. La plupart des multimètres sont vendus accompagnés d'un câble RS-232, certains d'entre eux étant même dotés d'une embase USB. Certains modèles offrent le choix entre les deux versions. Pour les particuliers et les sociétés travaillant avec des ordinateurs modernes l'option USB est la meilleure, les applications industrielles préférant souvent l'approche RS-232. Cela n'a pas de conséquence au niveau de la vitesse de communication la quantité de données à envoyer restant faible (quelques valeurs de mesure par seconde à tout casser). Le Metrix MTX3283 dépasse de la tête et des épaules, capable qu'il est de communiquer sans fil, grâce à Bluetooth.

### Le logiciel

À ce niveau aussi on identifie une scission entre les appareils bon marché et les plus chers. Chez Digitek, Sinometer, Voltcraft, UNI et Velleman le logiciel n'a que des possibilités limitées. Si l'on se contente de suivre l'évolution de la tension lors de la décharge d'un accu, cela suffit parfaitement. Quoi qu'il en soit, on a toujours affichage, en grand sur l'écran du PC, de la valeur de mesure, ce qui peut être pratique dans certains cas. Le couplage à un PC est une option attrayante dont profitent les fabricants pour simuler une belle échelle analogique sur l'écran. Il nous faut signaler certains points forts. Le logiciel des Voltcraft VC-920 et UNI UT70B (fort ressemblant au demeurant) offre un petit plus en fonctionnalités que les autres, offrant même la possibilité de sauvegarder les valeurs de mesure sous différents formats. Pratique si l'on veut post-traiter ces données dans un tableur Excel ou un programme de base de données. Lorsqu'un programme utilise le format csv (**comma separated values**), vous pourrez l'importer dans la plupart des autres programmes. Il est également possible,



si l'on veut disposer de plus de possibilités, d'opter pour un logiciel spécifique capable de travailler avec plusieurs multimètres différents, tels que DMM Profilab et Realview tous deux de Abacom. Vérifiez auparavant que votre type de multimètre fait bien partie des modèles que supportent ces programmes. Pour les multimètres les plus chers (Fluke, Agilent, Metrix, Gossen, Sanwa), les fabricants en question ont peaufiné le logiciel et l'on mieux adapté aux possibilités offertes par leurs appareils de mesure. Vous pouvez par exemple décider du moment de la période d'acquisition, définir le calibre à utiliser, choisir ou non de moyenner sur une période donnée ou si l'acquisition doit uniquement se faire en cas de dépassement d'un côté ou de l'autre, etc. Il se peut que vous n'ayez que faire de telles fonctions, mais elles peuvent s'avérer très pratiques pour certaines applications industrielles. De plus, le pilotage du multimètre depuis un PC est plus intelligent et, dans certains cas, la commande totale de l'appareil se fait depuis l'écran du PC. De telles fonctionnalités se paient, mais en cas d'utilisation professionnelle, cela n'est que rarement un problème.

### Les appareils

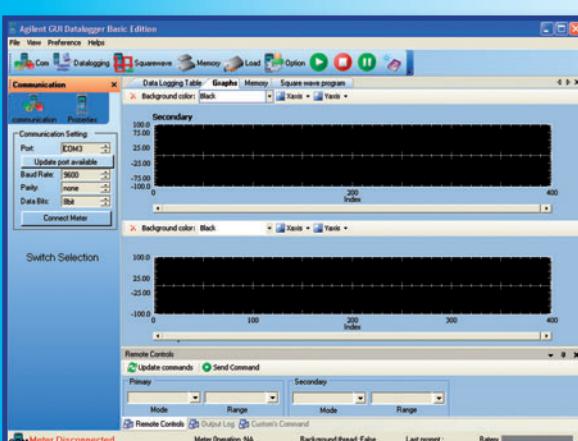
La qualité d'un multimètre dépend, au premier abord, de la précision avec laquelle il est possible de mesurer les tensions, courants, etc. Cela a un effet indéniable sur le prix. Faut-il un instrument calibré ou non - les sociétés certifiées ISO9001 doivent impérativement utiliser des multimètres calibrés, un aspect dont il faut tenir compte. Il ne suffit pas non plus d'acheter un instrument calibré et penser ensuite qu'il le reste tout au long de sa vie. Une recalibration régulière s'impose. On n'utilise pas un multimètre pour effectuer uniquement des mesures à

l'aide d'un PC, mais plutôt en « mobile » pour s'en servir partout. Il est donc préférable de disposer d'un appareil robuste supportant l'un ou l'autre choc sans que cela n'ait d'effet sur ses caractéristiques. La sécurité est un autre aspect important. Les multimètres les plus chers respectent au minimum la norme sécurité de la catégorie Cat III/1000V et Cat IV/600 V, certains des modèles les moins chers sont classés dans une catégorie inférieure. Le choix ici est évident. Si l'on n'utilise un multimètre que très occasionnellement mais que l'on tient à disposer des fonctions de mesure spéciales telles que capacité et fréquence (sans oublier la connectivité au PC !) on pourra opter pour les multimètres les moins chers décrits dans ce panorama. Nous avons bien apprécié en particulier les Voltcraft VC-920 et UNI UT70B, accompagnés tous deux par un logiciel PC parfaitement fonctionnel. Dans la catégorie des multimètres les plus chers, le choix est plus difficile, chacun d'entre eux ayant ses spécificités et avantages. Dans la plupart des cas il faut acheter le logiciel PC indépendamment ce qui agrave la facture. Tant le Fluke 189 que l'Agilent U1252A, les deux Sanwa, les Metrix et les Gossen sont des multimètres solides et précis supportés par un logiciel étoffé. Le Metrix MTX3283 mérite une mention spéciale en raison de son concept unique que nous n'avons encore jamais rencontré dans le monde des multimètres. Une utilisation quotidienne doit nous apprendre si sa mise en oeuvre est pratique; en tout état de cause, les concepteurs de Chauvin Arnoux (le fabricant des Metrix) sont des créateurs audacieux !

Nous allons passer en revue les différents multimètres et leurs logiciels pour PC.

(060321-I)

## Agilent U1252A



### L'appareil :

Nous connaissons Agilent plus particulièrement par leurs appareils de grand format mais ils ont également quelques multimètres pratiques à leur programme. Le U1252A paraît solide et facile à tenir en main. Affichage double (5 chiffres) avec barre-graphe, éclairage efficace, nombre important de fonctions de mesure (capacité, fréquence, température) mais aussi générateur de signal rec-

tangulaire à rapport cyclique ajustable intégré. Mesure efficace varie (True RMS) jusqu'à 100 kHz, mesure de fréquence jusqu'à 100 MHz. Possibilité d'acquisition de données autonome avec mémoire interne pour 200 valeurs. Il existe de nombreux accessoires pour cet instrument. Un mode de paramétrage donne accès à différents paramètres spéciaux.

### Logiciel :

La Basic Edition du GUI Datalogger d'Agilent ouvre une fenêtre très lisible avec à gauche le paramétrage de l'instrument et à droite un certain nombre d'onglets sélectables pour le tableau des valeurs de mesure, des graphiques chronologiques, la liste des valeurs de mémoire interne du multimètre et, pour finir, un onglet permettant de paramétrier le générateur de signal rectangulaire à rapport cyclique ajustable intégré. On peut définir, pour l'acquisition de données, une date et une plage horaire, sans oublier l'intervalle et autres paramètres. Toutes les valeurs de mesure sont stockées dans un fichier



.csv dont le nom est généré automatiquement. À remarquer les nombreuses fonctions permettant de piloter le multimètre depuis le programme.

## Digitek DT-4000ZC



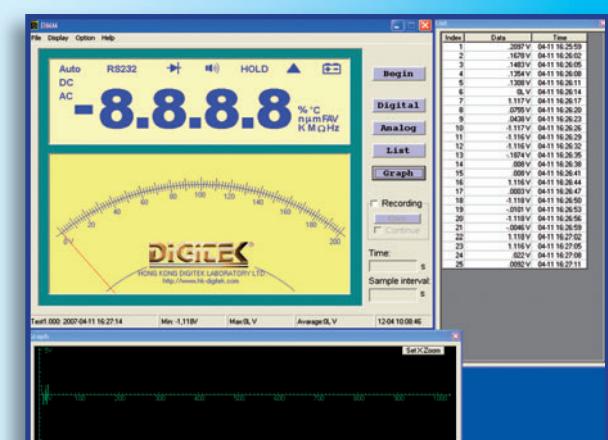
### L'appareil :

Multimètre pratique simple à gaine de protection caoutchoutée. L'affichage possède une résolution de 3 chiffres 3/4. Il permet également la mesure de fréquences et de capaci-

tés. Possède des touches spécifiques pour une mesure relative, une fonction de maintien (*hold*) et le basculement entre la fréquence et le rapport cyclique. La connexion au PC se fait de façon particulière, à savoir par le biais d'une embase-jack de 3,5 mm sur l'avant. Il n'est pas dit si la liaison série est isolée galvaniquement. Il est doté d'une fonction de coupure (**power-off**) automatique que l'on peut inhiber en cas de mesures avec le PC sur une durée prolongée.

### Logiciel :

L'aspect du programme DMM fourni avec le multimètre diffère de ce qu'offrent la plupart des autres instruments. La fenêtre de base affiche, en gros chiffres, la valeur instantanée et en dessous une échelle analogique sur laquelle se promène l'aiguille. Des boutons permettent d'ouvrir des fenêtres distinctes pour le tableau des valeurs mesurées et le graphique qui en donne l'évolution chronologique. La taille de ces fenêtres est, malheureusement, invariable. Il est possible de choisir la durée d'acquisition



totale et la taille de l'intervalle. On dispose bien de quelques autres possibilités de paramétrage, limitées il est vrai. Il est possible de stocker les données sous forme de fichier au format texte à séparation par virgule.

## Digitek DT8000



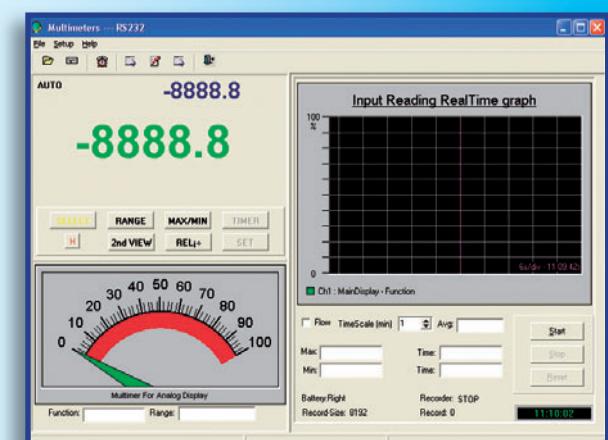
### L'appareil :

Le grand frère du 4000 offre une résolution plus importante (5 chiffres), un affichage plus riche (avec, dans certains calibres, visualisation simultanée de deux valeurs) et cer-

taines autres fonctions que n'ont pas tous les autres multimètres. On trouve ainsi un générateur de signal rectangulaire jusqu'à 5 kHz à rapport cyclique ajustable. On découvre, outre les boutons Max/Min et Rel., une touche de temporisateur pour déclencher, au bout d'un certain temps, une alarme. Il est en outre possible d'entrer des valeurs de seuil auquel cas le multimètre signale un dépassement, dans un sens ou dans l'autre, de ces valeurs. Bien que doté d'une embase Sub-D 9 points standard, le multimètre est doté en interne d'un couplage optique pour une isolation galvanique de l'appareil par rapport au PC.

### Logiciel :

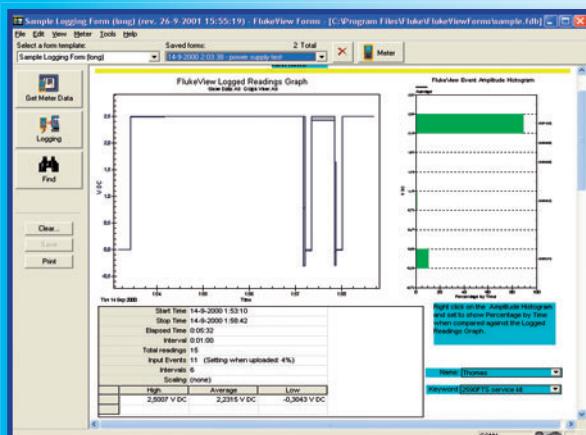
Le programme d'accompagnement est totalement différent de celui du 4000. On voit s'afficher dans la fenêtre de base les deux valeurs numériques visualisées sur l'affichage LCD du multimètre. On trouve en dessous un curseur analogique et à gauche une indication de l'évolution chronologique de la mesure. Le



programme comporte de nombreuses possibilités de paramétrage, la plupart des boutons de fonction et des paramètres étant accessibles depuis le programme tournant sur le PC (communication bidirectionnelle !). Après appel d'un tableau de valeurs de mesure stockées on voit apparaître ce dernier dans une fenêtre distincte accompagné d'une courbe graphique de l'évolution de la valeur de mesure.



## Fluke 189



### L'appareil :

Multimètre multifonction protégé par un boîtier costaud. Précision de base élevée de 0,025%. Affichage 4,5 chiffres (5000) à barregraphe distinct. On dispose, outre des fonctions standard, également d'une possibilité de mesure en dBm/dBV, Siemens, degrés Celsius et Fahrenheit. On peut également mesurer des fréquences et des capacités. Mesure efficace vraie (true RMS) de tensions

alternatives jusqu'à 100 kHz. Boutons distincts pour MIN/MAX/AVG, Hold, Relatif et choix de flanc du signal de mesure. Possibilité d'acquisition de données autonome grâce à la mémoire interne. Menu de paramétrage pour différents paramètres.

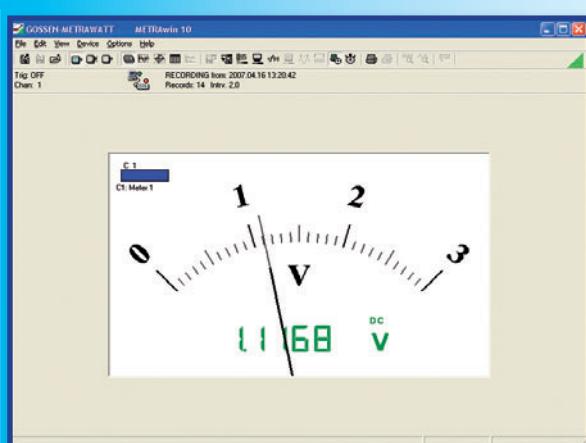
### Logiciel :

Le logiciel FlukeView Forms fourni à part est un programme étayé utilisant des « formulaires » définissables par l'utilisateur. Le programme offre de nombreuses possibilités de paramétrage (telles que début et fin d'une durée d'acquisition pour une mesure, variation en pourcent d'une valeur de mesure devant déclencher une réaction). Il est également possible de visualiser simultanément les valeurs de mesure fournies par deux, voire trois, multimètres. On peut stocker les formulaires dans leur totalité mais il est également possible d'exporter les données séparément (format .csv). On a en outre la possibilité de lire la mémoire d'acquisition de données de l'appareil et de visualiser ces dernières. Le



programme permet de plus de jouer sur différents paramètres de base de l'instrument.

## Gossen Metrawatt Metrahit X-TRA



### L'appareil :

Un multimètre de bonne taille, à l'aspect robuste enrobé d'une épaisse gaine de caoutchouc. Affichage 4 chiffres 1/2 à grands chiffres et barregraphe. Nombreux calibres de mesure dont fréquence, température et capacité. Mesure efficace vraie (true RMS) jusqu'à 20 kHz. Filtre passe-bas commutable pour mesure de tensions alternatives de fréquence faible. Mémoire interne

pour 15 400 valeurs de mesure.

Protection IP52 anti-poussière et anti-éclaboussures. Mesure auto-calibre de 100 mA à 10 A au travers de bornes de connexion. Verrouillage des bornes de mesure inédit qui ne libère que les bornes de connexion correspondant au calibre choisi.

### Logiciel :

Le logiciel accompagnant l'appareil, Metrawin 10, permet de travailler avec un maximum de 10 multimètres simultanément. Pour la visualisation de la mesure, l'utilisateur a le choix entre une valeur numérique (avec barregraphe) représentée sur une échelle analogique ou sous forme de courbe chronologique (avec, bien entendu, également un tableau de valeurs), la combinaison de ces options restant limitée. On peut visualiser à l'écran, outre un enregistreur Y-t, aussi un enregistreur X-Y pour les figures de Lissajous. Fonction distincte pour une analyse FFT de l'évolution du signal mesuré. L'enregistrement des données de mesure peut se faire sous différents formats.



Le logiciel permet de jouer sur différents paramètres des multimètres connectés. Possibilité de visualisation à l'écran du contenu de la mémoire interne du multimètre.



## Gossen Metrawatt Metrahit 29S



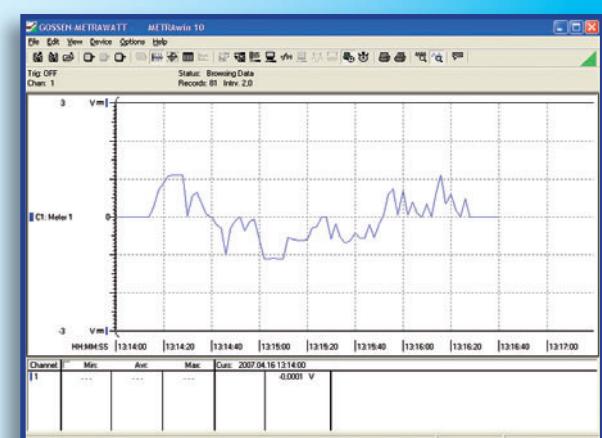
### L'appareil :

Ce modèle paraît encore plus robuste que le Metrahit X-tra. Triple affichage, diverses possibilités de paramétrage par le biais de 4 touches de fonction. Précision élevée avec

5 chiffres 1/3, précision de base de 0,02%. Peut également être utilisé comme wattmètre (puissance) et pour l'analyse de problèmes sur le secteur. Mémoire d'acquisition de données interne de 128 KB pour le stockage de valeurs de mesure. Mesures en efficace vrai sur une bande passante allant jusqu'à 100 kHz. Outre les fonctions de mesure classiques (telles que V, A,  $\Omega$ , f, C, T) il est également possible de mesurer des W, VA, Var, Wh et VAh. D'origine, le multimètre est accompagné avec 3 câbles de mesure ! Générateur de fréquence jusqu'à 1 kHz intégré et horloge embarquée. À nouveau le verrouillage des plots de mesure inédit évoqué plus haut.

### Logiciel :

Cet appareil utilise lui aussi le logiciel Metrawin. Il est fourni, pour le couplage du 29S à l'ordinateur, un adaptateur distinct qui vient se placer sur le dessus du multimètre. Quelques remarques additionnelles au sujet du programme. Il offre un nombre relativement important de possibili-



tés de traitement des données et leur impression. Il est en outre possible d'ajouter des champs de commentaires dans les graphiques par exemple. On pourra, à l'aide d'une calculatrice scientifique, faire subir aux différentes données de mesure un traitement par formules. Possibilité de paramétriser le niveau de déclenchement individuellement pour chacun des instruments connectés.

## Metrix MX26



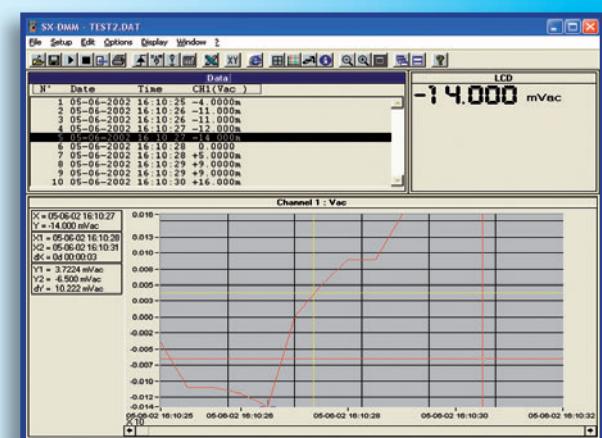
### L'appareil :

Multimètre compact bien pensé doté d'un affichage 3 chiffres 3/4 et d'un barregraphe dont la mise en œuvre diffère quelque peu du reste des appareils. Il comporte, outre le

bouton d'éclairage, d'une touche de mémorisation par le biais de laquelle on stocke dans une mémoire la valeur affichée à cet instant. Une touche « Peak » permet de mémoriser des crêtes brèves de courant ou de tension. Il possède également des fonctions capacité et fréquence. L'appareil effectue une mesure en efficace vrai jusqu'à 100 kHz. À signaler l'entrée tension qui se trouve tout à gauche (sur tous les autres multimètres elle se trouve à droite) et l'ingéniosité de construction du compartiment accu sous lequel se trouve également les fusibles des calibres de courant.

### Logiciel :

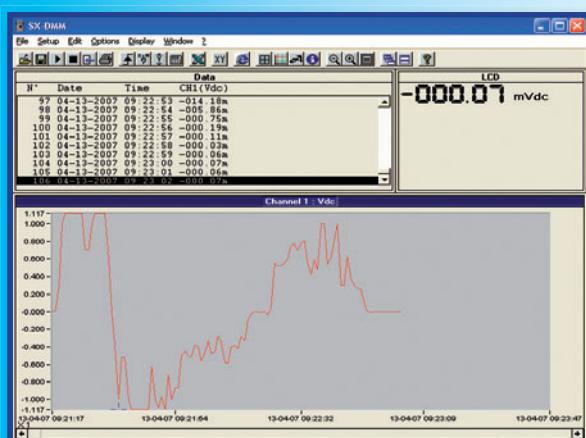
SX-DMM de Metrix est un programme bien pensé aux possibilités nombreuses. On ne trouve pas d'échelle analogique, mais seulement un tableau comportant les valeurs mesurées, la valeur de mesure actuelle et une courbe chronologique. Il est possible de choisir directement depuis le logiciel la grandeur de mesure et le calibre, l'instrument se manifestant



en cas d'erreur de paramétrage. Possibilité d'effectuer différents calculs sur les valeurs mesurées (plusieurs fonctions disponibles) et même d'en effectuer plusieurs simultanément (additionner 2 valeurs de mesure par exemple). Présence d'une sortie distincte pour le format Excel.



## Metrix MTX3283



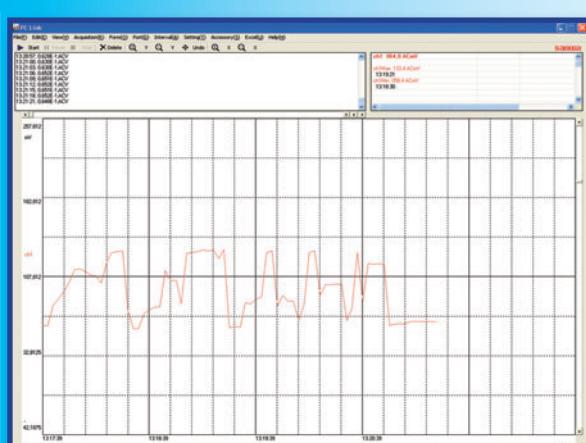
### L'appareil :

Le multimètre le plus marquant que nous ayons jamais eu entre les mains. Forme futuriste, affichage graphique repliable doté de différentes possibilités de visualisation, pilotage par menu, interface sérielle plus Bluetooth. Petit retour sur la richesse en options et caractéristiques. Affichage de 5 chiffres 1/2, visualisation graphique ou numérique des différentes valeurs de mesure,

maximum de 4 valeurs de mesure + barregraphe visualisables simultanément, présence de toutes les fonctions de mesure y compris capacité, fréquence et température, touches « Hold », « Peak » et « Mémorisation », sans parler du reste. Les bornes de connexion se trouvent sur l'avant, de sorte que l'on ne soit pas gêné par les câbles de mesure.

### Logiciel :

Le logiciel SX-DMM est identique à celui qu'utilise le MX26 de Metrix. Comme nous le disions, nombreuses possibilités de mémorisation et de traitement des valeurs de mesure, il est même possible d'utiliser directement des formules pour certains traitements au cours du processus de mesure. Tout le paramétrage peut se faire depuis le programme. Le programme offre en outre une possibilité de faire office de serveur Web, ce qui permet d'examiner les données de mesure depuis n'importe quel ordinateur connecté au réseau de la société utilisatrice.



### L'appareil :

Si ce multimètre gris à coque caoutchouc gris présente un extérieur passant inaperçu il n'en est pas moins intéressant. L'instrument calibré possède un affichage de 3 chiffres 3/4 doté de grands chiffres et d'un barregraphe distinct à réaction rapide (60 x/s dit la notice). Ici aussi on dispose de la palette d'options de mesure classique, dont capacité (jusqu'à 10 mF), fréquence et températu-

re. Boutons distincts pour Max/Min, Rel, Hold, Peak Hold et un bouton de loupe distinct pour étalement de l'échelle du barregraphe. Mesures en efficace vrai jusqu'à 20 kHz. Calibre 50 Ω et 50 mV CC distincts.

### Logiciel :

Sanwa présente deux sets de logiciels, PC Link et PC Link Plus, ce dernier permettant d'acquérir des données d'un maximum de 8 instruments simultanément. Le programme n'a, tout comme l'appareil, rien de très notable. Tout ce que l'on voit est une grande fenêtre graphique chronologique des valeurs mesurées avec au-dessus un tableau des données de mesure et à droite un autre cadre de paramétrage. Il est possible d'entrer, outre la durée de l'intervalle, également, dans une fenêtre de temps et une date auxquelles doivent avoir lieu les mesures. Autres possibilités : introduction d'un tableau de linéarisation, paramétrage de limites inférieures et supérieures et option de mesure relative. Sortie des données au format .csv pour importation dans

## Sanwa PC510



Excel par exemple. Il est également possible de saisir les données directement dans Excel.



## Sanwa PC5000



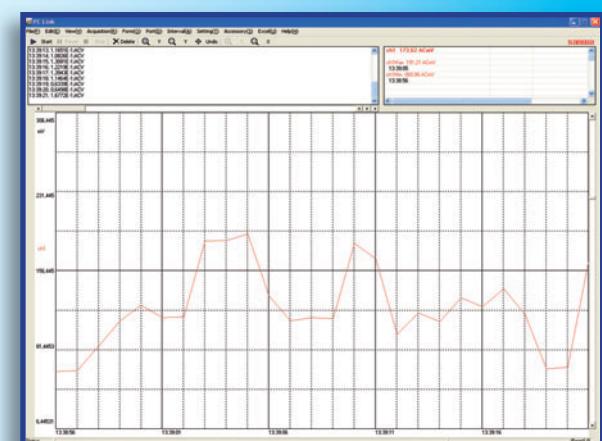
### L'appareil :

L'aspect extérieur de ce instrument est similaire à celui du PC510 : même boîtier gris aux dimensions identiques et même gaine grise. Les spécifications sont elles d'un niveau plus

élevé. Outre un barregraphe identique que nous découvrons ici un affichage 5 chiffres 3/4 qu'il est possible de ramener, par action sur un bouton, à 4 chiffres 3/4 pour la mesure de tensions continues et de fréquence, en vue d'augmenter la rapidité (5 x/s au lieu de 1,25 x/s). Ici aussi nous avons une mesure efficace vrai jusqu'à 20 kHz, capacité et fréquence, ainsi que les calibres plus sensibles pour la résistance et les tensions continues. Options spéciales : mesure du courant de boucle de liaisons sérielles, mesure dBm et de rapport cyclique.

### Logiciel :

Avec ce modèle aussi on peut utiliser PC Link. Les possibilités dans le cas de ce multimètre sont identiques à ce qui a été dit pour le PC510. Il est frappant de noter que le logiciel réagit instantanément lors d'un changement de calibre ou de résolution sur le multimètre; même dans le cas d'un basculement de 4 chiffres 3/4 à 5 chiffres 3/4, les données correctes sont prises en compte lors de la pre-



mière mesure effectuée. Le logiciel permet aussi d'envoyer par E-mail les données mesurées en une seule fois, ou à intervalle paramétré vers une adresse prédéfinie, voire d'expédier un E-mail en cas de dépassement d'une valeur de seuil donnée.

## Sinometer MS8218



### L'appareil :

Appareil imposant enveloppé dans une coque de caoutchouc vert. Affichage avec grands chiffres, 4 chiffres 3/4 au-dessus desquels s'affiche un barregraphe. Précision de base

de 0,03% et mesures en efficace vrai jusqu'à 20 kHz. Outre les fonctions standard nous trouvons également 4 positions pour les mesures de capacité et de fréquence (+ rapport cyclique). Il existe en outre une position distincte pour une mesure de dBm. Gros boutons pour Max/Min, Rel et Hold. Auto-mise en sommeil au bout de 15 mn commutable avec bouton de réveil distinct pour remettre l'appareil en route. Frappant : l'alimentation de cet appareil : 6 piles AAA.

### Logiciel :

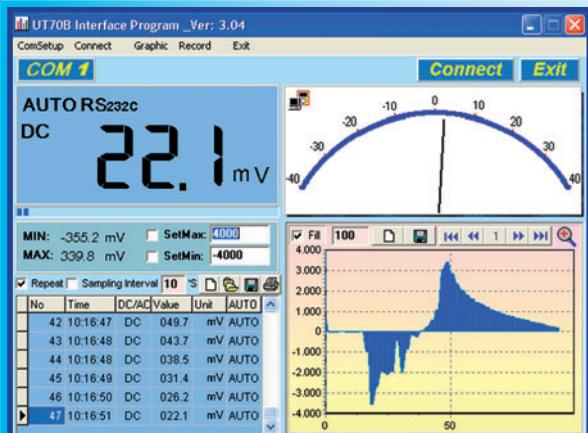
La plupart des fabricants utilisent la même approche pour le logiciel. C'est également le cas ici : une échelle analogique et une échelle numérique, une courbe chronologique et un tableau des valeurs de mesure, tous visibles dans une fenêtre. Amusant, le galvanomètre analogique à retard intégré qui réagit comme le ferait une vraie aiguille de multimètre. Peu de possibilités de paramétrage, seul l'intervalle de mesure est paramétrable entre 0,5 et 5 secondes. Ceci rend le tout parfaitement acces-



sible. La sauvegarde des données se fait au format .csv. Après appel d'un fichier on voit s'ouvrir une fenêtre distincte donnant une visualisation claire des valeurs de mesure et la courbe chronologique correspondante sur laquelle on peut promener le curseur de manière à visualiser la valeur de chaque point de mesure.



## UNI-T UT70B



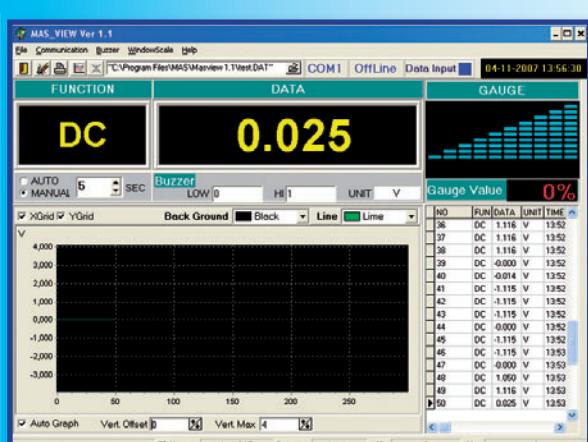
### L'appareil :

Multimètre solide de bonne taille enrobé d'une coche de protection en caoutchouc. L'affichage 3 chiffres 3/4 relativement grand et bien lisible, comporte également un barregraphe. Éclairage commutable séparément. La fonction de coupure de l'alimentation (auto-power-off) coupe l'alimentation au bout de 30 mn. Dispose de toutes les fonctions de mesure des autres appareils : mesure

re, outre les fonctions standard, également la capacité, la fréquence/le nombre de tours et possède même des calibres distincts pour les degrés Celsius et Fahrenheit. Boutons de fonctions distincts pour Hold, Min/Max, Rel et activation de la liaison RS-232. L'affichage sautille quelque peu mais dans la pratique cet appareil est parfaitement fonctionnel.

### Logiciel :

Le programme d'interface fourni est presque identique au programme accompagnant le Voltcraft VC-920 et possède de ce fait les mêmes fonctionnalités. On voit 4 fenêtres : la valeur de mesure sous forme de chiffres, une échelle analogique, une colonne des valeurs mesurées et une courbe chronologique. Le nombre de mesures est paramétrable de même que la durée de l'intervalle les séparant. Le stockage des données peut se faire sous différents formats. Bien que ce multimètre soit accompagné d'une interface RS-232 optique, le CD-ROM de support comporte également des pilotes USB.



### Identique au MAS-345

### L'appareil :

Multimètre 3 chiffres 3/4 standard proposé dans une coque de protection de plastique souple amovible. Rétroéclairage commutable séparément. Un barregraphe apparaît en dessous des chiffres. Outre les options de mesure classique nous trouvons ici un calibre distinct pour la mesure de la hfe des transistors

(par le biais d'un petit connecteur d'adaptation), deux calibres de capacité séparés et une position de mesure de température à l'aide du capteur de température fourni. Pas de coupure automatique de la batterie. Connexion RS-232 spéciale par le biais d'un connecteur à 5 broches de bonne longueur; il n'est pas mentionné s'il existe une isolation galvanique.

### Logiciel :

Une fois démarré, le programme MAS-View affiche 4 fenêtres : le paramétrage CC/CA avec, à côté, la valeur mesurée chiffrée, un diagramme sous forme de barre avec indication en pourcentage, un tableau reprenant les valeurs de mesure et un graphique rendant l'évolution chronologique. Il est possible d'agrandir séparément chaque fenêtre, de paramétriser la durée d'échantillonnage; on dispose en outre d'une fonction d'alarme sonore en cas de dépassement dans un sens ou dans l'autre de la valeur de consigne fixée. Les données sont stockées sous une sorte

## Velleman DVM 345DI



de format texte (.dat), le système de gestion de fichiers du programme est très confus.

## Voltcraft VC820



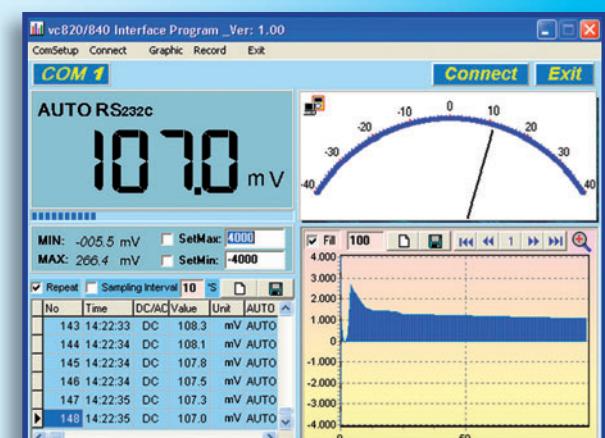
### L'appareil :

Multimètre abordable à habillage extérieur tenant bien en main et à affichage 3 chiffres 3/4 bien lisible. En dépit de son petit prix, il possède toutes les fonctions standard, y compris

fréquence et capacité. Boutons distincts pour paramétrage manuel des calibres, rapport cyclique, mesure relative et fonction de maintien (*hold*). Précision de base de 1%. N'est malheureusement pas doté d'une fonction de coupure automatique de l'alimentation au bout d'un certain temps; n'en est pas moins un bon appareil de base, indéniablement vu son prix.

### Logiciel :

Le logiciel ressemble quelque peu à celui accompagnant le VC920, mais avec un peu moins de fonctions. La connexion se fait par le biais du câble RS-232 optique fourni. Le programme pour PC est simple mais bien compréhensible. La valeur instantanée s'affiche sur une échelle analogique et sous forme de grands chiffres. Les différentes valeurs apparaissent en outre dans un tableau et sous forme graphique. La durée de l'intervalle entre échantillons est paramétrable, l'appareil fournissant normalement une valeur de mesure par seconde environ. Avec cette



version, le système de gestion de fichiers est relativement limité : il est possible d'enregistrer les données mesurées dans un fichier standard et de le relire, le nom du fichier n'étant pas modifiable.

## Voltcraft VC920



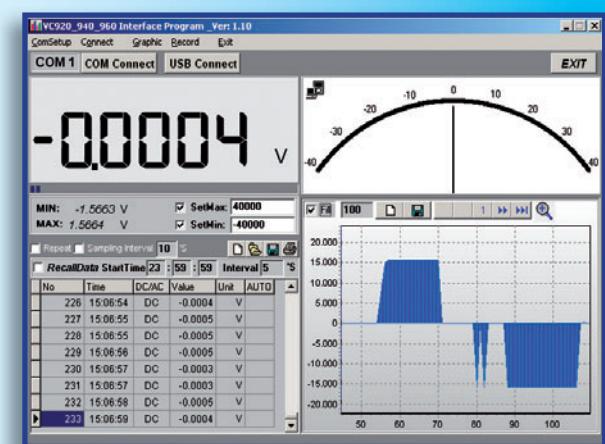
### L'appareil :

Multimètre de bonne taille aux côtés enrobés de caoutchouc souple. Grand affichage avec double visualisation et barregraphe, beau rétroéclairage blanc et coupure auto-

matique de l'alimentation au bout d'une durée paramétrable. Affichage principal à 4 chiffres 3/4 (40000). Nombreuses possibilités de paramétrage telles que affichage Min/Max, Peak, Hold, Rel., stockage et affichage d'un certain nombre de mesures. Mesures de fréquence (400 MHz) et de capacité (40 mF). Mesure en efficace vrai jusqu'à 400 kHz. Appareil bien présenté riche en possibilités et fourni avec un set d'accessoires complet.

### Logiciel :

Le logiciel accompagnant l'appareil est clair et aisément accessible. La fenêtre affiche la valeur instantanée, une échelle analogique, la valeur de mesure chiffrée dans un tableau et pour finir un graphique dans lequel apparaissent les valeurs mesurées. Couplage par RS-232. Il existe une possibilité de connexion via USB; requiert un câble proposé en option. Absence de fonction d'Aide. Il est possible de procéder à un nombre standard de mesures voire d'opter pour un nombre infini. Les valeurs mesurées



sont stockées dans un fichier (format Excel, base de données ou texte) et peuvent être relues. Possibilité d'entrer l'intervalle d'échantillonnage en secondes et de scrolling et de zoom dans le graphique.



Marque et modèle	Prix [€] hors-TVA approx.	Nombre de chiffres	Précision de base [%]	C	f	Efficace vrai en CA <sup>1</sup>	Autres calibres
Digitek DT-4000ZC	32	3 3/4 (4.000)	0,5	100 µF	10 MHz	—	Rapport cyclique
Voltcraft VC-820	40	3 3/4 (4.000)	0,9	100 µF	10 MHz	—	—
Sinometer MAS-345	49	3 3/4 (4.000)	0,5	400 nF	—	—	hfe
Velleman DVM345DI	63	3 3/4 (4.000)	0,5	400 nF	—	—	hfe
Digitek DT8000	73	4 5/6 (80.000)	0,03	100 µF	8 MHz	—	Nombre de tours, dBm
UNI-T UT70B	73	3 3/4 (4.000)	0,8	40 mF	400 MHz	—	Nombre de tours I
Voltcraft VC-920	105	4 3/4 (40.000)	0,1	40 mF	400 MHz	400 kHz	Rapport cyclique, RS-232
Sinometer MS8218	181	4 5/6 (50.000)	0,03	5 mF	2 MHz	20 kHz	Rapport cyclique, dBm
Sanwa PC510	212	3 5/6 (5.000)	0,06	1 mF	125 kHz	20 kHz	—
Metrix MX 26	237	4 5/6 (50.000)	0,3	50 mF	500 kHz	100 kHz	—
Sanwa PC5000	351	5 5/6 (500.000)	0,03	1 mF	2 MHz	20 kHz	Rapport cyclique, dBm, RS-232
Gossen Metrawatt Metrahit x-tra	449	4 1/2 (12.000)	0,05	1 mF	1 MHz	20 kHz	Largeur d'impulsion
Agilent U1252A	450	4 5/6 (50.000)	0,025	100 mF	20 MHz	100 kHz	Largeur d'impulsion, dBm, dBV
Fluke 189	509	4 5/6 (50.000)	0,025	50 mF	1 MHz	100 kHz	Largeur d'impulsion, dBV
Gossen Metrawatt 29S	639	5 1/3 (310.000)	0,02	30 mF	300 MHz	100 kHz	dB, W, VA, Var, Wh, Wah
Metrix MTX 3283 Bluet.	670	5 1/2 (100.000)	0,02	—	2 MHz	200 kHz	dB, Largeur d'impulsion

<sup>1</sup> Les valeurs ne sont pas comparables d'un appareil à l'autre en raison des différentes précisions données par chacun des fabricants.

Marque et modèle	Affichage éclairé	Auto-off	Fonctions additionnelles <sup>2</sup> M=Min/Max, A=Average, H=Hold, P=Peak, R=Rel.	Câble	Logiciel	Prix [€] hors-TVA <sup>2</sup>
Digitek DT-4000ZC	—	•	H, R	RS-232	inclus	—
Voltcraft VC-820	—	—	H, R	RS-232	inclus	—
Sinometer MAS-345	•	—	—	RS-232	inclus	—
Velleman DVM345DI	•	—	—	RS-232	inclus	—
Digitek DT8000	—	—	P, H, R	RS-232	inclus	—
UNI-T UT70B	•	•	M, H, R,	RS-232	inclus	—
Voltcraft VC-920	•	•	M, H, P, R	RS-232	inclus	—
Sinometer MS8218	•	•	M, H, R	RS-232	inclus	—
Sanwa PC510	—	•	M, H, P, R, Zoom	RS-232	PC-Link	110
Metrix MX 26	•	•	P, Mem	RS-232	SX-DMM	150
Sanwa PC5000	—	•	M, H, P, R	RS-232	PC-Link	110
Gossen Metrawatt Metrahit x-tra	•	•	M, H, signaux rectangulaires, mémoire de données	USB	MetraWin	190
Agilent U1252A	•	•	M, H, P, R, signaux rectangulaires, mémoire de données	USB	inclus	—
Fluke 189	•	•	M, A, H, P, R, mémoire de données	USB	FlukeView Forms	175
Gossen Metrawatt 29S	•	•	M, H, signaux rectangulaires, mémoire de données, chronomètre	USB	MetraWin	190
Metrix MTX 3283 Bluet.	•	•	M, H, P, R, mémoire de données	USB	SX-DMM	150

<sup>2</sup> Logiciel y compris câble

Fabricant	Type	Adresse Internet fabricant	Distributeur/revendeur F/S/NL	Adresse Internet
Agilent	U1252A	www.agilent.com	Française d'Instrumentation-Distrame Farnell InOne France	www.distrame.fr www.farnellinone.fr
Digitek Sinometer Uni	DT-4000ZC, DT8000 MAS-345, MS8218 UT70B	www.elv.de	ELV	www.elv.de
Fluke	189	www.fluke.nl	Nombreux en France	Cf. www.fluke.fr
Gossen Metrawatt	28S, Metrahit x-tra	www.gossenmetrawatt.com	GMC-Instruments France - SAS	www.gmc-instruments.fr
Metrix	MX 26, MTX 3283	www.chauvin-arnoux.fr	Chauvin Arnoux/Metrix	www.chauvin-arnoux.fr
Sanwa	PC510, PC5000	www.sanwa-meter.co.jp	S : Rotronic AG – NL : WM Elektronica	S : www.rotronic.com NL : www.wmlektronica.nl
Velleman	DVM345DI	www.velleman.be	Nombreux en France	
Voltcraft	VC-820, VC-920	www.conrad.fr	Conrad	www.conrad.fr

# Analyseur de spectre

## Comment est le trafic par ici ?

Jason Hecker



Ce projet met à profit certaines ressources d'une puce de récepteur de radio numérique à 2,4 GHz pour construire un analyseur de spectre simple. Il vous donnera une idée des parties du spectre WiFi à 2,4 GHz qui sont occupées à proximité immédiate, il peut même vous aider à optimiser le choix d'un canal et à détecter les appareils qui causent des interférences.

La bande ISM, pour « Industriel, Scientifique et Médical » a été ces dernières années une aubaine pour le marché des communications individuelles à courte portée. Du fait de l'accès universel sans licence, toutes sortes d'appareils de communication pour la maison et le bureau sont devenus disponibles. Parmi eux les réseaux locaux sans fil WiFi, les téléphones numériques sans fil, les émetteurs audio et vidéo, les claviers et souris sans fil Bluetooth... Sans licence ne signifie pas que quiconque puisse construire son propre émetteur

et commencer à l'utiliser – il existe des normes relatives à la puissance maximale, la bande passante, la conception des antennes fixes et d'autres aspects. Elles doivent être respectées pour qu'un appareil commercial à 2,4 GHz puisse être mis sur le marché. L'homologation par type doit être demandée aux autorités nationales compétentes.

### Le cœur du projet

La puce que nous allons détourner est le CYWUSB6935 de Cypress Semicon-

ductors, un modem radio numérique bidirectionnel qui fonctionne avec peu de composants extérieurs. Un composant similaire, le CYWUSB6934, a été décrit en détail dans le document référencé en [1].

Les feuilles de caractéristiques du 6935 et le module se trouvent à [2] et [3] respectivement. Comme le montre le schéma synoptique simplifié de la **figure 1**, le 6935 contient un modulateur, une référence de fréquence programmable, un démodulateur et – le plus important pour ce projet – un indicateur de puissance du signal reçu (*Received Signal Strength Indicator*), en un mot pour les gens qui ont connu la radio avant l'informatique : un S-mètre. C'est la combinaison du générateur de fréquence programmable et du S-mètre qui permet de construire cet analyseur de spectre simple. En augmentant la fréquence du générateur et en lisant aussitôt après le registre du S-mètre, on peut dessiner une image utilisable de la bande des 2,4 GHz, en alignant les niveaux relatifs d'activité dans la bande ISM.

La puce elle-même est enfermée dans un boîtier QFN. Il s'agit d'un composant à monter en surface, qui ne se prête pas à l'usage du fer à souder ordinaire. Heureusement Cypress propose un module qui peut être mis à profit pour

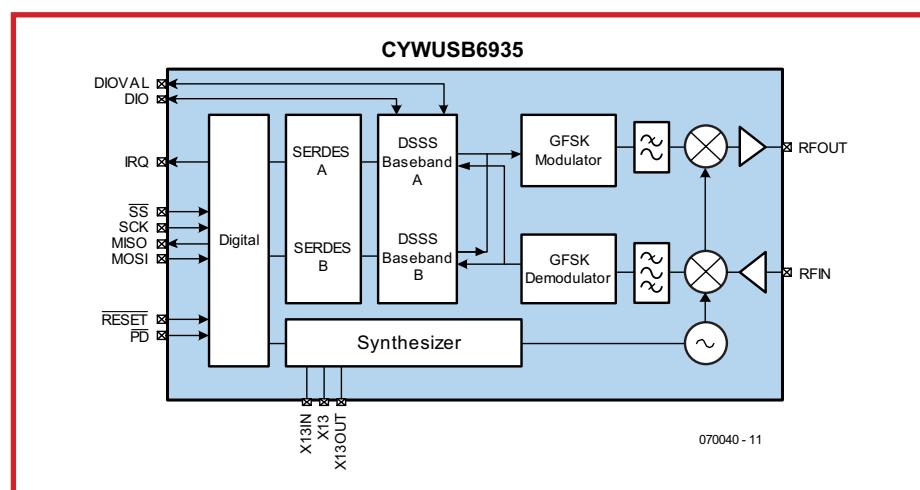
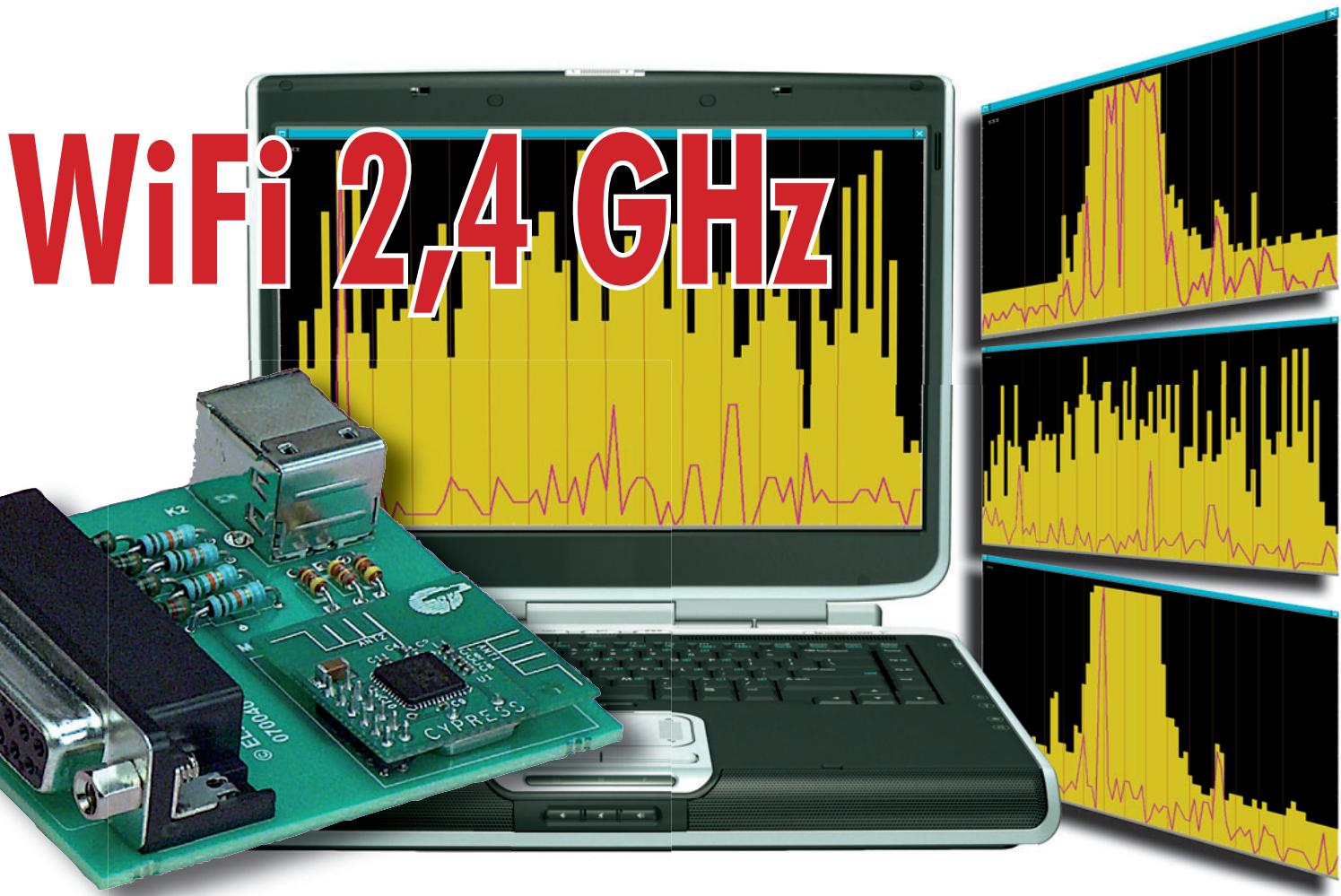


Figure 1. Le schéma synoptique de l'émetteur-récepteur numérique WiFi CYWUSB6935 de Cypress.

# WiFi 2,4 GHz



des projets utiles avec des fers communs. Ce module contient la puce, de petites antennes et les quelques composants nécessaires. Tout ce que doit apporter l'expérimentateur est un peu d'énergie et quelques signaux numériques pour la communication avec la puce. N'oublions pas de signaler qu'on peut obtenir de Cypress des échantillons de CYWUSB6935.

## Interface

Les registres internes de la puce peuvent être lus et écrits avec le protocole simple SPI. Comme la puce CMOS fonctionne en 3 V, il faut une conversion de niveau adéquate pour la connecter à un microcontrôleur ou à un port parallèle TTL. Ce projet utilise (pour sa simplicité et son universalité) le port parallèle qu'on trouve sur tout PC de bureau ou portable, mais les idées exposées ici peuvent être mises en œuvre tout aussi facilement avec un microcontrôleur connecté directement à la puce.

L'alimentation sous 3 V (plus exactement de 2,7 à 3,3 V) permet un interfacing tout simple des signaux, d'où un schéma étonnamment dépouillé pour cet analyseur de spectre –voir la **figure 2**.

Il y a plusieurs façons d'alimenter la

puce proprement dite. Le port parallèle ne peut pas fournir un courant suffisant, alors que le port USB peut en débiter largement. Deux diodes au silicium en série font tomber la tension de 5 V à 3,6 V environ. Trois diodes la font tomber à 2,9 V, les deux options conviennent pour le fonctionnement de la puce. Gardez à l'esprit que les alimentations de PC peuvent faire tomber la tension de 5 V à 4,7 V (avec des alimentations bon marché ou surchargées), ce qui fait que deux diodes seraient suffisantes. L'option luxueuse consiste à monter un régulateur linéaire de 5 V à 3,3 V. Une alimentation de laboratoire est envisageable à défaut de port USB disponible.

L'interface TTL du port parallèle de PC peut être raccordée facilement au port SPI CMOS sous 3 V. La tension de sortie logique du port est ramenée simplement par un diviseur de tension à des niveaux com-

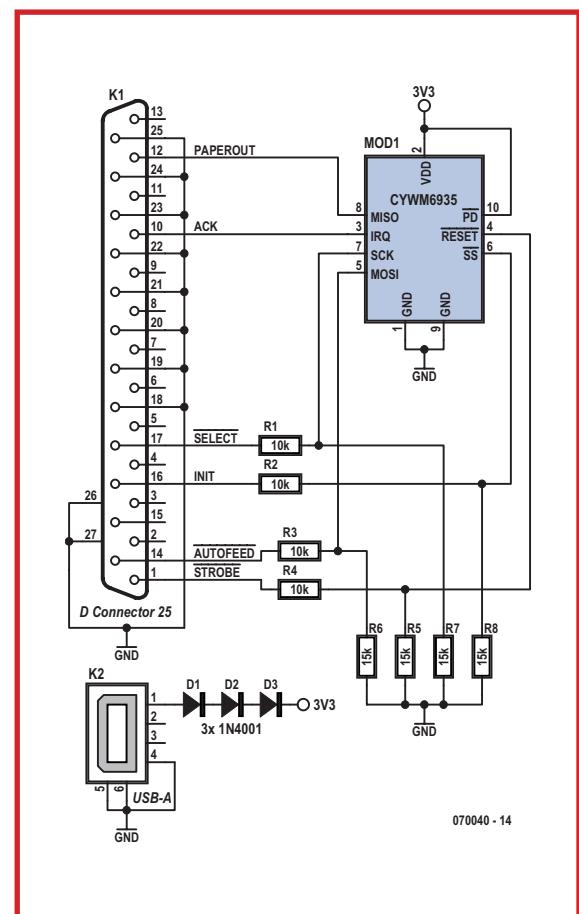


Figure 2. Schéma de principe de l'analyseur de spectre WiFi 2,4 GHz organisé autour de la puce CYWUSB6935 de Cypress.

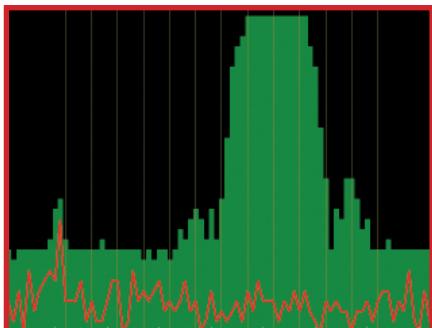


Figure 3a. L'activité WLAN 802.11b sur le canal 9.

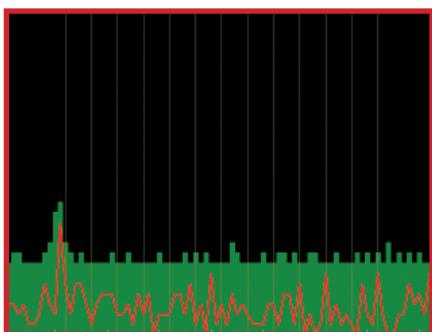


Figure 3b. Une source locale, probablement une horloge de CPU.

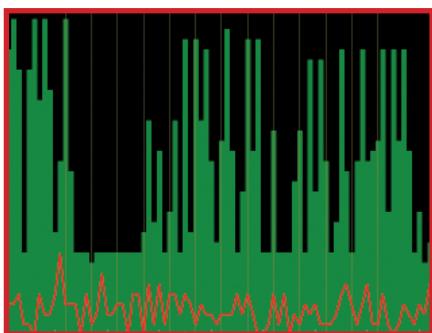


Figure 3c. Un dongle USB Bluetooth à la recherche inlassable d'autres appareils Bluetooth.

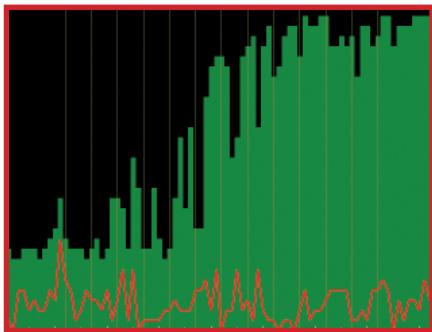


Figure 3d. Un four à micro-ondes lance un CQ (appel général) sur 2,4 GHz.

patibles. Les signaux en entrée sont connectés directement, puisque la logique TTL reconnaît  $V_H$  (niveau logique haut) à partir de 2,4 V. La sortie du port TTL peut monter à 5 V et descendre à

2,4 V. D'après l'expérience de l'auteur, la sortie au niveau haut du port parallèle est toujours supérieure à 4 V donc un diviseur de rapport 0,6 suffit pour attaquer de la logique 3 V.

Le bus SPI comporte les lignes RESET, MOSI (*Master Out Slave In*, sortie maître, entrée esclave), MISO (*Master In Slave Out*, entrée maître), SCK (*Serial Clock*, horloge) et SS (*Slave Select*, sélection d'esclave). Cette dernière ligne signale le début et la fin des transmissions. Le protocole synchrone SPI est piloté par le maître, les données sont envoyées avec le bit de poids fort (*MSB, Most Significant Bit*) en tête. Le premier octet écrit sur la ligne MOSI contient deux bits de commande et six bits d'adresse. Une opération d'écriture comporte un deuxième octet de données. S'il s'agit d'une opération de lecture, l'esclave renvoie un octet de l'adresse sélectionnée après l'écriture de l'octet de commande initial.

### Spectre et RSSI

Pour obtenir une image de l'activité dans la bande des 2,4 GHz, il faut balayer continuellement les fréquences avec le générateur de signal interne du 6935 et mesurer le niveau du signal à chaque fréquence. Le générateur de fréquence du 6935 peut être calé sur une fréquence parmi 128 à partir de 2,4 GHz à intervalle de 1 MHz. Comme la bande ISM s'arrête à 2,482 GHz, il est inutile de balayer au-delà (en fait, il se peut que le composant ne fonctionne pas au-dessus du 83e pas).

Le circuit RSSI dans la puce est conçu pour prendre un instantané de 50 µs du signal incident et évaluer la puissance reçue à cet instant. Le processus de balayage est simple : fixer la fréquence, déclencher le circuit RSSI, lire la valeur RSSI au bout de 50 µs.

Le registre RSSI délivre une valeur comprise entre 0 et 31. Selon la feuille de caractéristiques, la plage de 0 à 10 indique que le niveau du signal est inférieur à -95 dBm ; la plage de 28 à 31 indique que le niveau est supérieur à -40 dBm. Cela signifie que chaque point vaut à peu près -3 dBm, plus précisément  $(-40) - (-95)/(28 - 10) = -3,056$  dBm.

Le but du registre est d'indiquer si quelque chose d'autre émet ou non dans la bande, plutôt que de donner une mesure précise et absolue de la puissance du signal. S'il n'y a pas de signal au-dessus d'un certain seuil, il devrait être possible d'émettre sans craindre d'être noyé dans d'autres si-

gnaux au niveau du récepteur.

Faute de quelque calibrage, il n'est pas possible de déterminer le niveau de puissance précis auquel correspond un point du registre, lequel niveau peut varier d'un échantillon à l'autre. La feuille de caractéristiques précise que si on cherche un canal libre, il faut faire jusqu'à dix mesures pour déterminer si le canal est effectivement libre.

### Logiciel

Le programme QTScan a été écrit pour tourner sous Linux et utilise l'interface graphique QT4. Il contient les routines des pilotes du port parallèle et du bus SPI. Les utilisateurs de Linux peuvent compiler et faire tourner le code s'ils ont les bibliothèques et fichiers d'en-tête « développement et runtime » de QT4, et les bibliothèques et fichiers d'en-tête « développement » du noyau (pour le port parallèle). Pour construire QTScan il suffit de lancer l'exécutable make.

Le port parallèle devrait être configuré dans le BIOS comme « SPP », mais il se peut, suivant les machines, qu'il fonctionne aussi en mode « EPP » ou « ECP ».

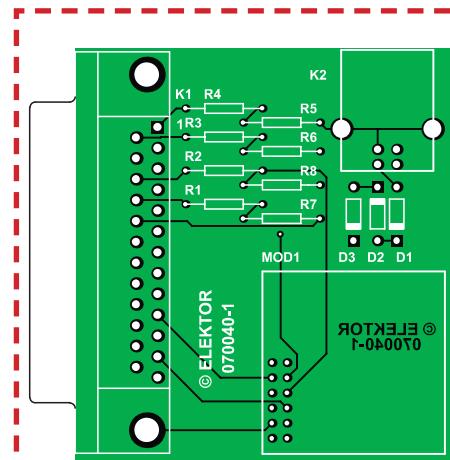
Comme le protocole SPI est sériel, chaque octet est démonté et remonté bit à bit par le logiciel. Le passage en série et l'utilisation du port parallèle avec des bus ISA très lents (pour des raisons historiques de compatibilité) font que la cadence de balayage n'est qu'une fraction de celle que peut soutenir la puce. La cadence de balayage peut être largement améliorée par un microcontrôleur muni d'un port SPI matériel ou d'entrées-sorties numériques capables de fonctionner à une vitesse beaucoup plus élevée. Concours : tout lecteur qui arrive à faire tourner une application de son cru du CYWUSB6935 sur ARM, PIC24F, R8C ou AVR est invité à le faire savoir à Elektor.

Le fait de la lenteur congénitale du port parallèle ISA, nous avons mesuré environ 600 000 appels `ioctl()` par seconde, exécutés avec lecture et écriture des registres du port parallèle. Les instructions `inb` et `outb` appelées par `ioctl()` sont bloquées par le matériel pendant ce qui semble une éternité pour une unité centrale moderne. Cela impose une très forte charge au système, cela le ralentit effectivement alors qu'il se tourne les pouces en attendant que le port parallèle termine ses opérations `inb` et `outb`.

Le logiciel balaye simplement en boucle les 83 canaux. Comme on peut le voir sur les exemples des figures 3a

à 3d, QTScan montre le résultat du balayage en cours comme une ligne rouge. En fond, un histogramme vert capture les pics détectés dans chaque raie de fréquence. Avec ce matériel, l'histogramme des pics peut prendre des dizaines de secondes pour donner une image significative de la bande de 2,4 GHz ; donc soyez patient. Toutefois la plupart des balayages ne donneront qu'un pic à chaque fois.

Les lignes verticales jaunes marquent la fréquence centrale des canaux WiFi 802.11. L'axe des x démarre à 2,400 GHz et se termine à 2,483 GHz. Chaque graduation de l'axe des x vaut 1 MHz. L'axe des y couvre les 32 niveaux possibles du registre RSSI. Si on suppose exacte la valeur calculée précédemment pour chaque point de l'échelle de niveau, l'axe des y démarre à -125,6 dBm et s'arrête à -30,8 dBm. Le logiciel pour Windows est en cours d'élaboration à l'heure où cet article s'écrit. Tout le logiciel correspondant à ce projet est disponible gratuitement sur le site ouèbe d'Elektor. Suivez simplement Magazine -> juin 2007 -> Analyseur de spectre WiFi 2,4 GHz, ou cherchez le fichier d'archive **070040-11.zip**.



## Liste des composants

### Résistances :

R1 à R4 = 10 kΩ  
R5 à R8 = 15 kΩ

### Semi-conducteurs :

D1 à D3 = 1N4001

### Divers :

MOD1 = module Cypress type CYWM6935  
K1 = embase sub-D 25 points male en équerre encartable  
K2 = embase USB-B  
platine EPS070040-1 disponible auprès des adresses habituelles

Figure 4. Séigraphie de l'implantation des composants de la platine dessinée pour l'analyseur de spectre.

(Quadrature Phase Shift Keying). Vous pouvez voir aussi comment les canaux adjacents se recouvrent. Le meilleur moyen de s'assurer que plusieurs réseaux locaux 802.11b n'interfèrent pas est de faire en sorte qu'aucun des lobes principaux ne se recouvre.

### Horloge CPU du PC

Dans le spectre de la **figure 3b**, le pic à gauche est fortement suspecté de provenir d'un ordinateur. Les informa-

### Four à micro-ondes

Ce n'est pas un hasard si la bande sans licence des 2,4 GHz tombe dans celle qui est allouée aux fours à micro-ondes. Ces fours sont capables d'émettre plus d'un kilowatt d'énergie (pulsée) en micro-ondes à large bande et il est inévitable qu'il s'en échappe un peu. La **figure 3d** montre le niveau du signal qui fuit du four de l'auteur, en marche dans la cuisine, à peu près à cinq mètres, à travers deux murs. Voyez comment

# Concours de réalisation : tout lecteur qui arrive à faire tourner une application de son cru du CYWUSB6935 sur ARM, PIC24F, R8C ou AVR est invité à le faire savoir à Elektor.

## Résultats

Le domicile de l'auteur contient différentes sources de rayonnement à 2,4 GHz, y compris ordinateur, four à micro-ondes, appareils Bluetooth et point d'accès IEEE 802.11b (WiFi). Si cela vous rappelle quelque chose, continuez votre lecture.

### IEEE 802.11b

La **figure 3a** montre un point d'accès « WLAN » sur le canal 9. Ce balayage a pris deux minutes pour capter tous les pics. Le signal affiché provient de la balise émise normalement en continu par tout point d'accès. Il montre le lobe principal centré nettement sur le marqueur du canal 9. Les bavures de part et d'autre du lobe principal sont des lobes latéraux typiques du spectre QPSK

tions de /proc/cpuinfo disent que l'unité centrale est cadencée à 2,310 GHz mais le pic est à 2,410 GHz dans QTScan. Il peut s'agir aussi d'un harmonique d'une des nombreuses horloges à l'oeuvre dans un PC moderne. Ce signal est présent dans tous les spectres relevés.

### Bluetooth

Les appareils Bluetooth utilisent tout le spectre ISM 2,4 GHz. La **figure 3c** montre le spectre d'un dongle USB Bluetooth à la recherche d'autres appareils Bluetooth. Il est évident qu'il saute entre plusieurs de ses propres canaux à la recherche d'un client Bluetooth qu'il est impatient de vous présenter. Ce balayage a duré 10 secondes.

cela inonde le spectre. Le système WiFi peut résister à de telles interférences jusqu'à un certain point grâce au procédé du spectre étalé utilisé conjointement avec la technique de retransmission de paquets. Ce balayage a duré environ 50 secondes.

## Modifications d'antennes

Les antennes sur circuit imprimé ne sont destinées qu'aux communications à courte distance –selon Cypress, jusqu'à 50 m environ pour les usages originels d'émission et réception de données. L'antenne incorporée peut être déconnectée (avec un couteau ou un scalpel), un connecteur SMA ou MCX peut être ajouté pour permettre le raccordement d'une antenne plus grande, directement ou par l'intermédiaire

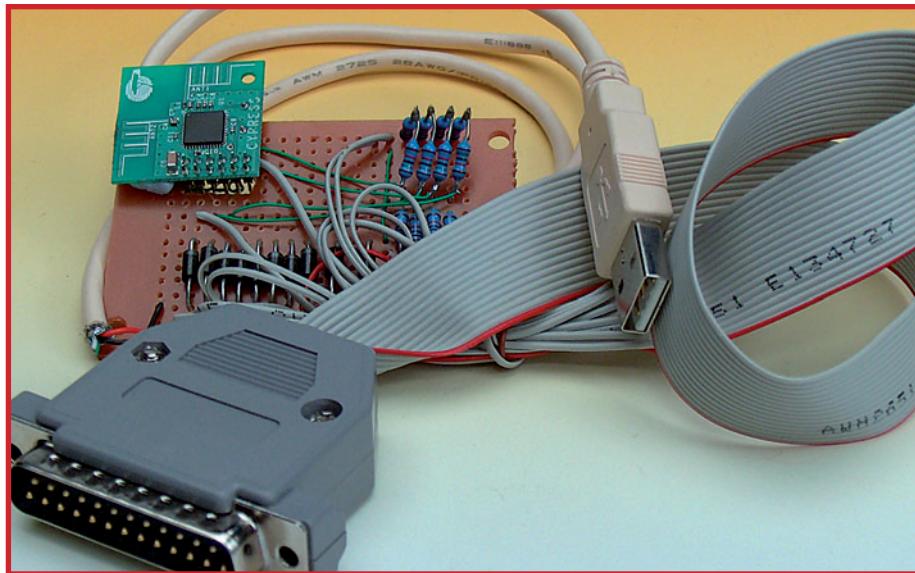


Figure 5. Le prototype de l'analyseur de spectre que l'auteur nous a aimablement envoyé par courrier (d'Australie).

re d'un câble coaxial à faibles pertes. Cela apporterait un allongement de la portée de détection de l'appareil en même temps qu'une certaine directivité, avec une antenne Conifer [4], *cantenna* Pringles, ou la *cantenna* de pré-

cision Elektor [5].

### Construction

Le recours à un module tout fait nous dispense des casse-tête de la construc-

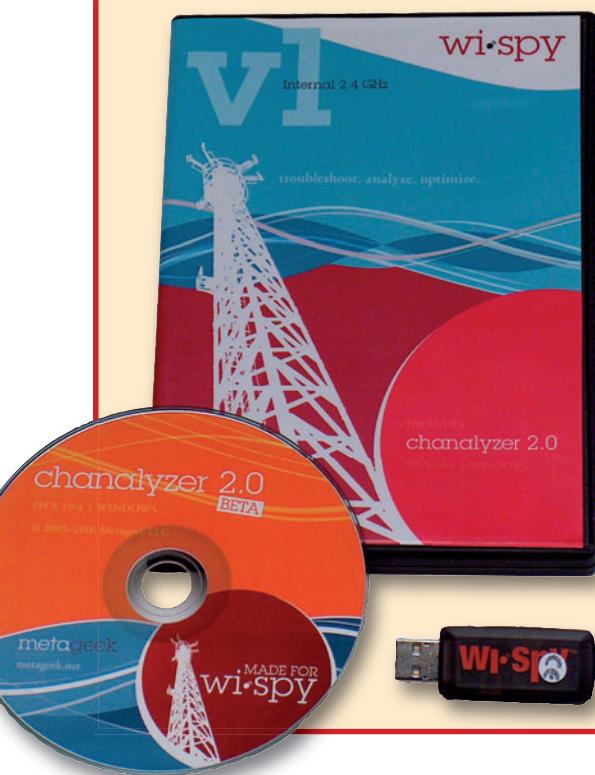
tion dans la bande des gigahertz, tels qu'accorder des lignes de transmission imprimées, trouver des plaques Duroid en teflon, accorder les oscillateurs, savoir si le récepteur fonctionne ou pas du tout, ou même savoir ce que veut dire GHz.

Le module Cypress et un nombre ridiculement faible d'autres composants sont simplement montés sur un circuit imprimé dessiné par Elektor, conforme à la **figure 4**. La platine est disponible chez ThePCBShop ([www.thepcbshop.com](http://www.thepcbshop.com)). L'installation des composants ne doit pas poser de problème.

Pour finir, il arrive qu'on reproche à Elektor de ne pas montrer le côté « moins fini » des choses. Alors voici, pour répondre à ces critiques, une photo du prototype de l'auteur pour son analyseur de spectre WiFi : **figure 5**. Comme on le voit, il est parfaitement possible de construire le circuit sur un morceau de platine perforée. Nous attendons maintenant avec angoisse les courriels de M. Perfectionniste et Cie qui vont nous reprocher de présenter ce matériel « pas très propre » (mais parfaitement fonctionnel) !

## Un appareil du commerce

L'analyseur de spectre Wi-Spy se présente fièrement comme « le plus petit analyseur de spectre au monde, un outil inestimable pour chiffrer un réseau local sans fil (WLAN), cerner les problèmes WiFi et optimiser les installations WiFi ».



Le matériel se résume en fait à rien de plus qu'une clé USB de 4,5 cm de long. Le logiciel fourni sur CD s'appelle Chanalyzer (beta) et les sources sont proposées sur [metageek.net](http://metageek.net). La compatibilité avec Win2000, XP, Linux et MacOS est revendiquée sur la boîte.

Wi-Spy offre quelques caractéristiques intéressantes comme l'enregistrement des données, des moyennes, des pics, l'affichage fréquences/canaux et enregistrement/lecture. Curieusement, Wi-Spy se déclare capable de pister les interférences des téléphones DECT, qui traquent (au moins, on l'espère) entre 1,880 et 1,900 GHz, bien loin de la bande ISM des 2,4 à 2,483 GHz. Peut-être le récepteur incorporé est-il d'un type à très large bande ?

L'appareil coûte 119 € ; nous avons trouvé le nôtre chez [www.wlan-shop.nl](http://www.wlan-shop.nl).



# Votre zinc vous siffle

## Variomètre acoustique

Thierry Charlès

**Ne coupons pas les cheveux en quatre. La seule et unique fonction du variomètre acoustique décrit ici est de fournir au pilote d'un planeur RC une information audio lui indiquant le taux de montée (ou de descente) du modèle réduit qu'il pilote.**

Conçu pour détecter les variations très faibles de la pression atmosphérique afin de permettre au pilote du modèle réduit qu'il équipe de faire en sorte qu'il reste dans une ascendance surtout lorsque celles-ci sont rares, notre variomètre acoustique est un exemple de ce qui se fait de plus complexe en électronique, mettant en oeuvre les technologies de l'analogique, du numérique, associant HF et BF ; de ce fait, sa réalisation pratique doit être extrêmement soignée car la dynamique des signaux qui se côtoient sur le circuit imprimé atteint 120 dB.



### Généralités

Toutes les machines volantes « grandeur » (les avions réels) sont équipées d'un instrument « le vario » qui indique, sur un cadran, le « taux » de montée ou de descente (en ft/mn = pieds par minute ou m/s = mètres par seconde), en clair la vitesse ascensionnelle ou descentionnelle. Le pilote d'un planeur modèle réduit est derrière une télécommande les yeux rivés au ciel, et lorsque l'air est calme il lui est parfois

difficile d'apprécier la prise de vitesse verticale et d'accrocher la « pompe » qui permettra à son modèle réduit de prendre de l'altitude.

Notre variomètre acoustique pour modèle réduit est équipé d'un capteur de pression. Lorsque ce dernier se déplace dans le plan vertical la pression atmosphérique mesurée varie, l'électronique associée transforme cette évolution de pression en facteur de vitesse ascensionnelle qui est utilisé ensuite pour moduler un signal acoustique, signal audio transmis par liaison HF jusqu'au récepteur puis aux oreilles du pilote. En montée on a un signal aigu, en descente une

fréquence grave. Dans chaque sens de variation (montée/descente)

3 paliers de vitesse de montée/descente pilotent 3 fréquences distinctes. En-dessous du premier seuil de vitesse, la fréquence audio est modulée par la vitesse pour passer d'un « bip bip » à un son continu.

### Performances recherchées

Le domaine de vol du modèle réduit est situé entre 0 m (la mer) et 3 000 mètres d'altitude. Pour « accrocher une pompe » lorsque l'air est calme (sans vent), il faut que le vario puisse mesurer une faible vitesse verticale, l'ob-

jectif de sensibilité est fixé à 10cm/s (<20 fts/mn).

Il faut aussi pouvoir piloter le modèle réduit en temps réel, il est donc exclu d'attendre une seconde pour informer le pilote, le temps de réaction du montage (mesure de pression + traitements + génération audio + transmission) doit être inférieur à la demi-seconde.

### Le synoptique

Comme le montre le synoptique de la **figure 1**, l'ensemble se compose de deux modules, un émetteur embarqué à bord du planeur (la série de modules du haut) et un récepteur au sol (la série



de blocs du bas).

La partie embarquée, se compose d'un capteur de pression absolue, d'un quadrupole ampli opérationnel ce qui constitue la chaîne de traitement analogique, d'un microcontrôleur 8 broches assurant le traitement numérique, et d'un émetteur UHF miniature. Une alimentation compacte permet de puiser l'énergie nécessaire ( $>200$  mW) d'un accumulateur lithium polymère (LiPo) 7 V, encore que toute batterie ou pile autonome (6/12 V) fasse l'affaire.

## Les schémas

Après nous être fait une idée des sous-ensembles constitutifs de ce projet, il est temps de jeter un coup d'œil aux schémas. De manière à ne pas trop compliquer les choses, nous avons subdivisé le projet en 2 schémas, celui de l'émetteur (**figure 2**) et celui du récepteur (**figure 3**).

Commençons par le schéma le plus complexe, celui de l'émetteur.

### L'analogique

Nous avons opté pour un capteur MPX 5100AP (de Motorola, devenu Freescale depuis) car il permet d'atteindre l'objectif de sensibilité recherché, sans être un composant miniaturisé ; il reste en outre compatible d'une intégration dans un modèle réduit tout en étant disponible facilement à un prix abordable (la fiche de caractéristiques est téléchargeable sur le site fourni en référence [7]).

Le MPX 5100AP est simple à mettre en œuvre : il délivre en sortie une tension continue avec un gradient de 45 mV/kpa soit  $512 \mu\text{V}$  par mètre (au niveau du sol à  $15^\circ\text{C}$ ). L'électronique du variomètre doit donc avoir une sensibilité meilleure que  $50 \mu\text{V}$ , pour réagir sur 10 cm.

La tension délivrée par le capteur peut varier de 0,5 V (0 mb) à 4,75 V (1 100 mb), or notre variomètre a une dynamique limitée entre 0 m et 3 000 m, la tension utile en sortie est donc comprise entre 2,95 et 4,75 V. La création d'une masse virtuelle VEE à 2,5 V permet d'obtenir directement une vitesse signée en sortie de la chaîne analogique. En absence de vitesse, la sortie est à 2,5 V (au zéro de la masse virtuelle), si le modèle réduit monte la pression diminue, la tension en sortie du capteur baisse et le signal en sortie de la chaîne analogique est négatif par rapport à la masse virtuelle VEE. L'inverse se produit en montée.

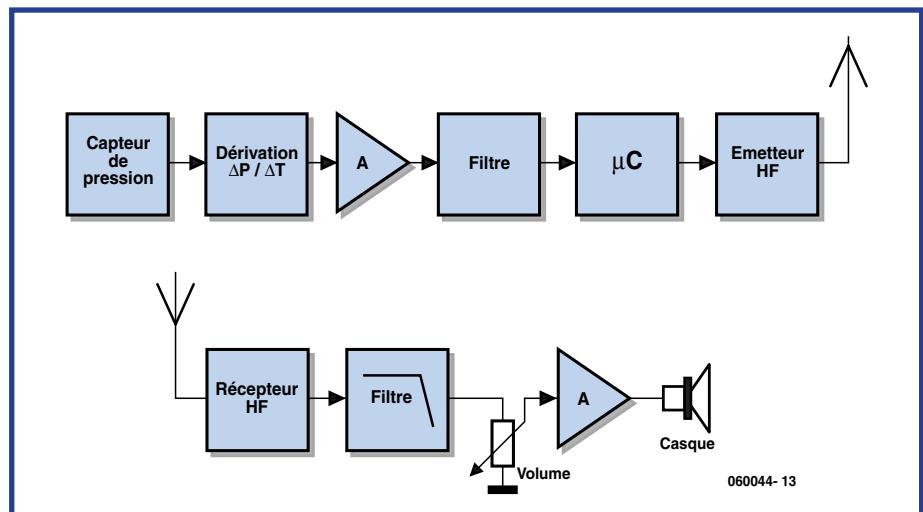


Figure 1. Synoptique des 2 sous-ensembles constituant le variomètre acoustique : l'émetteur (en haut) et le récepteur (en bas).

Voyons cela d'un peu plus près. L'ensemble R7, C7, IC4A est câblé en déivateur. Les résistances R7/R10 assurent une compensation qui rend le gain du montage stable quelle que soit la phase. L'analyse du montage montre qu'il s'agit aussi d'un filtre qui a une fréquence de coupure basse à 0,23 Hz,

ce filtre élimine les mouvements rapides qui auraient tendance à se répéter (vibrations). Le gain du montage déivateur est fixé à  $G = -6,8 \text{dP/dT}$ . IC4B amplifie le signal avec un gain  $G = 56x$ .

Le filtre du premier ordre R6/C8 qui coupe à 156 Hz, élimine la majeure

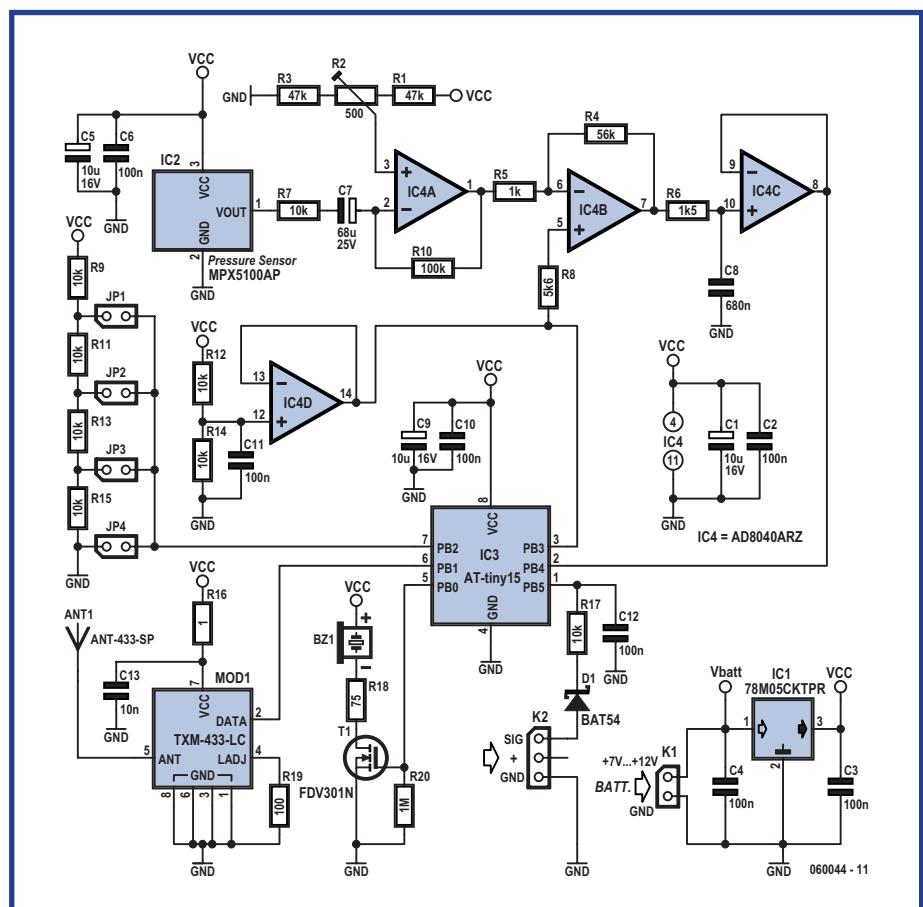


Figure 2. Schéma de l'émetteur. Dans la réalité l'antenne intégrée et le capteur de pression sont les composants les plus encombrants.

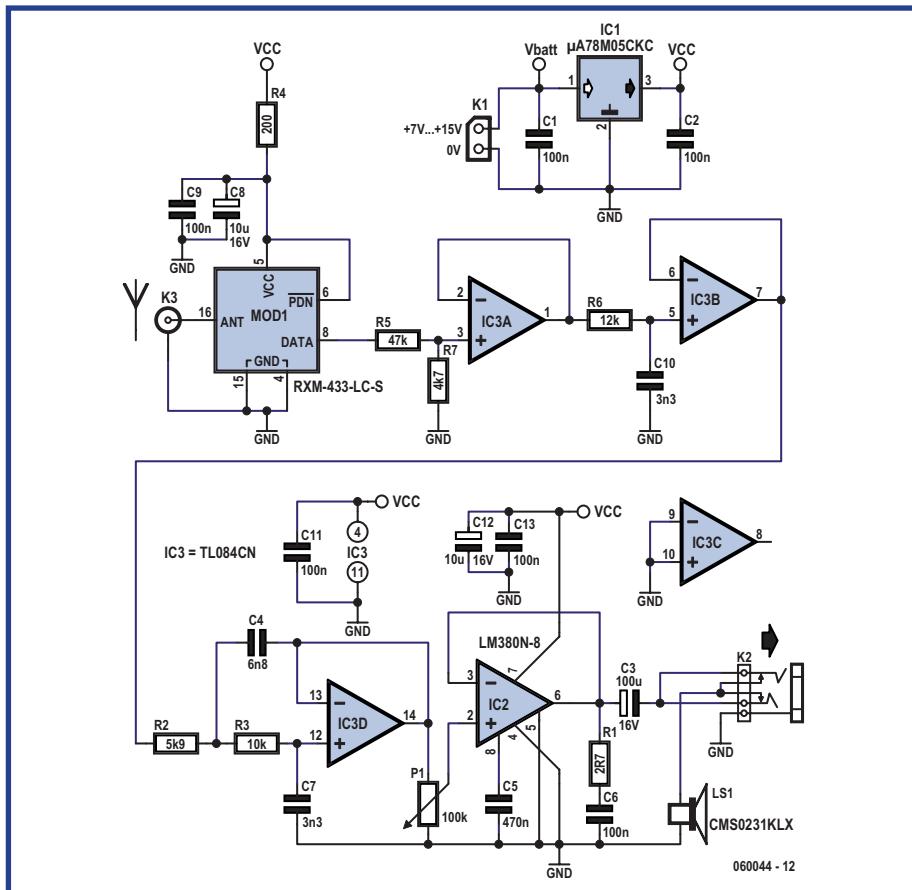


Figure 3. Le schéma du récepteur se résume à bien peu de choses, le module intégré se chargeant du gros du travail.

partie de ce bruit. Le rôle du dernier ampli opérationnel, IC4C, est d'assurer l'adaptation d'impédance entre le filtre et l'entrée du codeur analogique numérique du micro contrôleur. Pour une vitesse de déplacement vertical de 10 cm/s, le signal utile en sortie du capteur de pression ( $dP/dT$ ) est de  $51,2 \mu V$ , détecté et amplifié par la chaîne de traitement analogique, en entrée du microcontrôleur ce signal utile ( $19,5 mV$ ) est noyé dans le bruit et décalé de l'offset. Le traitement du signal est réalisé en numérique par le microcontrôleur.

### Le numérique

La chaîne de traitement numérique extrait le signal utile de l'information bruitée d'entrée puis calcule la vitesse correspondante et délivre le signal audio. Le choix du micro contrôleur s'est porté sur un ATMEL ATtiny 15L, car ce composant de 8 broches seulement est suffisamment puissant avec ses 4 entrées convertisseurs analogiques numériques de 10 bits, ses 2 compteurs programmables, et une EEPROM ; de plus il peut fonctionner sans aucun composant additionnel (quartz, référence de

tension, Reset, etc...). En choisissant  $V_{CC}$  comme tension de référence le CAN 10 bits a une résolution de  $2^{10}$  soit  $5/1\ 024 = 4,88 mV$  ce qui fixe le seuil de sensibilité du montage à  $12,8 \mu V$  soit  $2,5 \text{ cm/s}$  ( $12,8 \mu V \times 6,8 \times 52$ ).

Une interruption cadence le programme toutes les 20 ms. Chaque interruption prépare une conversion analogique numérique de la mesure qui représente l'évolution de la pression. Chaque paramètre est donc codé à 50 Hz.

Pour extraire le signal utile le logiciel effectue trois filtrages. Le premier fournit la valeur moyenne de 5 mesures consécutives il produit une vitesse filtrée sur 5 échantillons à 10 Hz, le second filtre effectue une moyenne glissante à 10 Hz des  $n$  ( $n$  est paramétrable) dernières valeurs de la vitesse filtrée. En sortie de ce second filtrage la valeur de la vitesse obtenue est utilisée pour élaborer le signal sonore.

Le troisième traitement s'active lorsque la vitesse produite en sortie du second filtre reste dans la limite «paramétrable» du vol en palier ( $\pm 20 \text{ cm/s}$  ou  $\pm 30 \text{ cm/s}$ ) durant 7,2 secondes consécutives, soit lorsque la vitesse verticale est inférieure à 3 ou 4 cm/s. Ce filtrage extrait la va-

Tableau 1

Vitesse	Montée	Desccente
<30 cm/s	Rien	Rien
<1 m/s	1 000 Hz modulé	625 Hz modulé
>1 m/s	1 250 Hz fixe	430 Hz fixe
>2 m/s	1 650 Hz fixe	310 Hz fixe

leur moyenne du bruit résiduel, il prend pour hypothèse qu'il s'agit de l'offset de sortie de la chaîne analogique, la valeur correspondante est utilisée pour « décaler numériquement » la valeur de la masse virtuelle. Le biais présent en sortie de la chaîne analogique est ainsi compensé en temps réel.

L'ensemble de ces traitements augmente dynamiquement la sensibilité et ramène l'amplitude du bruit sur la vitesse utile à moins de  $\pm 2 \text{ LSB}$  ( $\pm 5 \text{ cm/s}$ ).

En présence de ces traitements après avoir fixé, en concertation avec les utilisateurs, le seuil minimum de la vitesse détectable à 20 cm/s (par écrêtage), le montage posé sur une table ne produit aucune information sonore de fausse indication, sauf s'il y a un préavis de tempête....

En dessous du seuil de vitesse « vol en palier » le logiciel considère que le modèle réduit est en vol horizontal.

Pour produire le signal sonore quatre valeurs de vitesse ont été définies : 50 cm/s, 75 cm/s, 1 m/s et 2 m/s. En dessous de 1 m/s la fréquence audio est générée à 625 Hz en descente et à 1 000 Hz en montée, elle est modulée par la vitesse pour passer d'un son haché à la vitesse la plus faible à un son continu à 1 m/s. Entre 1 et 2 m/s le son est continu à 1 250 Hz en montée ou 430 Hz en descente. Au-delà de 2 m/s c'est un son continu de 1 650 Hz en montée et 310 Hz en descente qui est produit. (voir tableau 1)

La modulation en tout ou rien (hachage) sous 1 m/s est amplifiée sous 50 et 75 cm/s pour permettre de percevoir les variations de vitesse lente.

La génération audio a besoin d'être « découplée » des variations rapides et continues de vitesse.

En absence de ce traitement le signal audio varie constamment et est par conséquent difficile à interpréter. Afin d'obtenir un message audio « compréhensible », le traitement de génération audio retient la valeur maximale de la vitesse élaborée sur 3 cycles (la valeur maximale mesurée toutes les 300 ms). Pour atteindre la sensibilité maximale de la chaîne analogique il faut que la stabilité thermique du montage soit atteinte et que la capacité de dérivation

« ait atteint son équilibre de charge ». Or pour dériver une tension quasi continue (fréquence <0,1 Hz) la constante de charge de la capacité est élevée. Sur un démarrage à froid le point stable de fonctionnement est atteint après 20 minutes, sur un démarrage « à chaud » le point de fonctionnement est atteint entre 3 et 5 minutes après la mise sous tension. Cet écart est dû d'une part à la stabilisation en température et d'autre part au fait que dans le cas d'un démarrage à chaud la capacité de dérivation est partiellement chargée.

L'initialisation fonctionnelle s'exécute en trois phases:

**1.** La tension à l'entrée du codeur A/N décroît rapidement de 2,5 V à 195,2 mV (tension différentielle entre les broches 3 et 2 du microcontrôleur) en moins de 3 minutes, ce délai est variable car il dépend du type de démarrage : froid ou chaud. Durant cette phase la sortie audio produit un signal à 800 Hz modulé en tout ou rien, le départ en vol est possible mais fortement déconseillé.

**2.** La tension d'entrée du codeur A/N est inférieure à 190 mV, le seuil du vol en palier est fixé à 30 cm/s et le microcontrôleur « compense » l'offset de son entrée analogique. Cette compensation est établie d'une part en recalant dynamiquement l'offset, par des auto-calibrations régulières tant que la vitesse mesurée reste inférieure à  $\pm 30$  cm/s (hypothèse du vol en palier), et en superposant à cette première compensation une correction inverse (prédéfinie) de la charge de la capacité de dérivation. Durant cette phase, le vol est possible avec une performance légèrement dégradée : sensibilité moindre et risque d'apparition d'un léger bias sur la sortie audio.

**3.** Lorsque la correction d'offset calculée en phase 2 devient inférieure à  $\pm 20$  cm/s, la première auto calibration réussie clôture le processus d'initialisation fonctionnelle et sélectionne automatiquement la sensibilité à  $\pm 20$  cm/s.

## Partie haute fréquence

L'émetteur HF doit être le plus petit possible, la fréquence la plus haute autorisée pour assurer la compatibilité fréquentielle avec le récepteur de la télécommande et limiter la taille de l'antenne embarquée. Le choix initial s'est porté sur le TXM-433 de LINX Technologies. La notice sommaire mais suffisante est téléchargeable sur Internet (Réf. [3]). Avec un récepteur standard, ainsi qu'avec un récepteur dédié

## Développement du logiciel

Le code a été écrit en assembleur en utilisant les outils fournis par ATMEL Studio 3.5 puis Studio 4 téléchargeable gratuitement sur le site d'ATMEL (Réf [8]). Lorsque la prise en main est faite : écrire, déboguer et émuler, sont un jeu d'enfant avec cet outil.

Le programme « VMR-0-4.hex » sera chargé en mémoire Flash, à l'aide d'un des outils ad hoc disponible dans le commerce, dans le cadre du développement de ce projet l'outil STK 500 couplé à Studio 4 a été utilisé.

Après chargement, le microcontrôleur doit être configuré pour fonctionner correctement : RESET = interne, BROWNOUT = 4 v, bien que cela soit préférable, il n'est pas indispensable d'utiliser la constante de calibration de l'horloge interne. Sur le site Internet d'ATMEL de nombreux exemples de code (Assembleur et C) sont disponibles ce qui évite de tout faire à partir de zéro (Réf. [9]). La documentation permettant d'exploiter correctement les ressources du microcontrôleur est riche et fournie, on peut se référer au livre de C.TAVERNIER MICRICONTRÔLEUR AVR chez DUNOD et télécharger la fiche de caractéristique détaillée du microcontrôleur sur le site Internet d'ATMEL (Réf. [10]).

Une fois réalisé et mis au point le logiciel « VMR-0-4 » occupe 99% de la mémoire Flash et 40% de l'EEPROM.

Le logiciel est cadencé par le temporisateur (timer) zéro qui délivre une interruption modulo 5 ms (durée du traitement 200  $\mu$ s). Tous les cinq cycles le traitement principal est lancé (durée du traitement <400  $\mu$ s).

La tâche de fond gère l'aiguillage vers la tâche principale de traitement, la mise en sommeil du microcontrôleur et la sorti audio, sa durée est inférieure à 50  $\mu$ s.

En assembleur les temps de traitement sont extrêmement courts.

Pour cette application, la durée des traitements n'est pas une contrainte, le problème principal est posé par le temps d'écriture en EEPROM en effet pour stoker les données du fait de l'absence de RAM il faut exploiter les ressources de l'EEPROM or la durée d'un cycle d'écriture est de 8 192 cycles machine soit 5,12 ms à 1,6 MHz de fréquence horloge. La tâche de traitement exécutée à 50 Hz effectue trois écritures en EEPROM et 16 lectures, il n'y a pas de contraintes de durée de lecture.

Cette tâche nécessite un temps de traitement de  $3 \times 5,1$  ms = 15 ms ce qui reste compatible de la durée du cycle de 20 ms. Pour limiter les effets d'un processus incontrôlé, le générateur d'interruption cadencant le traitement à 5 ms est interrompu durant cette tâche.

construit spécialement pour cette application la portée est suffisante.

L'antenne de l'émetteur, accordée à 50  $\Omega$  a été conçue pour former un diagramme de rayonnement omnidirectionnel le moins perturbé tout en ne prenant que peu de place. Nous avons donc opté pour une antenne intégrée de type plan, la 433-SP2 « Satch » de LINX (encore eux). Le choix d'une antenne de ce genre permet de réaliser un émetteur extrêmement compact. Rien ne dépasse de la platine, pas même le capteur de pression.

Il reste à parler du récepteur.

Cette version du récepteur, dont on retrouve le schéma en figure 3, est extrêmement simple : un récepteur HF RXM-433-LC-S, de LINX Technologies lui aussi, un filtre passe-bas pour éliminer le signal de remplissage de la bande et un amplificateur.

## L'alimentation

Le montage pourrait s'alimenter sur la batterie du modèle réduit, il suffit pour cela de remplacer IC1 par une self de

protection. Cette solution qui permet de limiter l'encombrement et le poids n'est pas privilégiée. Les modèles réduits exploitent une alimentation sur batterie dont la tension varie de 4,7 à 5,6 V en pleine charge. Cette variation de la tension d'alimentation à laquelle viendront s'ajouter les perturbations engendrées par la mise en services des moteurs de servocommandes est incompatible avec un fonctionnement correct de la chaîne analogique et la sensibilité recherchée.

Il faut une alimentation stabilisée et régulée à 5 V pour la chaîne de traitement, dont la masse virtuelle doit être « centrée » avec une erreur inférieure à 1 mV. Afin de s'affranchir des inévitables interférences qui perturberont le fonctionnement du variomètre ou du modèle réduit, le montage est donc conçu pour être alimenté sur une batterie dédiée.

## Réalisation

La réalisation des 2 circuits imprimés, dont on retrouve la sérigraphie de l'im-

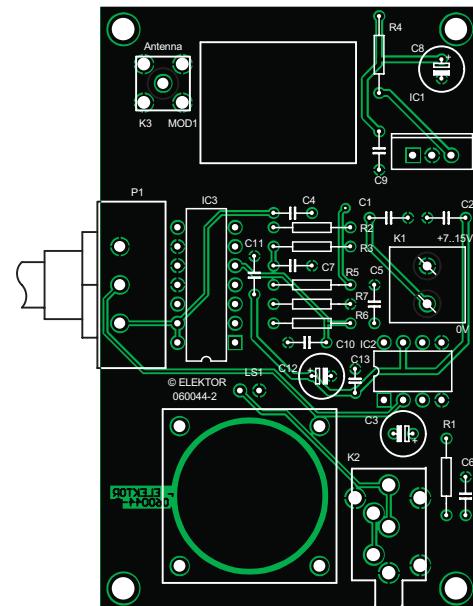
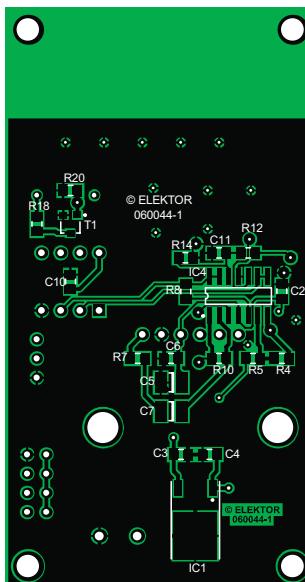
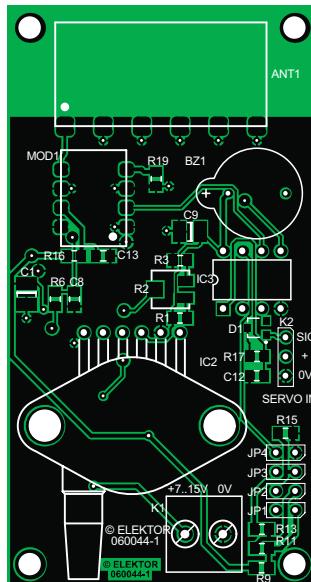


Figure 4. Sérigraphie de l'implantation des composants de l'émetteur et ...

Figure 5. ... celle du récepteur.

plantation des composants en **figures 4** et **5**, doit être soignée, et les composants seront choisis avec soin pour limiter le niveau du bruit. Les 2 plaques sont disponibles auprès des adresses habituelles. On retrouve donc sur le circuit imprimé les 5 blocs du synoptique : l'alimentation, l'émetteur HF, le microcontrôleur, l'ampli opérationnel et le capteur. Chacun de ces blocs ayant ses propres capacités de découplage et des longueurs de pistes les plus réduites possibles.

Le circuit imprimé est un double face à trous métallisés doté de composants

l'émetteur HF, le microcontrôleur, l'ampli opérationnel et le capteur. Chacun de ces blocs ayant ses propres capacités de découplage et des longueurs de pistes les plus réduites possibles.

Le circuit imprimé est un double face à trous métallisés doté de composants

CMS des deux cotés...

L'ordre de montage des composants sur le circuit imprimé à privilégier, sera le suivant :

- Coller ou placer les CMS puis procéder au soudage. Avant de placer chaque composant prendre soin d'en contrôler la valeur. Le montage de ces

## Liste des composants

### l'émetteur (060044-1)

#### Résistances :

(toutes CMS 0805)  
 R1,R3 = 47 kΩ  
 R2 = ajustable CMS (4 mm) de 500 Ω  
 R4 = 56 kΩ  
 R5 = 1 kΩ  
 R6 = 1kΩ5  
 R7,R9,R11 à R15,R17 = 10 kΩ  
 R8 = 5kΩ6  
 R10 = 100 kΩ  
 R19 = 100 Ω  
 R16 = 1 Ω  
 R18 = 75 Ω  
 R20 = 1 MΩ

#### Condensateurs :

C1,C5,C9 = 10 µF  
 C2 à C4,C6,C10 à C12 = 100 nF  
 C7 = 68 µF  
 C8 = 680 nF  
 C13 = 10 nF

#### Semi-conducteurs :

D1 = BAT54  
 T1 = FDV301N

IC1 = 78M05CKTPR  
 IC2 = MPX5100AP (Capteur de pression ABS 16.68PSI MAX)  
 IC3 = ATtiny-15 (Atmel, programmé EPS060044-41)  
 IC4 = AD8040ARZ (CMS)

#### Divers :

JP1 à JP4 = embase autosécable à 2 contacts  
 K1 = bornier encartable 2 contacts au pas de 5 mm  
 K2 = embase autosécable à 1 rangée de 3 contacts  
 ANT1 = Antenne SMD Splash (ANT-433-SP-ND de LINX)  
 BZ1 = résonateur 5 V, diamètre 12 mm tel que, par exemple, PB-12N23P-03Q (Mallory 12 mm)  
 MOD1 = TXM-433-LC (LINX)  
 platine 060044-1 disponible auprès des adresses habituelles

R5 = 47 kΩ  
 R6 = 12 kΩ  
 R7 = 4kΩ7  
 P1 = potentiomètre 100 kΩ

#### Condensateurs :

C1,C2,C6,C9, C11 = 100 nF  
 C3 = 100 µF  
 C4 = 6nF8  
 C5 = 470 nF  
 C7,C10 = 3nF3  
 C8,C12 = 10 µF  
 C13 = 100 nF

#### Semi-conducteurs :

IC1 = µA78M05CKC  
 IC2 = LM380N-8  
 IC3 = TL084CN

#### Divers :

ANT1 = ANT-433-CW-HWR-RPS (LINX)  
 K1 = bornier encartable à 2 contacts au pas de 5 mm  
 K2 = embase jack audio stéréo 3,5 mm  
 K3 = embase SMA encartable mâle droite  
 LS1 = haut-parleur miniature (CMS0231KLX)  
 MOD1 = RXM-433-LC-S  
 platine 060044-2 disponible auprès des adresses habituelles  
 logiciel EPS060044-11 disponible au téléchargement et auprès des adresses habituelles

### le récepteur (060044-2)

#### Résistances :

R1 = 2Ω7  
 R2 = 5kΩ9  
 R3 = 10 kΩ  
 R4 = 200 Ω

composants ne présente pas de difficultés, c'est « presque » plus facile que le montage des composants discrets. Une astuce pour maintenir un CMS en place le temps du soudage utiliser une pince brucelles à branches croisées.

- Mettre l'antenne en place et la souder aux 6 points de connexion prévus.
- Avant d'alimenter le montage il y a lieu de contrôler au multimètre l'arrivée des tensions sur les broches ad hoc.
- Poser le capteur et veiller à ce que les orifices de fixation se trouvent bien positionnés. On pourra, pour en assurer une bonne fixation mécanique, insérer deux rondelles plates entre le capteur et le circuit imprimé et le fixer à l'aide de deux vis Téflon puis le souder.
- Ajouter éventuellement un collier sur l'une des vis de fixation pour « solidariser » le câblage au montage en le « frettant ».

Souder l'ampli opérationnel sur le dessous de la platine, puis souder les 8 contacts (on peut difficilement encore parler de broches) de l'émetteur HF. Ne pas encore enficher le microcontrôleur dans son support, mais connecter un oscilloscope entre les broches 2 et 3 de son support.

**Note :** on pourra mettre le résonateur BZ1 à l'endroit prévu à son intention, il pourra servir à repérer le modèle réduit, le jour où le logiciel sera modifié à cet effet (cette fonction n'est pas encore disponible à l'écriture de ces lignes).

Venons-en à la réalisation du récepteur. Ici à nouveau nous nous trouvons en présence d'un circuit imprimé double face à trous métallisés. La plupart des composants, exception faite du module de réception qui est un CMS, sont standard eux. L'implantation est relativement dense. On commencera par la mise en place du module CMS puis par celle des petits composants. Le reste des composants n'appelle pas de remarque particulière. Le haut-parleur miniature sera positionné sur le dessous. On peut également envisager de le fixer au couvercle du boîtier et de le relier aux points prévus à l'aide de 2 morceaux de câble souple.

## Premiers essais

Après avoir vérifié la qualité de sa réalisation, connecter la batterie (attention si vous utilisez une alimentation de laboratoire au retour de masse avec l'oscilloscope qui pourra ramener la masse virtuelle à la masse réelle), le signal de sortie est saturé quelques di-

zaines de secondes, puis progressivement il vient rallier la masse virtuelle (0 V sur l'écran, 2,5 V en absolu).

Couper l'alimentation, charger le logiciel dans le microcontrôleur (avec un outil ad hoc), le monter sur son support (ou acheter le microcontrôleur tout programmé auprès des adresses habituelles). Poser le variomètre sur un support fixe afin qu'il ne puisse être déplacé, fermer les portes et fenêtres du local pour éviter la détection des courants d'air et limiter les perturbations dues aux changements de pressions ambients avant de procéder à la mise sous alimentation.

Après la mise sous tension le logiciel, démarre en mode « d'initialisation fonctionnelle », dans cet état il émet un son audio haché à 800 Hz. Cet état est maintenu moins de trois minutes, tant que le microcontrôleur ne constate pas un passage de la vitesse sous 1 m/s durant 3 secondes. Puis le son s'interrompt et le variomètre est alors prêt à voler.

L'initialisation fonctionnelle se poursuit en transparence tant que l'offset en entrée du microcontrôleur n'est pas mesuré par le processus d'auto-calibration dans le domaine du vol en palier  $\pm 20$  cm/s. Il est conseillé de laisser le montage alimenté en permanence de manière à favoriser la recherche du zéro par le logiciel. Les coupures d'alimentation, débranchement de la batterie, doivent être espacées de deux minutes. Pour tester le fonctionnement il suffit d'ouvrir ou de fermer la porte du local, le variomètre détecte la variation de pression engendrée par l'ouverture de la porte du local. On pourra observer ces signaux à l'aide d'un oscilloscope.

L'enfichage d'un jack de haut-parleur miniature sera positionné sur le dessous. On peut également envisager de le fixer au couvercle du boîtier et de le relier aux points prévus à l'aide de 2 morceaux de câble souple.

Il ne reste plus qu'à essayer le montage dans le monde sévère de l'aéromodélisme. Bonne

chance !

## L'avenir

Dans la version « VMR 0-4 » du logiciel, le signal audio est généré « à bord », il n'est pas possible de faire voler simultanément deux « variomètres » à proximité l'un de l'autre, les signaux HF sont emmêlés à la réception. Cependant l'architecture matérielle a été conçue pour mettre cinq composants en vol simultanément, cette fonctionnalité pourrait être disponible dans une version ultérieure du logiciel.

**Note :** nous vous proposons l'article complet de l'auteur au téléchargement (**060044-W.pdf**). À noter qu'il diffère sur un certain nombre de points du montage décrit ici. Il comporte une description des aspects techniques exhaustives (sur 21 pages) qui mérite d'être soulignée.

(060044-I)

## Bibliographie

- [1] [www.freescale.com/files/sensors/doc/app\\_note/AN1646.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN1646.pdf)
- [2] [www.freescale.com/files/sensors/doc/TXM-xxx-LC\\_Data\\_Guide.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/TXM-xxx-LC_Data_Guide.pdf)
- [3] [www.linxtechnologies.com/Documents/TXM-xxx-LC\\_Data\\_Guide.pdf](http://www.linxtechnologies.com/Documents/TXM-xxx-LC_Data_Guide.pdf)
- [4] <http://membres.lycos.fr/ceplis/plan.html>
- [5] <http://courelectr.free.fr/aop/cours.htm>
- [6] [www.freescale.com/files/sensors/doc/app\\_note/AN1100.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/app_note/AN1100.pdf)
- [7] [www.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX5100.pdf](http://www.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5100.pdf)
- [8] [www.atmel.com/dyn/products/tools\\_card.asp?tool\\_id=2724](http://www.atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=2724)
- [9] [www.atmel.com/dyn/products/app\\_notes.asp?family\\_id=607](http://www.atmel.com/dyn/products/app_notes.asp?family_id=607)
- [10] [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc1187.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1187.pdf)



# La sonorité

## Push-pull de triodes en classe A

Wim de Jager

**Nous célébrons cette année le centième anniversaire de la découverte de la triode par Lee de Forest. Il est intéressant de constater que les étages de puissance à triodes occupent encore une place enviable dans les amplificateurs audio de haut de gamme. Ils sont souvent très chers. Le projet présenté ici combine la qualité optimale à une réalisation de prix abordable.**

### Spécifications

Les mesures ont été effectuées avec une charge de 8  $\Omega$ .

Puissance de sortie (1 kHz, 2%) :	9,5 W sur 4 $\Omega$ et 8 $\Omega$	
Sensibilité d'entrée (9 W, 1 kHz) :	200 mV (sans rétroaction)	600 mV (avec rétroaction)
Impédance de sortie (1 kHz) :	2,3 $\Omega$ (sans rétroaction)	0,8 $\Omega$ (avec rétroaction)
Bande passante (1 W) :	20 Hz à 27 kHz (sans rétroaction)	< 20 Hz à 64 kHz (avec rétroaction)
DHT + bruit (1 W, 1 kHz) :	0,15% (avec rétroaction)	0,3% (sans rétroaction)
Ronflement / bruit :	-72 dB (sans rétroaction)	-82 dB (avec rétroaction)

Que n'a-t-on débattu dans la littérature de la rivalité entre les tubes et les transistors. Mieux vaut éluder ici la répétition des arguments avancés par les uns et les autres. Qu'il nous suffise d'évoquer l'article « *Vacuum Tubes and Transistors Compared* » (cf. <http://milbert.com/TVTFC.bdc>), lequel propose à qui le souhaite une comparaison claire et nette. À côté des triodes, on utilise aussi des pentodes dans les amplificateurs audio. Le choix se base sur quelques différences.

#### Triode ou pentode ?

Sur les triodes, l'influence de la tension anodique sur le courant d'anode (ce qu'on appelle la rétroaction) est relativement forte (voyez la **figure 1a**). La conséquence en est une basse impédance de sortie et un faible  $\mu$  (il s'agit

du gain maximal en tension avec une source de courant continu dans le circuit d'anode).

Sur les pentodes (cf. **figure 1b**), c'est la tension de grille-écran qui est déterminante pour le courant anodique. Du coup, la tension d'anode n'a plus qu'une influence minime sur le courant anodique, avec pour conséquence une haute impédance de sortie et un  $\mu$  élevé. Les inconvénients des étages de sortie à pentodes sont les suivants.

1) L'amortissement du haut-parleur est pratiquement nul et il faut une rétroaction pour ramener l'impédance de sortie de l'amplificateur à une valeur acceptable.  
2) L'amortissement des résonances de transformateur est si faible que sans charge, en sortie ouverte, de puissantes oscillations peuvent prendre naissance, qui occasionnent des tensions tellement

élevées que des arcs électriques éclatent sur les supports des tubes ou dans le transformateur de sortie.

Avec des triodes, le faible  $\mu$  favorise l'amortissement du haut-parleur et des résonances du transformateur.

Les désavantages des étages de sortie à triodes sont les suivants.

- 1) En raison du faible  $\mu$ , l'étage de commande doit être capable de fournir un signal de plus grande amplitude.
- 2) Une impédance de sortie plus basse rend l'effet du ronflement dans la tension d'alimentation plus marqué sur un montage à triodes qu'avec des pentodes. Le filtre de lissage de l'alimentation doit alors répondre à des exigences plus sévères.

#### Simple ou push-pull ?

La **figure 2** indique la comparaison en-

# du tube



tre la distorsion engendrée par une triode et celle d'une pentode. Il en résulte que sur les triodes, d2 prédomine à la place de d3 sur les pentodes. Les

distorsions par harmoniques pairs sont largement compensées dans les montages équilibrés, les harmoniques impairs, en revanche, ne le sont pas. Il

s'ensuit qu'un montage push-pull de triodes présente une distorsion en boucle ouverte plus basse que le circuit similaire à pentodes, en raison de

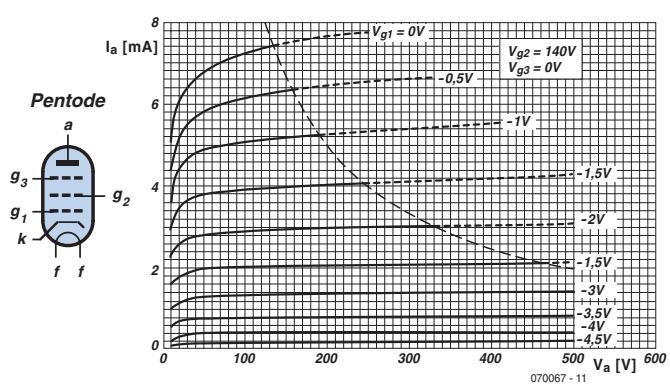
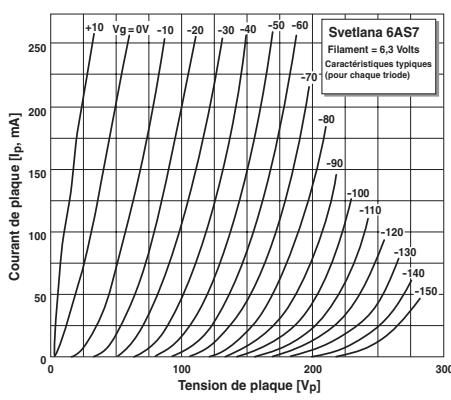


Figure 1. Caractéristiques comparées d'une triode et d'une pentode.

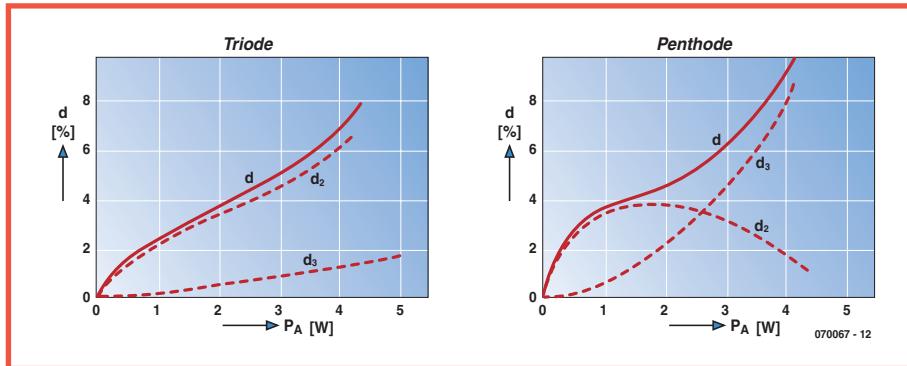


Figure 2. Distortion avec une triode et une pentode.

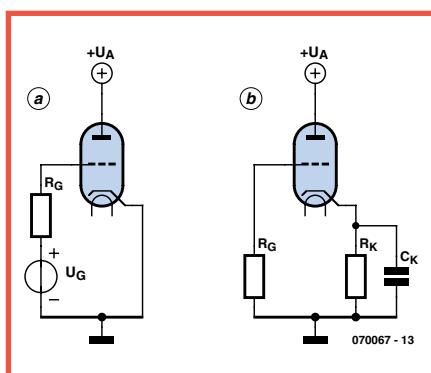


Figure 3. a. Polarisation fixe de grille. b. Une simple résistance de cathode permet de réaliser une polarisation négative automatique de la grille.

l'harmonique de rang 3.

Un deuxième avantage d'un amplificateur équilibré est que, grâce à une polarisation correcte en continu, il ne se produit pas de pré-magnétisation du noyau magnétique dans le transformateur de sortie. Celui-ci peut alors être plus petit et donc moins onéreux. En outre, dans l'étage de sortie, l'impact du ronflement de la tension d'alimentation est compensé dans une large mesure.

L'inconvénient d'un amplificateur push-pull est la nécessité d'un étage déphasage pour attaquer l'ampli de sortie par deux signaux d'égale amplitude, mais en opposition de phase.

### Puissance de sortie et rendement

Croire que multiplier la puissance par

un facteur 2 suffit à doubler l'impression auditive de volume est une erreur. La sensibilité de l'oreille présente une allure logarithmique et s'étend dans un domaine qui va de 0 dB (seuil d'audition) jusqu'à 120 dB, la limite de la douleur. Or, doubler la puissance d'un amplificateur correspond à un gain de 3 dB.

L'amplificateur publié dans le présent article fournit une puissance de  $2 \times 9$  W pour une DHT (distorsion harmonique totale) de 2 % en boucle ouverte. En raison du caractère logarithmique de l'oreille humaine, il s'agit là d'une puissance déjà considérable, c'est d'autant plus vrai que l'on peut compter sur une limitation d'amplitude progressive (*soft clipping*) et en cas de surmodulation, les pointes ne provoquent pas de distorsion agressive. On peut également, si nécessaire, avoir recours à des enceintes à haut rendement.

Le manuel des tubes de Philips signale qu'un étage push-pull équipé de deux pentodes EL34 offre un rendement de 53%. Chiffre qui ne tient pas compte de la dissipation de la grille-écran. Une vraie comparaison entre étages de puissance à triodes et à pentodes doit la prendre en considération. Compte tenu de la dissipation sur les grilles-écrans, le rendement n'affiche plus que 42%. Celui de l'amplificateur push-pull à triodes présenté ici s'élève à 35%, ce qui en fait un concurrent sérieux.

### Distorsion

L'audibilité de la distorsion est particulièrement affaire de spectre. La distorsion de croisement (crossover) sur les amplificateurs à transistors est gênante parce qu'elle est à large spectre. En outre, elle augmente dès les puissances faibles. Sur les amplificateurs à tubes, il s'agit d'harmoniques de rang peu élevé et selon Douglas Self [1], le seuil d'audibilité se situe alors à 1 %. Cela n'a dès lors pas beaucoup de sens de développer des amplificateurs à tubes à très basse distorsion.

### Polarisation CC

Une polarisation négative de grille fixe (**figure 3a**) présente l'inconvénient que le réglage en continu varie d'un exemplaire à l'autre et entre les deux tubes aussi. Il faut souvent ajouter un réglage manuel de la polarisation pour atteindre les résultats escomptés. Avec une polarisation négative automatique de grille (**figure 3b**), la tension entre grille et cathode se détermine par la

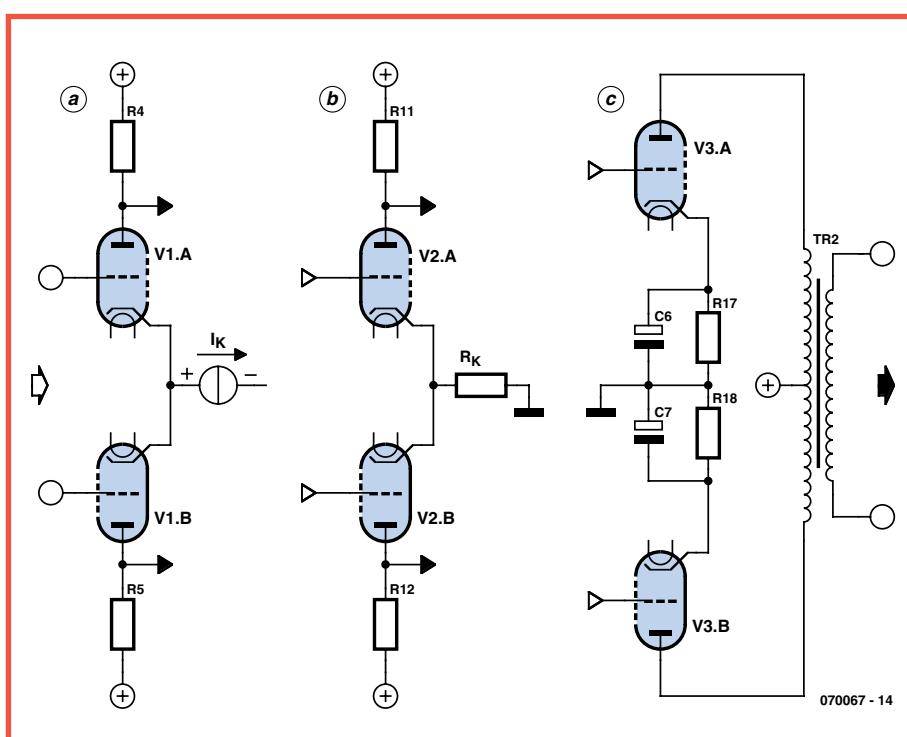


Figure 4. Schéma de principe d'un amplificateur symétrique à triodes.

chute de tension aux bornes de  $R_k$ , laquelle dérive du courant de cathode. Cette forme de rétroaction par  $R_k$  définit dans une large mesure le réglage en continu et réduit nettement l'influence de la dispersion des caractéristiques des tubes. Si l'on ne désire pas exercer de rétroaction en alternatif, il faut ponter  $R_k$  au moyen d'un condensateur électrolytique pour former un découplage.

## Schéma de principe

Dans la **figure 4**, qui brosse les grandes lignes du schéma, le souci de clarté a prévalu et les couplages par cellu-

les RC entre les différents étages y ont été omis.

Le faible  $\mu$  des triodes oblige à passer par trois étages d'amplification. La polarisation de l'étage final sera réalisée automatiquement par un circuit individuel pour chaque triode. Cela réduit la dérive en continu que pourrait occasionner un circuit commun, avec comme conséquence une pré-magnétisation du transfo de sortie. Il est nécessaire de découpler les résistances de cathodes pour ne pas demander à l'étage précédent de délivrer une trop grande tension de commande.

Un étage final en push-pull est souvent attaqué par un déphasageur. Mais avec

un étage de puissance à triodes, ce n'est pas recommandable, parce que les signaux de sortie d'un déphasageur deviennent inégaux aux fortes amplitudes, ce qui entraîne une élévation inutile de la distorsion globale. Comme deuxième étage, nous avons préféré un amplificateur symétrique avec résistance commune de cathodes. Cette résistance n'est pas découplée pour la bonne raison que les courants cathodiques sont en opposition de phase et ne produisent donc aucune tension aux bornes de  $R_k$ . Dans le premier étage, nous trouvons enfin le déphasageur sous la forme d'un amplificateur différentiel. C'est l'unique montage possible qui

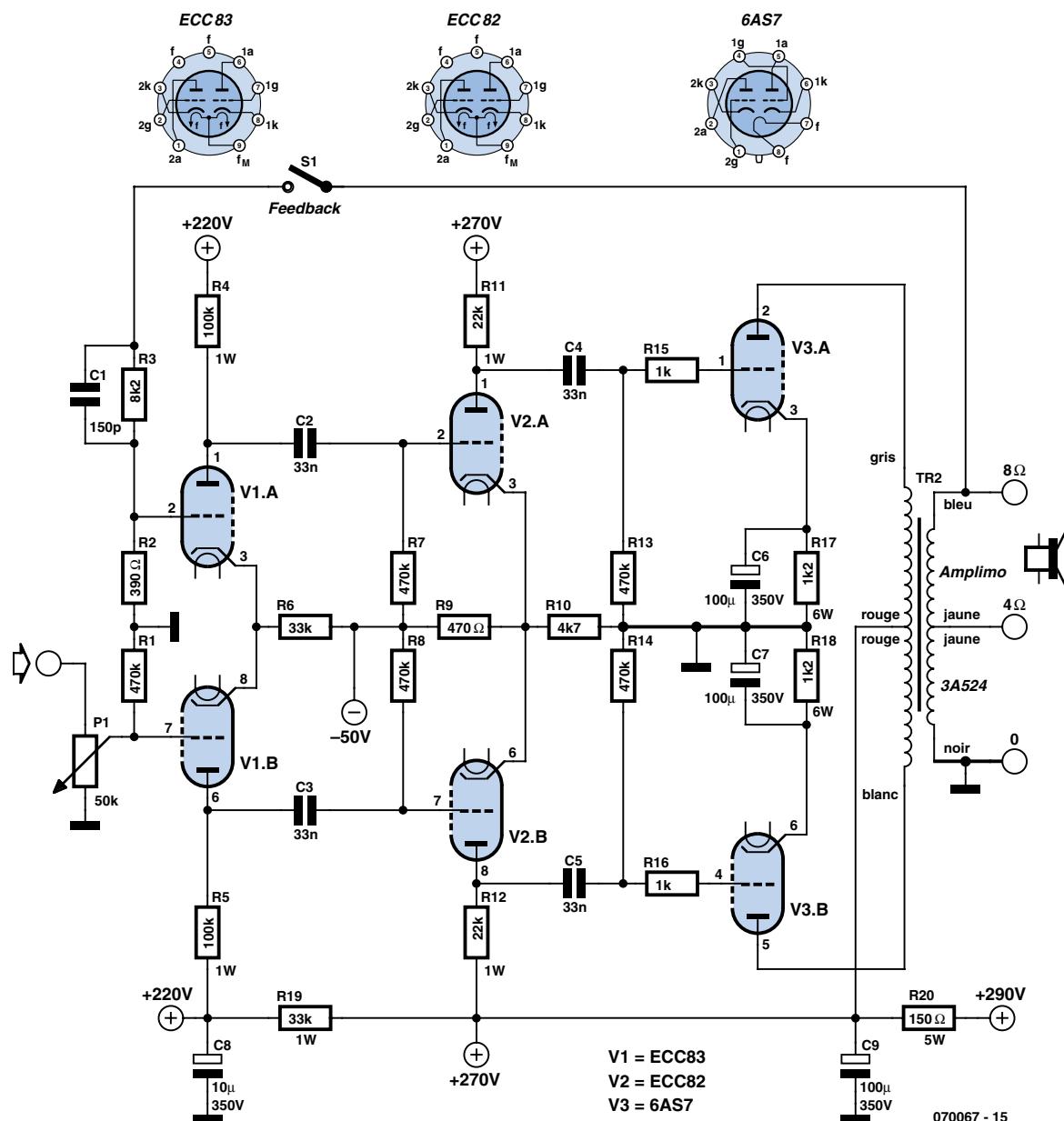
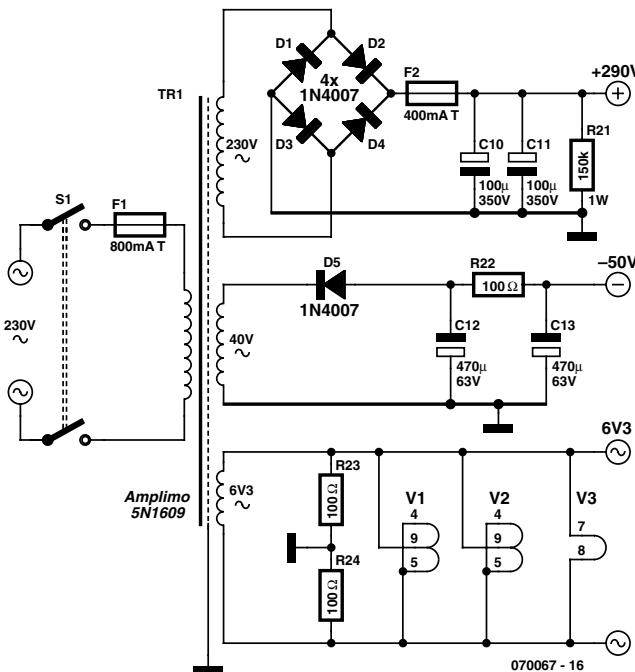


Figure 5. Le schéma complet de l'amplificateur (un seul canal représenté). Remarquons la rétroaction débrayable.



**Figure 6.** L'alimentation fait appel à un transfo secteur spécial fourni par Amplimo.

rende disponibles les deux bornes d'entrée. Nous accédons de la sorte à la structure d'un amplificateur opérationnel, ce qui autorise ici l'utilisation des formes de rétroaction habituelles sur ces circuits. Pour construire la source de courant  $I_k$ , nous pourrons prendre une résistance d'une valeur ohmique bien plus grande que le  $1/S$  des tubes. En revanche, ceci nécessite une alimentation en tension continue négative d'au moins 50 V.

L'avantage non négligeable de ce concept, c'est sa structure symétrique de bout en bout, gage d'une faible distorsion et d'une insensibilité poussée aux ronflements et autres parasites.

## L'ampli complet

La **figure 5** montre le schéma complet de l'amplificateur symétrique à triodes. Son alimentation est représentée séparément à la **figure 6**.

Souvent, ce sont les tubes de puissance et le transfo de sortie qui déterminent principalement le prix de l'amplificateur complet. Pour ce projet, nous avons choisi une 6AS7 et un 3A524, une combinaison tube + transfo excellente et ce pour un coût relativement faible (cf. documentation et prix sur [www.amplimo.nl](http://www.amplimo.nl)). La 6AS7 est une double triode de puissance (dissipation maximale 2x13 W) conçue au départ comme tube de conduction pour alimentation électronique stabilisée. On le remarque à la tension maximum per-

mise entre cathode et filament ( $\pm 300$  V). Il s'agit là d'une isolation spécialement élevée. Pour le reste, les caractéristiques de la 6AS7 sont comparables à celles des autres triodes de puissance.

Le transformateur de sortie 3A524 est largement dimensionné (max 40 W) pour un amplificateur de 9 W. L'impédance primaire se monte à 3 545  $\Omega$ . Pour une attaque optimale, les paramètres en continu des tubes de puissance sont prévus comme ceci :

$$U_a = 270 \text{ V}, I_a = 67 \text{ mA}, U_k = 80 \text{ V} \text{ et } R_k = 1,2 \text{ k}\Omega.$$

Par nature, les étages de sortie à trio-  
des ont un comportement de classe A  
et voici comment cela fonctionne.

Supposons que, sous l'effet de la tension de commande de V3a, le courant d'anode augmente fort, alors  $U_a$  de V3a diminue sévèrement. L'influence de V3a sur le transfo de sortie est alors dominante et provoque une diminution de  $U_a$  de V3b. Comme  $U_a$  est, sur les triodes, d'un effet prépondérant sur leur courant anodique, V3b, malgré la descente de  $U_g$  (plus négative) ne cesse pas de conduire, ce qui résulte en un fonctionnement en classe A de l'étage final. Le « courant de repos » d'environ 10 mA n'a qu'une portée minime sur le rendement. Grâce au fonctionnement en classe A, la distorsion de croisement est éliminée et le courant d'alimentation prélevé est quasi indépendant de l'attaque.

Le préamplificateur (V2) doit fournir deux tensions de commande de 70 V<sub>CA</sub> à l'étage final, ce qui impose de sévères critères à la dynamique. Pour y répondre, une ECC82 a les qualités requises. Pour atteindre une attaque aussi énergique, on relie R7, R8 et R9 au -50 V à la place de la masse. Du coup, la tension d'alimentation de V2 s'ac-

croît de 50 V pour arriver à 320 V.  
Nous avons choisi ici une polarisation

## Liste des composants

**Résistances :** (film métal 1%, 0,25 ou 0,6 W, sauf mention contraire) :

$$\begin{aligned}
 R1 &= 470 \text{ k}\Omega \\
 R2 &= 390 \Omega \\
 R3 &= 8\text{k}\Omega 2 \\
 R4, R5 &= 100 \text{ k}\Omega /1 \text{ W} \\
 R6 &= 33 \text{ k}\Omega \\
 R7, R8 &= 470 \text{ k}\Omega \\
 R9 &= 470 \Omega \\
 R10 &= 4\text{k}\Omega 7 \\
 R11, R12 &= 22 \text{ k}\Omega /1 \text{ W} \\
 R13, R14 &= 470 \text{ k}\Omega \\
 R15, R16 &= 1 \text{ k}\Omega \\
 R17, R18 &= 1\text{k}\Omega 2/6 \text{ W}
 \end{aligned}$$

R19 = 33 k $\Omega$ /1 W  
 R20 = 150  $\Omega$ /5 W (bobinée)  
 R21 = 150 k $\Omega$ /1 W  
 R22 à R24 = 100  $\Omega$   
 P1 = potentiomètre log. 50 k $\Omega$

**Condensateurs :**  
C1 = 150 pF céramique  
C2 à C5 = 33 nF/400 V  
C6,C7 = 47  $\mu$ F/100 V électrochimique  
C8 = 10  $\mu$ F/350 V électrochimique  
C9 à C11 = 100  $\mu$ F/350 V électrochimique  
C12,C13 = 470  $\mu$ F/63 V électrochimique

## Tubes et semi-conducteurs :

V3 = 6AS7  
D1 à D4 = 1N4007 ou pont 400 V/1 A  
D5 = 1N4007

## Divers :

Divers : Tr1 = transfert secteur 5N1609 sec. 230

IR1 = transfo secteur 5N1609, sec. 230  
V/40 V/6.3 V (Amplimo)

V/40 V/8,3 V (Amplimo)

F1 = fusible 600 mA retardé

F1 = fusible 600 mA retardé  
F2 = fusible 300 mA retardé  
profil en Alu 04.90.2208 pour coffret (Tes-

prem en A10 04.90.2208 pour come (ne  
satronic, Display)

Conrad : « entretoise autocollante »

Conrad : « enfiloise autocondante »  
532037-89, « système de fixation plat  
pour fixation de colliers » 543234-89

### (1) Appairage souhaité

mixte. R9 est une résistance de cathode de commune qui assure la polarisation négative des grilles. La tension à ses bornes est également déterminée par le courant à travers R10. Il s'ensuit que la polarisation prend la forme d'un mélange d'une tension négative fixe et d'un réglage automatique, ce qui agrandit la dynamique permise. Comme V2 constitue un circuit symétrique de triodes, la distorsion est particulièrement faible, par la compensation des harmoniques pairs.

Cette polarisation, combinée à un choix judicieux des valeurs de R11 et R12, offre toute garantie de pouvoir fournir des courants capacitifs à l'étage final en haute fréquence. La capacité d'entrée de V3a comme de V3b avoisine en effet les 40 pF.

Dans le rôle de déphasageur V1, une ECC83 constitue le meilleur choix, surtout à cause de son  $\mu$  relativement élevé qui assure un gain considérable à l'étage d'entrée. L'influence de R6 sur le déséquilibre (il provient de la source de courant dont le fonctionnement n'est pas idéal) est d'environ 4%. Il n'y a pas lieu de tenter une amélioration par le choix d'une tension d'alimentation négative plus grande qui autoriserait une valeur supérieure de R6.

Le signal d'entrée de l'amplificateur se branche à V1b et le signal de rétroaction, par l'intermédiaire d'un commutateur ainsi que R3//C1 et R2, à V1a. Permuter les bornes d'entrée aboutirait à une rétroaction positive, au lieu d'une contre-réaction, un couplage qui mettrait l'amplificateur en oscillation puissante. Il importe donc de faire attention à la numérotation des broches des tubes et au code de couleurs du transfo de sortie.

En raison des bonnes caractéristiques en boucle ouverte, nous avons choisi un facteur de contre-réaction modéré de 3 (soit 9,5 dB). Cette rétroaction est commutable de manière à réaliser une évaluation au moment des essais auditifs. Avec la contre-réaction enclenchée, le signal d'entrée nécessaire est 3 fois plus grand (600 mV au lieu de 200 mV pour obtenir 9 W comme puissance de sortie).

Il ne faut pas oublier que, sur les amplificateurs à tubes, une forte rétroaction peut occasionner, à côté de l'instabilité HF, une propension à l'oscillation à basse fréquence. À cause du déphasage à basse fréquence des couplages RC et du transfo de sortie, une oscillation à très basse fréquence peut se produire. Dans le temps, on parlait couramment de « motorboating », le bruit

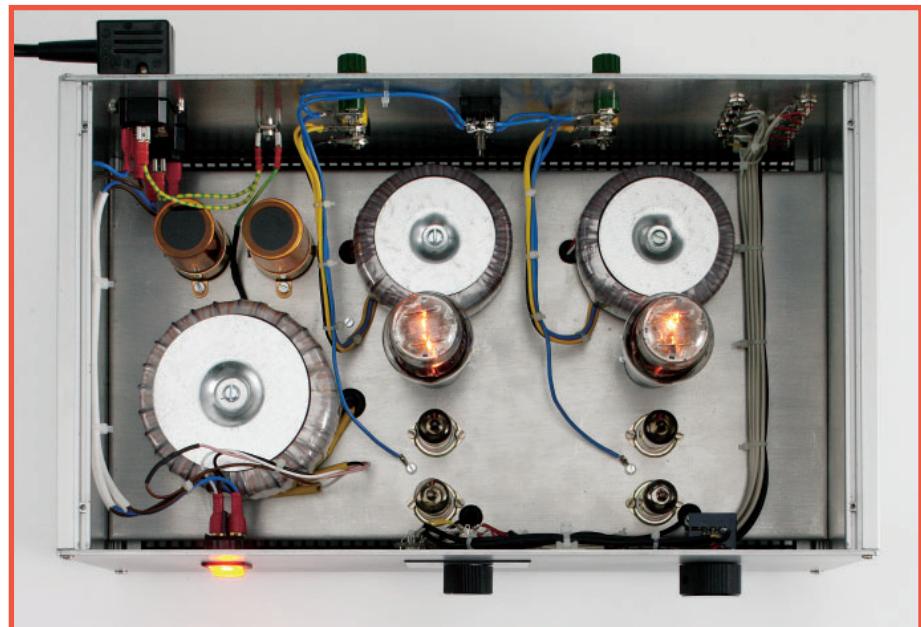


Figure 7. Vue d'en haut de l'amplificateur.

d'un moteur de bateau. Les résistances R15 et R16, appelées résistances de retour (ou de fuite) de grille, réduisent le risque d'instabilité HF dans l'étage de sortie.

### L'alimentation

La **figure 6** vous présente la section alimentation. Le transformateur d'alimentation porte le numéro 5N1609, il a été conçu spécialement pour ce projet et commercialisé par Amplimo. L'écran électrostatique doit être relié au châssis et a pour mission d'évacuer à la terre

les parasites induits par effet capacitatif.

Les triodes ont besoin de très bons filtres de lissage. Aussi avons-nous fait appel à des filtres en  $\pi$  tels que C10//C11, R20 et C9. La résistance en série a une fonction similaire à la résistance de conduction des redresseurs à tubes. Il se forme ainsi un filtre passe-bas qui atténue efficacement les tensions d'ondulation (principalement les harmoniques supérieurs), les parasites du secteur transmis par induction à travers le transfo d'alimentation et les impulsions de commutation des diodes de

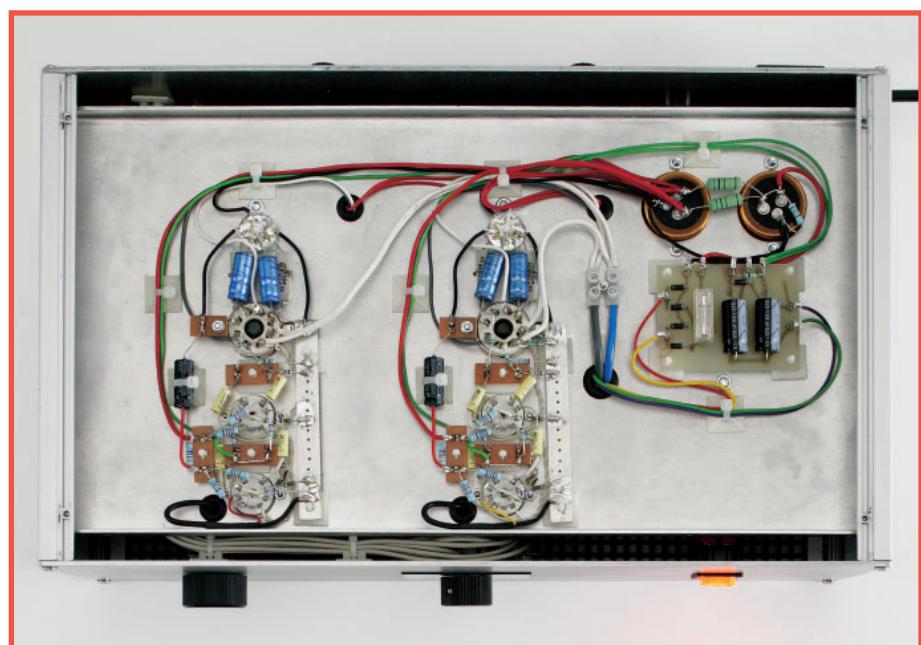


Figure 8. Voici comment les composants sont installés sur la face inférieure.

redressement. Vu que l'amplificateur (y compris les étages de sortie) fonctionne en classe A, le courant pompé sur l'alimentation reste pratiquement constant et l'utilisation d'autres résistances en série n'est pas nécessaire. Pour limiter l'effet de ronflement des filaments, leur point milieu électrique est relié à la masse via R23 et R24. Dans certaines conditions, si par exemple l'ampli est remis en marche peu après l'avoir éteint, il y a des chances que les condensateurs électrolytiques à haute tension des filtres de lissage n'aient pas eu le temps de se décharger. Ce n'est pas souhaitable, principalement pour des raisons de sécurité. En branchant en parallèle sur C10 et C11 une résistance de décharge (aussi appelée *bleeder*) comme R21, les condensateurs verront leur tension de charge tomber à 50 V continus en quelque 2 minutes.

## Réalisation

Pour commencer la construction du boîtier, on peut se procurer un profilé en L d'aluminium (par ex. le type 04.90.2208 disponible entre autres via Tessatronics et Display). Ce profilé fait normalement 1 m de long et l'on peut en faire quatre morceaux de 25 cm. Les parois avant et arrière en aluminium épais de 3 mm se fixent à la face supérieure des profilés par des boulons de M5. Les parois latérales (en plaque d'alu de 1,5 mm) seront glissées dans les rainures des profilés. Sur ces faces latérales, on monte le châssis (une plaque d'alu de 2 mm d'épaisseur aux quatre bords émorfiliés). Entre le châssis et les faces avant et arrière, on laisse un intervalle de 15 mm pour assurer un refroidissement suffisant. Toit et plancher sont faits de plaques d'acier perforées, de 1 mm d'épaisseur, aux bords émorfiliés et fixées par vis de M3 et écrous carrés qui s'adaptent dans les profilés.

Pour l'installation et le câblage des composants, nous avons choisi la méthode en dur. Cela prend plus de temps que pour la fabrication d'une platine, mais en raison de la simplicité de ce circuit-ci, la solution est acceptable. En outre, les résultats sont meilleurs, notamment avec l'utilisation de fils torsadés pour connecter les filaments, ils provoquent moins de risque de bruit et supportent mieux les forts courants. Pour le montage (voyez à la **figure 8**), nous avons utilisé de petits disques de platine à imprimer pour réaliser les étoiles de masse, des bandelettes du

même matériau comme lignes de masse et supports du câblage. Tous sont fixés au châssis par des entretoises autocollantes. Pour ce qui est des condensateurs de couplage C2 à C5, il y a deux choix possibles : les modèles bon marché à feuille de polyester comme ERO, par exemple, ou ceux d'excellente qualité

au papier huilé de Jensen.

Pour les résistances d'anode R4, R5, R11 et R12, il est conseillé d'utiliser des composants à film métallique de 1 W à 1% de tolérance, parce qu'en raison de leur plus grande dimension, ces résistances tiennent mieux la haute tension.

Comme il s'agit d'un amplificateur complet, on y trouve, en face avant, un interrupteur secteur, un commutateur de sélection d'entrées et un réglage de volume. Sur la face arrière du boîtier, on pourra installer, à côté des habituelles entrées et sorties et du connecteur pour le cordon secteur, un interrupteur destiné à mettre en ou hors service la rétroaction, de manière à faire ses essais à l'aise.

## Résultats de mesure

Avec les amplificateurs à tubes, on a coutume d'indiquer la puissance de sortie maximale pour une DHT de 5 %. Comme cet ampli peut également s'utiliser en boucle ouverte, nous avons fixé comme limite 2 %. Cette valeur corres-

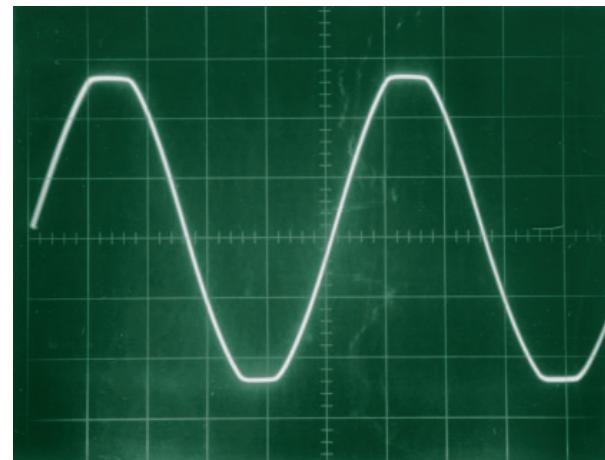


Figure 9. Comportement en saturation à 11 W et 1 kHz (5 V/div.)

pond à la lisière du domaine de linéarité.

La **figure 9** montre l'allure du « *soft clipping* », la saturation douce, pour une puissance de sortie de 11 W (5 V/div.). À la **figure 10**, vous verrez la réponse en boucle ouverte à des signaux carrés de 2 kHz (5 V/div.).

Il est agréable de constater que cet amplificateur, en faisant appel aux particularités de l'étage final à triodes, est stable même ouvert.

(070067-1)

## Bibliographie

[1] « *Audio Power Design Handbook* » Douglas Self, page 9

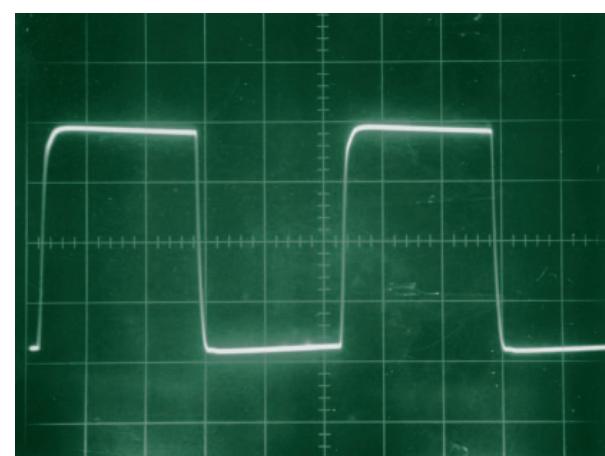


Figure 10. Réponse en impulsions sans rétroaction (2 kHz, 5 V/div.).

# Analyseur OBD-2

Les pannes  
en français  
pour analyse  
sans PC



Folker Stange et Erwin Reuss

**Le nouvel analyseur, qui identifie automatiquement tous les protocoles OBD-2, fournit un aperçu approfondi de l'électronique automobile moderne. Cet appareil de poche se passe complètement de PC. D'un maniement aisément, il permet de lire les codes de panne et de réinitialiser la mémoire de problèmes ainsi que le voyant de contrôle MIL du véhicule sans mettre les pieds dans un atelier.**

Un nombre croissant de véhicules automobiles équipés d'une interface OBD-2 normée ont négocié le tournant du millénaire. Les lecteurs OBD-2 font maintenant partie de la trousse de diagnostic automobile moderne, en attendant de figurer dans la boîte à outil.

L'installation d'un autoradio ou d'un système de navigation conduit souvent à des entrées dans la mémoire de pannes. Lorsque des voitures ont été converties à un carburant alternatif, il peut arriver que le bloc électronique du moteur l'interprète de façon erronée et remplisse aussi la mémoire de pannes OBD d'entrées superflues. Parfois même, des erreurs sont considérées comme critiques – et le véhicule passe en régime de secours. En d'autres termes : atteindre le prochain garage. Réinitialisation de la mémoire de problèmes et éventuellement du voyant de contrôle MIL (*Malfunction Indicator Light*) au grand détriment de son portefeuille. Le scanner OBD maniable présenté ici permet d'effacer facilement l'enregistrement du problème et de reprendre la route. Le coût du kit de montage sera amorti par la première lecture et réinitialisation de la mémoire de pannes.

ELEKTOR n'a pas été le seul, loin de là, à décrire des appareils de diagnostic OBD-2 raccordés à un PC. Un scanner OBD compact équipé de son propre afficheur est beaucoup plus pratique. Il peut être raccordé à n'importe quelle interface OBD sans l'aide d'un ordinateur bloc-notes et se passe de piles. L'appareil présenté ici présente encore

d'autres avantages : il ne comporte que deux boutons ; il reconnaît automatiquement tous les protocoles OBD-2/EOBD-usuels ; il affiche 580 codes de panne par message défilant avec la description du problème (en français SVP) et il est toujours à portée de main dans la boîte à gants du véhicule, prêt à l'emploi.

## Le circuit

Comme le montre la **figure 1**, le lecteur OBD-2 utilise un microcontrôleur AVR spécial à interface CAN, le AT-90CAN128 d'Atmel. Ce contrôleur, basé sur le ATmega128, ne s'en distingue pour l'essentiel que par la fonctionnalité CAN. Il est programmé avec le micrologiciel puissant AGV4900. Il prend

# compact

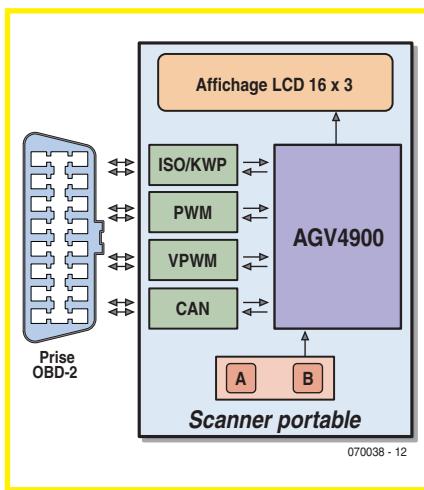


Figure 1. Schéma de principe de l'analyseur OBD-2.

en charge l'interface OBD-2 et l'interface utilisateur comprenant le « clavier », un vibreur, des LED et l'afficheur.

Le brochage de la prise normée de diagnostic OBD-2 est indiqué dans la **figure 2**. Le contrôleur nécessite plusieurs interfaces bidirectionnelles pour gérer tous les protocoles OBD-2 utilisés actuellement dans les véhicules automobiles :

- interface K/L ;
- interface PWM ;
- interface VPWM ;
- interface CAN.

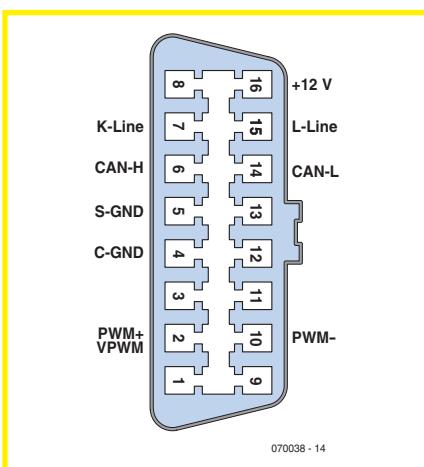


Figure 2. Brochage de la prise OBD-2/EOBD.

## Cahier des charges :

- Sélection automatique ou manuelle du protocole OBD-2
- Mode automatique très rapide (scrutation du protocole), de 0,1 à 2,6 s selon le protocole
- Gestionnaire de démarrage ultrarapide, permet d'atteindre l'état de marche après une seconde
- Lecture et affichage des données principales du véhicule (dépend de celui-ci)
- Affichage en temps réel des données capteurs (commutable)
- Affichage du numéro de châssis (lorsque fourni par le véhicule)
- Lecture et affichage de la mémoire des codes d'erreur
- Lecture et affichage des clichés des données de fonctionnement
- Effacement de la mémoire des codes d'erreur
- Choix de la langue (anglais et français)
- 580 codes de panne par message défilant et formulés en clair et en français
- Tous les protocoles OBD actuels pour véhicules automobiles sont inclus :
  - ISO9141-2
  - ISO14230-4 (KWP2000)
  - J1850 PWM
  - J1850 VPWM
  - ISO15765-4 (CAN, 11/29 bits, 250/500 kbauds)
- Alimentation par la connexion OBD-2 du véhicule (12 V)
- Afficheur LC à rétroéclairage 3 lignes – réglage du contraste
- Signaux acoustiques accompagnant la sortie, signal sonore lors de la détection d'une erreur
- Affichage de l'état de connexion et contrôle du flux de données par LED
- Utilisation de l'appareil ne nécessitant que 2 touches de fonction
- Connexion à un câble standard OBD-2
- Format de poche : 80x135x30 mm (LxHxP), environ 150 g

Les 3 premières sont représentées dans le schéma (**figure 3**). Chacune d'elles est basée sur un circuit comprenant un comparateur et un transistor

optimisé pour son protocole. Il est préférable d'utiliser des MOSFET, étant donné qu'un courant élevé passe par les résistances de charge très basses

## Attention :

- L'analyseur OBD ne peut être utilisé qu'avec des véhicules capables de « parler » OBD-2/EOBD. EOBD est prescrit dans l'UE pour l'immatriculation de nouveaux véhicules :
- depuis le 01.01.2001 pour tous les véhicules équipés d'un moteur à explosion ;
  - depuis le 01.01.2004 pour tous les véhicules équipés d'un moteur diesel.

La première immatriculation de votre véhicule remonte à une date antérieure à celle indiquée ci-dessus ? Vous devriez alors vérifier qu'il est compatible OBD-2, par exemple dans la banque de données de Florian Schäffer [4], avant de vous lancer dans la construction de l'analyseur OBD.

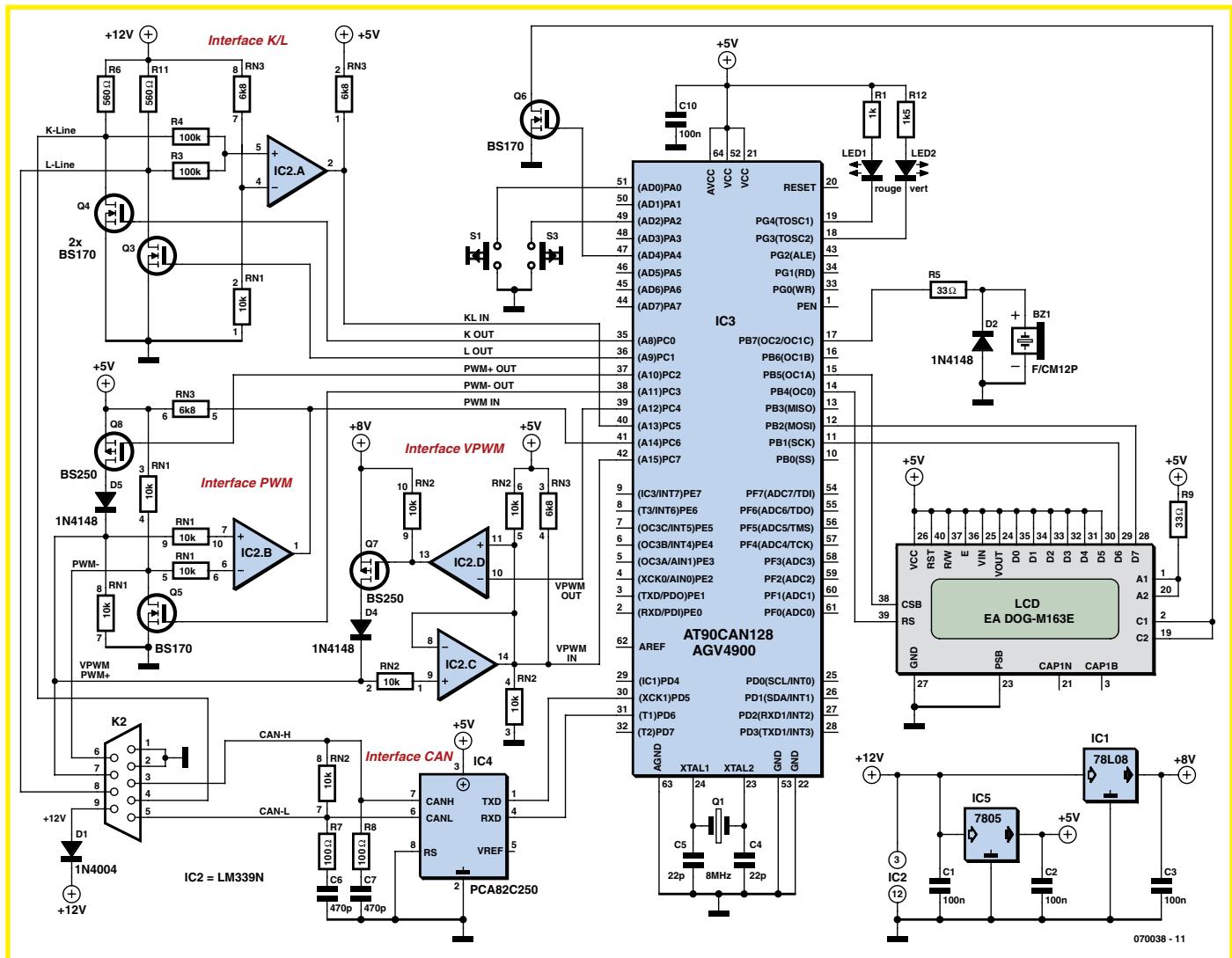


Figure 3. Le microcontrôleur AVR à interface CAN – le composant central du schéma.

des lignes K et L. L'interface CAN est basée sur le circuit intégré PCA82C250 de commande de CAN.

Les 2 poussoirs du « clavier » suffisent à assurer la commande de l'appareil grâce à la gestion intelligente du menu par le micrologiciel. La commande du vibreur et des LED indiquant « connect » et « data traffic » est tout aussi élémentaire. Le contrôleur assure la commande plutôt complexe de l'afficheur LC par les 5 lignes de signalisation de son interface SPI. Le rétroéclairage LED de l'afficheur garantit une bonne lisibilité, même en plein soleil. La basse fréquence d'horloge de 8 MHz offre un bon compromis entre de bonnes performances et une émission CEM limitée.

## Le micrologiciel

Le microcontrôleur programmé désigné

par AGV4900 constitue le cœur de l'analyseur OBD-2. Il a été réalisé entre autres par le co-auteur Erwin Reuss pour l'entreprise « Stange-Distribution » qui le commercialise aussi séparément. Comme dans tous les projets OBD comparables, le micrologiciel du microcontrôleur est protégé contre la copie et n'est pas fourni sous forme de fichier. Le code source n'est pas non plus disponible. Sans ces précautions, il ne serait possible de fournir un analyseur OBD aussi puissant que sous forme de produit fini. Une réalisation « maison » économique deviendrait hors de question.

Le logiciel du contrôleur offre 2 langues de menu au choix : le français et l'anglais (à noter qu'il existe une version allemand/néerlandais). Stange-Distribution offre encore d'autres contrôleurs OBD-2 destinés aux usages les plus divers.

Les 2 touches permettent d'appeler facilement par menu toutes les fonctions de l'analyseur OBD-2. Le gestionnaire de démarrage rapide permettant d'atteindre l'état de marche en un peu plus d'une seconde se révèle très agréable en pratique. Les codes d'erreur mémorisés ne sont pas affichés que par numéro. Les 580 (!) codes les plus fréquents apparaissent sous forme de texte en clair défilant dans la langue choisie (français ou anglais). Un diagnostic précis peut donc être posé sans consulter le manuel OBD des codes de panne selon ISO 15031-6:2005 !

## Montage et assemblage

Pour faciliter le placement et le soudage, la carte (figure 4) a été délibérément conçue sans avoir recours à la technique CMS. La carte, réalisée industriellement, est constituée du ma-

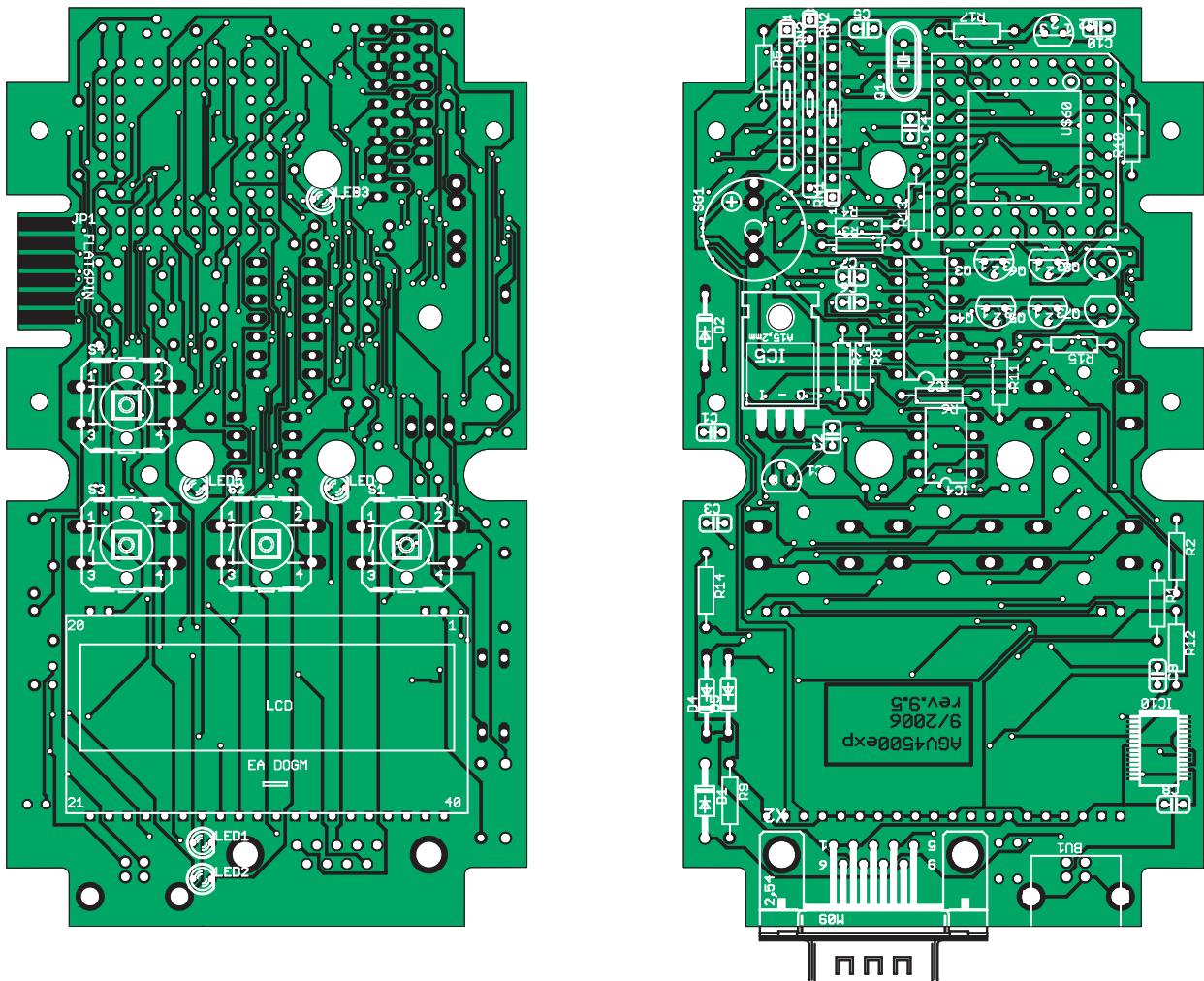


Figure 4. La carte a été délibérément conçue pour éviter d'avoir recours à la technique CMS.

tériau FR4 à revêtement or. Contrairement au revêtement de soudure sans plomb utilisé actuellement, l'or est un métal noble qui ne se corrode pas. La

carte peut donc être entreposée presque indéfiniment et peut être étamée à la perfection avec de la soudure contenant ou non du plomb. Cette carte ne

demande que quelques précautions et l'habileté du soudage pour être montée. Qui place correctement les composants et les soude avec soin ne devrait

## Liste des composants

### Résistances :

R1 = 1 kΩ  
 R3,R4 = 100 kΩ  
 R5,R9 = 33 Ω  
 R6,R11 = 560 Ω  
 R7,R8 = 100 Ω  
 R12 = 1 kΩ  
 RN1,RN2 = réseau de résistances SIL10 de 10 kΩ  
 RN3 = réseau de résistances SIL8 de 6 kΩ

### Condensateurs :

C1 à C3,C10 = 100 nF  
 C4,C5 = 22 pF

C6,C7 = 470 pF

### Semi-conducteurs :

D1 = 1N4004  
 D2,D4,D5 = 1N4148  
 IC1 = 78L08  
 IC2 = LM339N  
 IC3 = AT90CAN128 (Atmel-QIL), programmé sous dénomination AGV4900 (Stange-Distribution)  
 IC4 = PCA82C250 (Philips)  
 IC5 = 7805  
 LED1 = LED 3 mm rouge  
 LED2 = LED 3 mm verte  
 Q3 à Q6 = BS170 (TO92)  
 Q7,Q8 = BS250 (TO92)

### Divers :

Q1 = quartz 8 MHz (HC49/S)

affichage LCD à 3 lignes de 16 caractères du type EA DOGM163E avec rétro-éclairage EA LED55X31-A

S1,S3 = touche (40-XX B3F, Omron) à capuchon adapté (Alu)

résonateur CC

X2 = embase sub-D 9 points encartable

support de CI 14 broches

support de CI 8 broches

support QIL (4 segments de 16 contacts platine)

boîtier à face avant sur film

matériel de montage

Note : le kit EPS070038-72 comporte tous les composants y compris le boîtier (doté de sa face avant sur film), le matériel de montage et le câble d'interface OBD2, cf. la page SHOP en fin de magazine et/ou le site [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

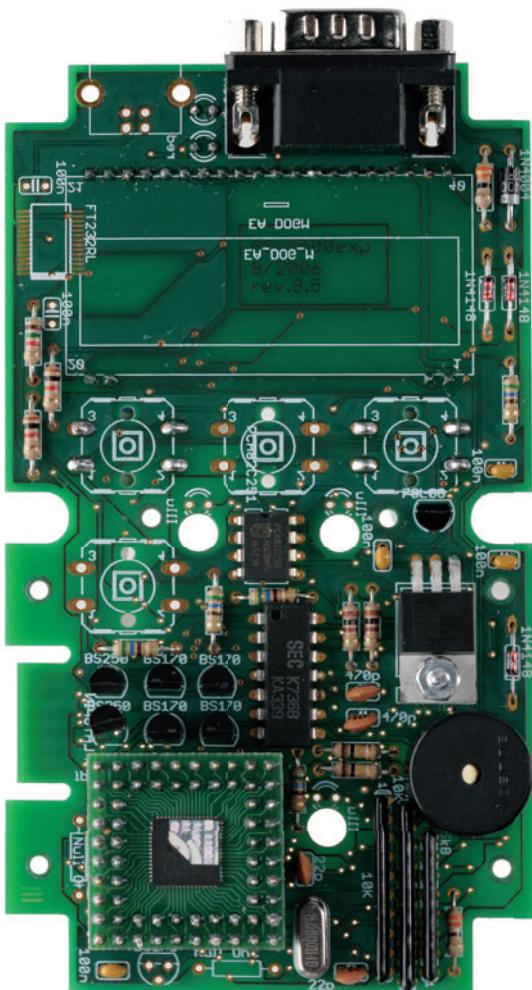


Figure 5. Face de montage de la carte prototype.



Figure 6. L'autre face de la carte ne comporte que les deux poussoirs, les LED et l'afficheur LC.

rencontrer aucun problème. Aucunes connaissances particulières d'électrotechnique et d'informatique ne sont requises.

Hormis les 2 LED « connect » et « data traffic », les 2 poussoirs et l'afficheur LC, tous les composants sont placés sur la face supérieure de la carte. celle-ci est fournie avec l'impression de placement des composants (figure 5). On commence par les résistances, on continue par les diodes puis par les condensateurs, le quartz, les supports, les cascades de résistances (direction sans importance), les régulateurs de tension et les transistors. Le régulateur de tension 7805 est monté mécaniquement, puis soudé. Le placement se termine par le vibreur et le connecteur D-Sub. Les poussoirs, l'afficheur et les LED sont placés sur l'autre face de la carte.

Le AT90CAN128 d'Atmel utilisé n'est malheureusement disponible qu'en

deux modèles, TOFP et MLF/QFN. Ces deux formats ne sont pas exactement conçus pour un projet individuel. C'est pourquoi le contrôleur modèle MLF est livré tout monté sur une petite carte

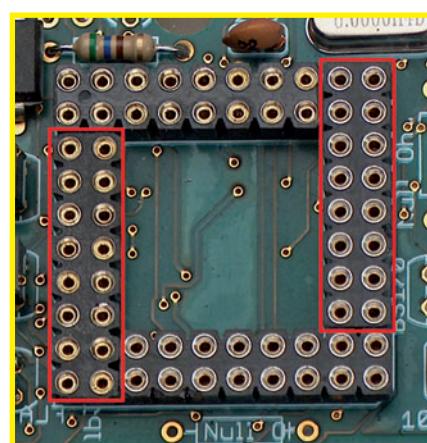


Figure 7. Le support de la carte insérable du contrôleur se compose de 4 parties.

mère (carrier board). L'écartement des broches de cette platine du contrôleur est identique à l'espacement d'un boîtier QIL64 (Quad-in-line à 64 broches). La carte porteuse n'est livrée qu'avec le microcontrôleur programmé. Il faut l'équiper de 64 broches à souder avant de l'insérer dans les éléments de support de la carte de l'analyseur. Ces broches de précision sont incluses dans la livraison. Les étapes dont la description suit doivent être exécutées avec le plus grand soin. Une fois commise, une erreur est parfois irréparable.

Le support est composé de 4 parties (figure 7). Chacune d'entre elles n'est tout d'abord soudée qu'avec une seule broche. Cela permet d'effectuer très simplement un ajustage précis des éléments du support en chauffant le point de soudage. En position finale, les éléments doivent être absolument plans. Il faut absolument proscrire toute différence de hauteur ! Souder le reste des

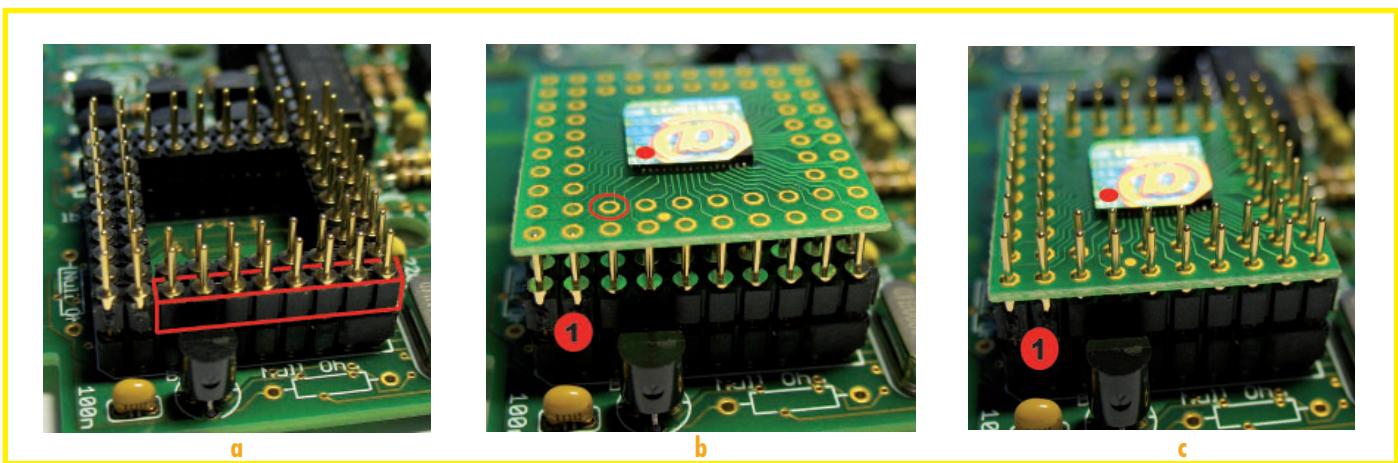


Figure 8. Les 3 étapes du montage de la carte du contrôleur.

broches lorsque toutes les 4 parties sont exactement à niveau.

Les barrettes de précision à picots aussi incluses dans la livraison servent à fixer la carte du contrôleur dans le support. Il faut tout d'abord les découper en morceaux de 8 broches. Adoucir les bords avec une petite lime. Pour terminer, insérer les parties découpées reproduites dans la **figure 8a** dans les segments du support. Cela n'est possible que dans un sens (partie conique dans le support).

La **figure 8b** indique comment placer délicatement la carte du contrôleur sur les broches pointant vers le haut. La broche 1 doit être orientée à gauche vers le bas (vers le condensateur de 100 nF, C10). Voici venu le moment de souder toutes les 64 broches (**figure 8c**). Veiller ici aussi à la propreté des points de soudure !

Placés, soudés ! Un premier test de fonctionnement s'impose ! Appliquons 12 V au connecteur Sub-D (broche 9 = +12 V, broche 1 ou 2 à 0 V). Le courant résultant ne doit pas dépasser 150 mA. Le rétroéclairage s'allume immédiatement et la version du chargeur automatique apparaît brièvement sur l'afficheur, suivie d'un message de bienvenue. Le test éclair est déjà terminé.

Il ne reste plus qu'à monter l'appareil dans le boîtier également inclus dans la livraison : placer les calottes des poussoirs sur ceux-ci et mon-

ter l'embase de la prise D-SUB. Retirer finalement la feuille de protection de l'afficheur et placer la carte avec l'afficheur vers le bas dans la coque supérieure du boîtier. Placer et serrer avec des doigts de fée les petites vis TF (tête fraisée). On peut alors insérer le panneau frontal inférieur, puis poser et

visser le panneau arrière : l'analyseur OBD-2 est prêt à prendre son service !

### Mode d'emploi

L'utilisation de l'analyseur OBD suppose que le véhicule est équipé OBD-2 (voir les encadrés informatifs en début d'article). Si cela est le cas, raccorder le câble d'interface OBD-2 fourni à la prise OBD-2 du véhicule. Celle-ci doit être éloignée d'un mètre au plus du siège du conducteur. On trouvera un mode d'emploi succinct à télécharger sous [www.elektor.fr/070038-W-F.pdf](http://www.elektor.fr/070038-W-F.pdf). Une version abrégée est livrée avec le kit de montage. Bref, nous nous limiterons ici à l'essentiel. Le site Web d'Elektor comporte aussi un simulateur en ligne de l'analyseur OBD. On peut donc se familiariser avec son utilisation avant même de le réaliser.

La première mise en marche fait apparaître un menu de réglage du contraste (**figure 9a**). Pour modifier le prérglage, maintenir les deux boutons pressés tout en introduisant la fiche dans la prise OBD du véhicule. On peut alors ajuster le contraste en pressant le bouton A. Chaque pression sur le bouton modifie le contraste. Pour mémoriser le réglage, relâcher le bouton A et confirmer en pressant B.

La commande de l'appareil se réduit à ces deux opérations : le bouton A sert à choisir une commande de menu et le bou-

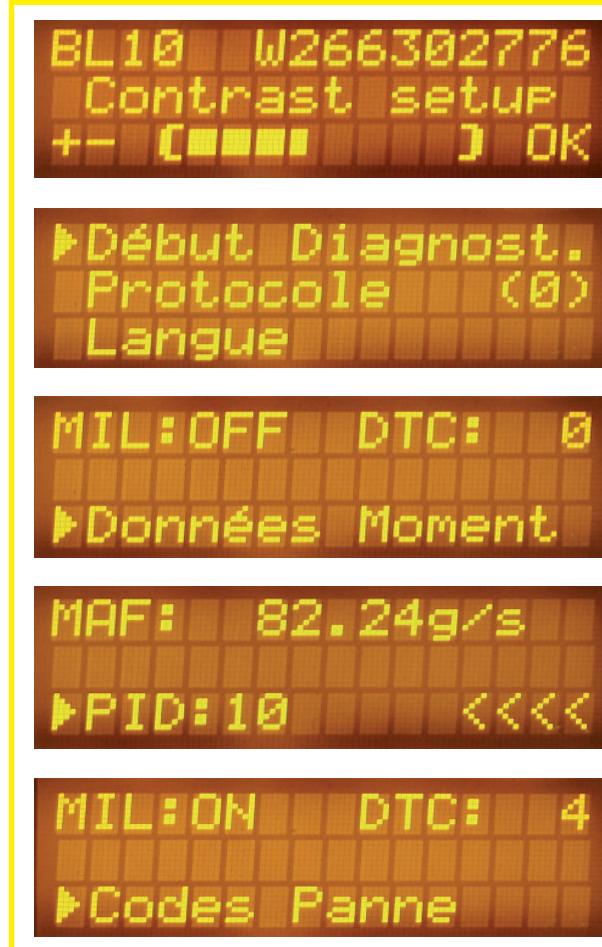


Figure 9. Affichages : Réglage du contraste (a), Menu initial (b), Affichage de l'état MIL/DTC (c), Menu PID (d), Nombre d'erreurs DTC (e).



Figure 10. Menu des codes d'erreur avec affichage des erreurs par message défilant (en français)



Figure 11. Menu de l'environnement des erreurs (choix du PID).

ton B confirme le choix et/ou provoque une réaction de l'appareil. Le message de bienvenue « ELEKTOR EOBD v1.4 » apparaît ensuite puis, après un instant, le menu initial (figure 9b) comprenant les commandes de menu « Début Diagnost. », « Protocole » et « Langue ». Lorsque l'analyseur OBD-2 n'est utilisé qu'avec un seul véhicule dont on connaît avec certitude le protocole, on peut sélectionner ce dernier. Sinon, choisir le code 0 qui permet de reconnaître automatiquement le protocole OBD. Une pression sur la touche B lance la lecture automatique des données (qui se termine immédiatement par un message d'erreur si le véhicule n'est pas équipé d'OBD). L'affichage de l'état MIL/DTC apparaît avec la présélection « Données Moment » selon l'état du véhicule (figure 9c). Confirmer avec le bouton B pour afficher directement les données. L'affichage de l'état permet aussi d'afficher le numéro du châssis (ID Véhicule) ainsi que le protocole choisi et d'effectuer une nouvelle mesure (« Relecture »).

Les valeurs PID actuelles (PID = *Parameter IDentifier*) sont affichées dans le menu PID. Dans l'exemple de la figure 9d, il s'agit de la « MAF » (Mass Air Flow = quantité d'air en g/s). Une pression sur B cause toujours le retour au menu précédent. Si des pannes sont

enregistrées dans le bloc électronique de commande, elles seront alors affichées (MIL:AN), où DTC (*Diagnostic Trouble Code*) indique le nombre de problèmes enregistrés (figure 9e). On peut choisir entre l'affichage des codes de panne et celui de l'environnement (conditions) des pannes. Dans le cas des codes d'erreur (numéro de panne, texte en clair également dans la plupart des cas) les pannes sont décrites avec précision (voir la figure 10).

À cet endroit, une simple pression sur A permet d'effacer des messages de panne se trouvant dans la mémoire de panne du véhicule ! L'environnement des erreurs fournit des informations supplémentaires sur les pannes. Si une panne est enregistrée dans le bloc électronique de commande, l'électro-

que du véhicule mémorise aussi automatiquement des clichés des données de fonctionnement, des trames (*freeze frames*). Il s'agit de valeurs des capteurs à l'instant où la panne s'est produite. On peut les extraire pour aider à déterminer la cause de la panne. En pressant B dans le menu permettant de choisir le code de panne dont on veut obtenir l'environnement (conditions dans lesquelles la panne s'est produite), (on peut passer de la commande d'affichage des données (Montrer Données) au menu Environnement des erreurs/Choix PID qui affiche successivement les mesures lors de la panne. Dans l'exemple de la figure 11, un PID 0D (vitesse) de VSS = 33 km/h a été enregistré à l'instant de la panne F000. Le bouton A permet de parcourir les PID, B de revenir au menu précédent.

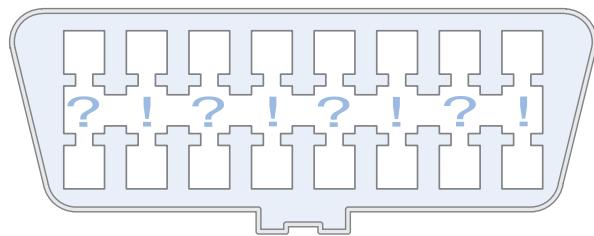
Le mode d'emploi à télécharger contient des tableaux bien ordonnés des menus, des possibilités de sélection et des affichages. Tout cela devient bien plus clair avec le simulateur en ligne déjà mentionné et bien entendu encore davantage avec l'appareil qu'on a construit soi-même. Des conseils de soudage contribuant à la réussite du montage sont aussi disponibles dans le téléchargement supplémentaire sous [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr).

(070038-I)



# Confrontation d'OBD

## à l'écologie, au marché et à Big Brother



Dr. Thomas Scherer

**OBD – l'électronique auto (On Board Diagnostic) – est prévue à l'origine en tant qu'instrument servant à l'amélioration de la qualité de l'air. Depuis lors, l'aspect écologique a perdu beaucoup de son lustre. De nos jours, OBD est devenu, non seulement la clé dont se servent tous les services d'entretien des concessionnaires et autres garages, mais aussi un instrument ayant son influence sur la liberté de choix de son garagiste. Les fabricants de voiture peuvent utiliser les données tirées des systèmes OBD. Si, avec le futur standard OBD-3, il devient effectivement possible de saisir les données à la volée, la politique ne veut bien évidemment utiliser ces données « que pour notre plus grand bien »...**

En 1930 on comptait, en Californie, 6 millions d'habitants et, nombre impressionnant pour l'époque, pas moins de 2 millions de voitures. 10 ans plus tard, la quasi-totalité des Californiens majeurs de sexe masculin était motorisé et dès 1943 apparut le premier vrai smog sur Los Angeles - Cf. la vidéo en référence [1]. Bien que l'on n'ait pas fait la relation avec le trafic routier, on lança, dès 1947, des programmes gouvernementaux de suivi de la qualité de l'air. En 1960, on décida d'effectuer des recherches quant aux effets des gaz d'échappement, on parlerait aujourd'hui de point de repère dans la politique de l'environnement. Dernière décision en date, en 1967, sous les auspices de Ronald Reagan on installa CARB

(California Air Resources Board) en vue d'améliorer la qualité de l'air.

Après que le CARB ait, en 1971, imposé des limites quant au NOx (monoxyde + dioxyde d'azote), on abaisse, en 1976 la dose de plomb présent dans l'essence et Volvo présenta, cette même année, le premier véhicule à catalyseur 3 voies régulé et sonde [2]. Cette percée technologique et écologique marqua l'entrée de l'électronique pour la régulation du moteur, ce à quoi nous sommes habitués aujourd'hui. Depuis 1984, la Californie requiert la présence sur les voitures, d'un système embarqué (OBS = **O**n **B**oard **S**ystem) chargé de surveiller les gaz d'échappement et d'avertir le conducteur en cas



Figure 1.  
Le début de tout : une Volvo 240 modèle 1977, la première voiture particulière à catalyseur 3 voies à régulation électronique.



Figure 2. Appareil d'analyse OBD de marque connue. Le KTS115 de Bosch fait partie, tout comme l'analyseur OBD-2 décrit ici, de la famille des analyseurs de poing.

de problème. Dès 1982 on lança les travaux préparatoires devant aboutir à un système de diagnostic embarqué standardisé surveillant les gaz d'échappement, devant être monté en 1988, pour la Californie, dans tous les nouveaux véhicules : OBD-1 venait de naître.

La Californie pouvait ainsi se targuer d'être un précurseur dans le combat de la réduction des gaz d'échappement. Si les Européens pensent être à la pointe du combat, cela n'est pas nécessairement le cas pour les voitures : si les véhicules européens livrés aux USA au début des années 80 étaient dotés d'un catalyseur il n'était pas possible d'obtenir ces modèles à catalyseur en Europe, même si l'on était prêt à payer plus cher. Des lobbies puissants firent traîner l'adoption du catalyseur en Europe. Il en va de même pour les FAP (Filtres À Particules) pour moteurs diesel. Dès 2000, Peugeot était en mesure de proposer

d'adaptateurs pour leur appareil de mesure tierce partie, étant en outre incapables, en raison des restrictions imposées par son fabricant, de traiter toutes les données.

Des faiblesses d'OBD-1 naquit, en 1989 déjà, le standard OBD-2 qui, après une période de test de 2 ans en Californie, devint obligatoire sur l'ensemble des États-Unis. EOBD, la variante européenne ne diffère guère de son exemple américain, de sorte que l'on se trouve en fait en présence d'un standard mondial évitant du même coup les chasse-trappe des fabricants. Il fallut attendre cinq ans encore avant que l'Union Européenne ne rende EOBD obligatoire pour les voitures à essence (2001) et trois ans encore avant que ce ne soit le cas pour les véhicules à moteur diesel (2004).

Les véhicules équipés d'EOBD comportent une embase de diagnostic à 16 contacts qui transfère non seulement les données requises par la norme mais aussi des données variant d'un fabricant à l'autre. OBD-2 et EOBD comportent sensiblement plus de capteurs et connaissent bien plus de paramètres et de cas de pannes. Nombre de codes de panne (DCT = **D**iagnostic **T**rouble **C**odes) sont standardisés. Il est possible ainsi de détecter des catalyseurs défectueux et d'anticiper la tombée en panne de pièces à l'usure avancée.

### Qui protège quelles données ?

Outre une meilleure surveillance des gaz d'échappement il est un second aspect important : la mise en oeuvre

## La question que l'on n'ose pas poser : que font donc les fabricants des données recueillies lors des inspections.

un filtre très efficace et durable en série. 7 ans après le FAP n'est pas un standard, bien que dans certains pays européens, les véhicules diesel constituent plus de 50% des nouvelles immatriculations. À compter de 2009, la norme Euro-5 fixe à 5 mg la valeur maximale du rapport particules/kilomètre, ce qui implique, en pratique, la présence d'un filtre sur les nouveaux véhicules à moteur diesel. Cette décision a été prise il y moins de 6 mois...

### OBD-2 et EOBD

Le premier standard brillait par sa simplicité. Il surveillait le capteur d'oxygène (la sonde  $\lambda$ ), une éventuelle recirculation des gaz d'échappement, le système de carburant et la régulation du moteur en ce qui concernait les valeurs ayant trait aux gaz d'échappement. La présence d'une ampoule d'alarme clignotante (MIL = **M**alfunction **I**ndicator **L**ight) fut requise, les pannes s'étant produites devant être stockées en mémoire de manière à pouvoir être lues par le service d'entretien du concessionnaire par le biais d'une liaison sérielle.

Cette réglementation était trop lâche de sorte que chaque fabricant de voiture faisait son propre cocktail. Les garages ne possédant pas de concession se seraient bien passés d'OBD-1 mais se voyaient forcés d'acheter nombre

d'une électronique de plus en plus complexe conviendrait, en principe, à forcer à se tourner vers une station-service sous contrat. Les garages d'entretien ne disposant pas de l'aide au diagnostic spéciale fournie par le fabricant pourraient ainsi être éliminés du marché vu qu'en l'absence de cet appareillage ils se trouvent dans l'incapacité d'effectuer les travaux d'entretien nécessaires sans même parler de la recherche de pannes et de réparations. Il pourrait naître ainsi des petits monopoles de marques avec les risques financiers correspondant pour les clients. Il est donc bon de forcer un certain degré de standardisation, ce qu'à compris la politique. Pour l'autre parti, la possibilité d'avoir accès, par OBD [3] [4], à la régulation du moteur met en fait à nu des secrets de conception que les fabricants ont à cœur de protéger. Comme la frontière entre une protection justifiée et la mise à disposition des données nécessaires à l'entretien est délicate à fixer, ce sont en fait la politique de chaque fabricant et le protectionnisme qui déterminent à quelles informations de données on a accès par le biais du standard EOBD.

Pratiquement personne ne se pose la question de savoir ce que les fabricants de véhicules font de toutes les données recueillies lors des inspections. Il ne serait sans doute pas judicieux d'interdire une évaluation centralisée de ces informations techniques vu que ces données, recueillies

anonymement pourraient être très utiles pour optimiser les moteurs et les véhicules, ce dont nous profiterions tous. Mais que diriez-vous si, en tant que conducteur d'une Clio de chez Renault, vous receviez un courrier vous proposant, non pas une Clio II mais une Mégane ? Rien ? Et si vous receviez le même courrier parce qu'à la suite de l'évaluation des données de votre ordinateur de bord lors de la révision il apparaît que « vous aimez bien appuyer sur la pédale des gaz » ? Pas trop de problème ? Mais que diriez-vous, après un gros problème moteur juste après expiration de la garantie, le mécanicien en chef, après avoir pianoté quelques secondes sur le clavier de son PC vous apprend : pas question, avec votre façon de conduire, d'être coulant !?

Moins drôle. Une remarque : nous n'allons pas jusqu'à affirmer qu'une telle utilisation des données OBD est pratique courante. C'est une possibilité offerte par la technique et sans doute bien plus encore. Un système OBD moderne est en fait une sorte non pas d'Enregistreur de Vol, mais de Drive Data Recorder !

## L'intérêt d'OBD-3 ?

La question de la protection contre une agression à l'encontre de votre vie privée se pose encore plus lorsque l'on se tourne vers l'avenir. OBD-2 est à peine mis en pratique que l'on réfléchit déjà à son successeur. La technologie avance à grands pas et les puces électroniques sont de plus en plus puissantes, ce qui se traduit par une meilleure qualité. Un jour, il est possible de faire des choses auxquelles on n'aurait pas même pensé il y a dix ans. OBD-3 sera bien plus qu'un OBD-2 amélioré. Comme il serait intéressant qu'il s'agisse, cette fois, d'un standard mondial, les discussions sont intenses et il faudra encore quelque temps avant que la norme soit finalisée.

Les nouvelles possibilités, si tant est que l'on en entende parler, prêteraient occasionnellement à sourire et donneraient à penser que l'on essaie d'imaginer tout ce qui pourrait être possible. On entend dire que la folie du diagnostic et de la mise en mémoire amènerait à surveiller même les charnières des portières et d'autres pièces qui ne viendraient pas à l'idée du conducteur lambda. Imaginez-vous le service d'entretien vous dire : « vous avez, les 12 derniers mois, ouvert et fermé la portière conducteur 623 fois, la portière passager ne l'ayant été que 346 fois. Il faut impérativement graisser la charnière de la porte gauche. Voulez-vous que nous fassions également celle de la portière droite ? » Ce qui est moins « drôle » est que l'on travaille à plein à une sorte de page RFID pour ODB. L'industrie automobile est partie prenante aux préparatifs de la standardisation. Elle propose un mode de transfert sans fil de nombreuses données importantes pour l'inspection dans la station d'entretien du garage. Logique à n'en pas douter. Un autre mode de fonctionnement devrait être en mesure, de transférer quelques données seulement, mais très rapidement lors d'un passage à proximité de la borne. Ce mode, destiné à la saisie de données d'un flux de circulation, offre des perspectives de contrôle toutes neuves. On pense à la possibilité, en divers endroits du réseau routier, de saisir la teneur des

gaz d'échappement (ainsi que l'identité du véhicule et autres informations accessoires) de tous les véhicules, informations centralisées pour évaluation. Si un véhicule ne répond pas aux normes, son propriétaire en est informé et invité à faire un tour au garage le plus rapidement possible. Ceci permettrait également un traçage permanent des mouvements de chaque véhicule. De quoi rendre jaloux le Big Brother de 1984 de George Orwell. L'attaque des Twin Towers du World Trade Center de 2001 et le tsunami politique qu'elle a déclenché n'y sont sans doute pour rien. On avance cette fois des motifs écologiques même s'il s'agit d'un meilleur suivi de la population. Il est peu probable que cela se traduise par une amélioration mesurable de la qualité de l'air. Dans le monde de la criminologie la question que l'on pose est toujours « *cui bono* » (en latin : à qui cela profite-t-il ?) et sous cet angle, on peut être tenté de penser que cette complexité technologique au prix effrayant doit inévitablement avoir d'autres implications que purement écologiques.

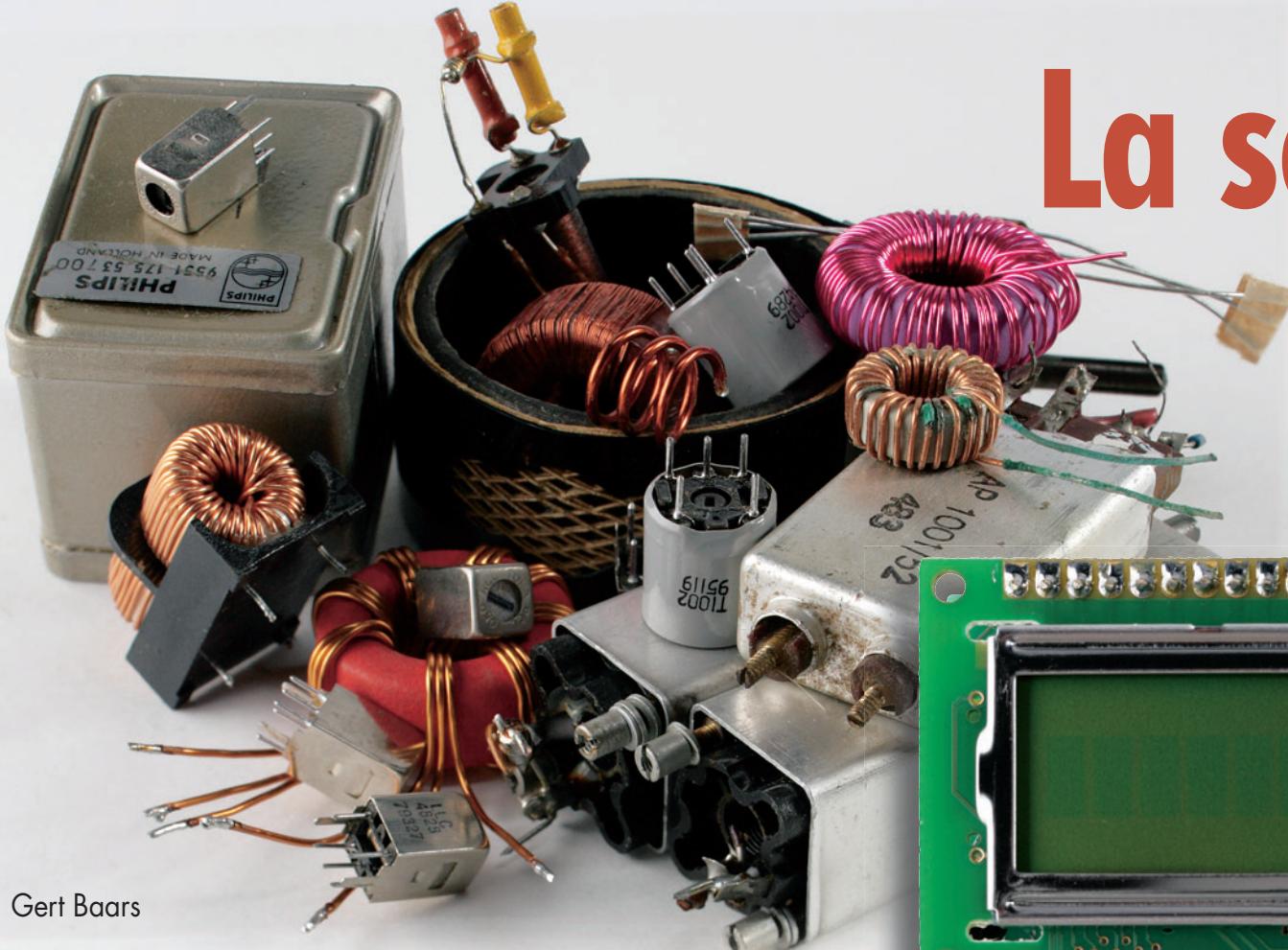
(070246-I)

## Liens Internet & bibliographie

- [1] [www.arb.ca.gov/videos/clskies.htm](http://www.arb.ca.gov/videos/clskies.htm)
- [2] Christian Tomanik et Ernst Krempelsauer : Sonde lambda polyvalente, Elektor n° 341, novembre 2006, page 64 et suivantes
- [3] Thijs Schoonbrood : Chip-Tuning, Elektor n° 325/326, Juillet/Août 2005, page 26 et suivantes
- [4] Henk Dijkstra : Bolide à la demande, Elektor n° 343, janvier 2007, page 62 et suivantes
- [5] [www.arb.ca.gov/homepage.htm](http://www.arb.ca.gov/homepage.htm)



**Figure 3.**  
Little Brother is already watching you : les caméras et ordinateurs montés sur les portiques de péage des autoroutes allemandes sont en mesure, actuellement déjà, de reconnaître les véhicules. Photo avec l'aimable permission de Stefan Hühn ([www.webkuehn.de](http://www.webkuehn.de)).



Gert Baars

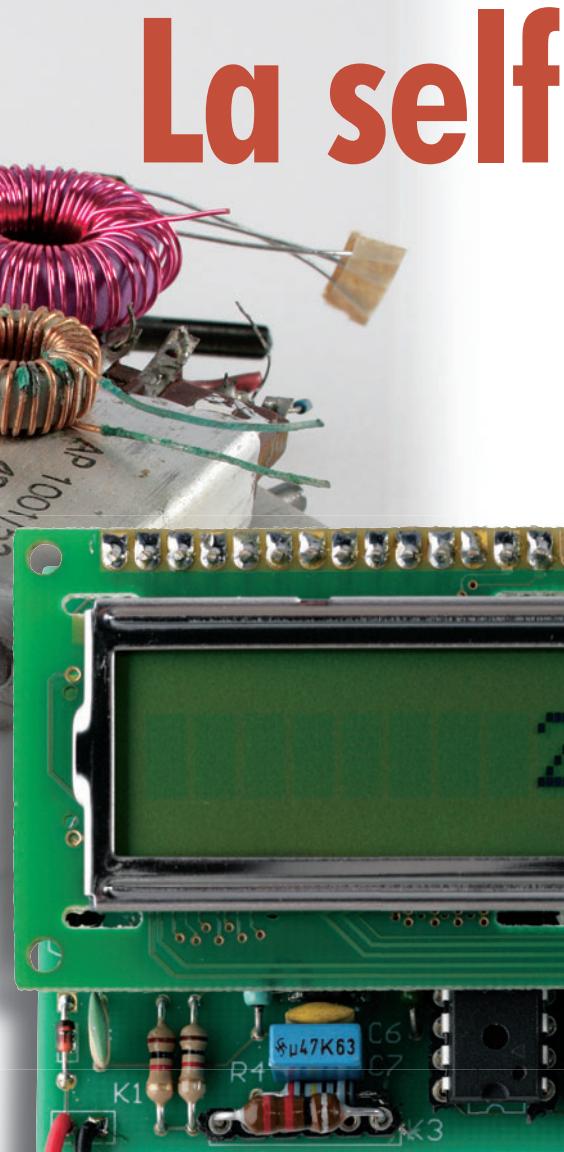
**Voici un instrument autonome qui mesure les selfs vite et bien. Coil Clinic est un appareil sans sélecteur, dont le microprocesseur choisit la gamme pour vous. Branchez la bobine et lisez sa valeur sur l'écran.**

La self, dont la caractéristique essentielle est son inductance (symbole  $L$ ), est l'un des trois piliers des composants passifs autour desquels toute l'électronique s'est développée. Les deux autres sont bien évidemment la résistance (symbole  $R$ ) et le condensateur (symbole  $C$  pour capacité). L'un des trois, la bobine, a le chic de diviser en deux toute communauté : ou vous l'aimez, ou vous la détestez. Cette seconde opinion est partagée par la génération montante, frustrée par ces inductances présentes en tout point d'un circuit, mais totalement invisibles ! C'est qu'il faut le regard de l'aigle pour détecter les inductances parasites. Aucun souci pour le radioamateur chevronné, mais source de confusion et de migraines pour le débutant qui, plein d'entraînement, a installé un fil de 50 cm pour véhiculer un signal audio de quelques millivolts sous haute impédance d'un bout à l'autre de sa platine d'essai et se retrouve médusé d'entendre Radio Vatican bénir sa construction au crépuscule, à moins que ce ne soit le ronron du séchoir de maman !

D'autres, enthousiastes de la méthode de la simulation, ont du mal à maîtriser les selfs, à évaluer au pifomètre leur inductance, et partant de là, leur fréquence de travail, alors qu'ils sont occupés à les bobiner. Ce travail recèle pièges et tourments. Il faut connaître les caractéristiques du noyau et du fil, le nombre de tours, trouver le mandrin approprié et comprendre la différence entre nano, micro et millihenry ( $nH$ ,  $\mu H$  et  $mH$ ).

Comme pour augmenter encore l'embarras, peu, pour ne pas dire aucun, des multimètres numériques ne traitent de la mesure de l'inductance. Et pour couronner le tout, l'industrie des bobines, fixes comme réglables, est principalement asiatique et japonaise (Toko, Murata, entre autres) avec une solide tradition de désignation disons... sauvage des modèles, quand ils ne proviennent pas de lots non marqués ou de surplus d'origine inconnue.

En fin de compte, on peut éviter les énervements et les vitupérations à l'encontre de ces malheureuses bobines dès qu'on a



réalisé qu'il suffisait d'avoir un bidule capable de trouver la valeur du machin. Faites entrer Coil Clinic !

### Principe de la mesure

Après quelques tâtonnements, nous avons pensé que la meilleure façon de s'y prendre, dans la plage souhaitée, passait par la mesure de la fréquence de résonance. Nous avons abandonné une autre méthode, mais l'envie d'être complet nous pousse à la mentionner.

C'est l'essence même de la self-induction, une bobine fournit une tension proportionnelle à la variation du courant qui la traverse. Par conséquent, une inductance délivre une onde carrée quand on l'alimente par une rampe de courant, un signal triangulaire. L'amplitude de l'onde carrée est proportionnelle au taux de montée du courant tout autant que de la grandeur de l'inductance que nous espérons mesurer. En pratique, un phénomène appelé « ringing », caractérisé par des oscillations

# à l'examen

## Coil Clinic : l'inductance de 0,1 $\mu$ H à 100 mH sur écran LCD



amorties, contamine la précision de la méthode proposée, sans oublier la résistance série de la bobine qui cause des ravauges aux fréquences basses.

La fréquence de résonance  $f_r$  d'un réseau LC n'est pas trop difficile à calculer à partir de :

$$f_r = 1 / (2 \pi \sqrt{L C})$$

Alors, si C est une valeur fixe et connue, nous pouvons isoler L comme ceci :

$$L = 1 / C (2 \pi f_r)^2$$

et en sortir la valeur à l'aide de la fréquence de résonance mesurée dans un circuit approprié, comme un microcontrôleur. Pour échapper à toute forme de commutation de gamme, nous avons construit un oscillateur capable de couvrir une large plage de fréquence avec le même condensateur fixe, C.

La sortie de l'oscillateur large bande est appliquée à un microcontrôleur réglé pour « ouvrir » son compteur interne pendant 100 ms avant de le refermer. Le résultat de l'opération est que la fréquence de sor-

tie a été divisée par 10. En utilisant (dans le logiciel !) la formule ci-dessus, le microcontrôleur convertit la fréquence en valeur d'inductance puis l'affiche à l'écran.

### Circuit pratique

Nous en avons (presque) fini de la théorie, regardons le circuit de la **figure 1**. On n'y trouve pas grand-chose, en fait.

Comme le microcontrôleur ne tourne « qu'à » 20 MHz, la fréquence la plus élevée que l'on puisse tirer de l'oscillateur est approximativement 8 MHz. On ne peut pas utiliser un oscillateur Colpitts en configuration normale parce que, lors de la mesure de petites inductances avec un C fixe et relativement petit, le facteur de qualité Q du circuit LC serait trop bas. Ensuite, le gain interne de l'oscillateur doit être supérieur à l'unité, non seulement pour com-

- Mesure de 100 nH jusqu'à 99,9 mH en une seule gamme
- Résolution de 2% environ
- Lecture directe sur LCD
- Alimenté sur pile
- Indication de l'état de la pile
- Consommation 35 mA
- Microcontrôleur ATMega48

penser les pertes du LC, mais aussi pour assurer la large bande passante d'environ 8 MHz sans risque de blocage ou d'autres embarras.

L'amplificateur opérationnel rapide AD8099 d'Analog Devices possède un gain de boucle ouverte élevé et une haute impédance d'entrée pour minimiser la charge sur le réseau LC. Dans cette configuration spéciale, l'oscillation ne se produit pas vraiment parce que la cellule LC voit son impédance passer par un maximum à la résonance (comme le manuel vous le dira), mais plutôt parce que le déphasage est égal à zéro à la résonance. Cette propriété avantageuse nous offre le moyen de réaliser des mesures très précises, comme nous allons le voir.

Enfin, le circuit est alimenté, par l'intermédiaire d'un régulateur de 5 V à faible consommation, au départ d'une pile PP3

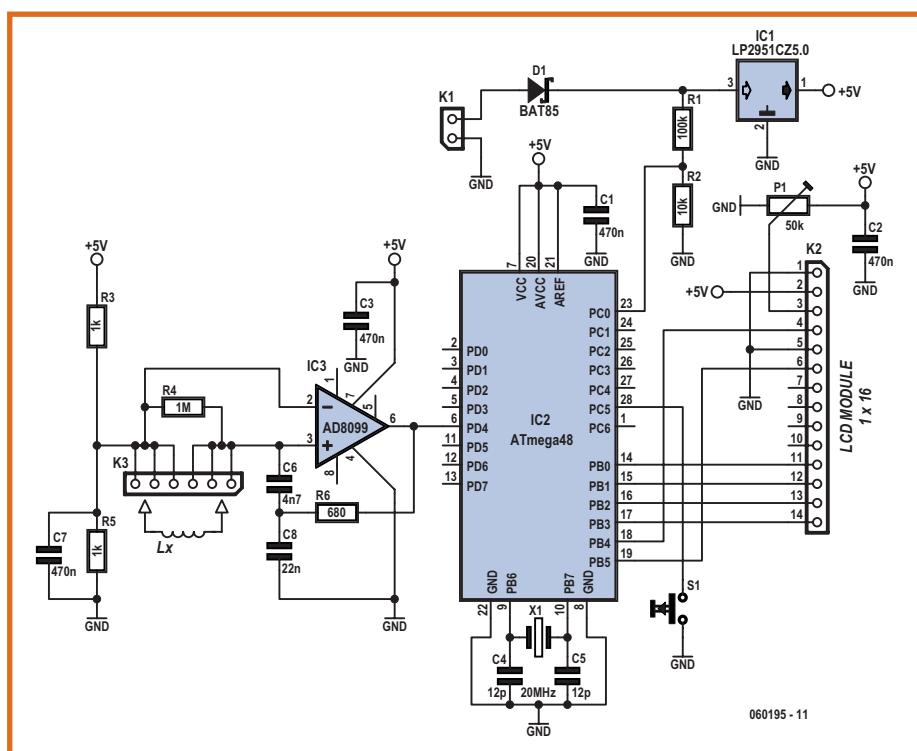


Figure 1. Côté matériel, il n'en faut pas davantage pour Coil Clinic, un appareil de mesure d'inductance piloté par ATMega avec écran LCD et échelle automatique. La substantifique moelle du circuit repose sur un oscillateur à large bande doté d'un amplificateur opérationnel AD8099.

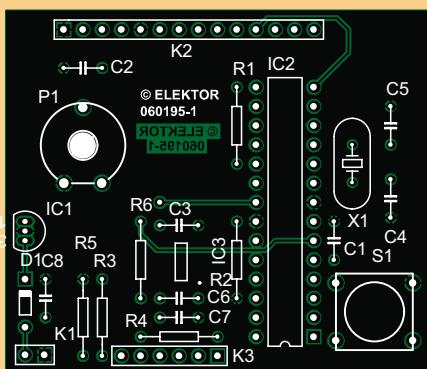


Figure 2. La platine de l'inductancemètre est une double face.

de 9 V. Le potentiomètre d'ajustage P1 règle le contraste du LCD.

### Logiciel et microcontrôleur

La sortie de l'oscillateur est directement appliquée à l'entrée du compteur PD4 du microcontrôleur ATMega48. Cette entrée est débloquée pour 100 ms sous contrôle du logiciel et le signal résultant divisé par 10 (donc  $f_s/10$ ) est suffisamment lent pour la mesure, également réalisée par le logiciel. En réalité, à peu près 95 % de ce que Coil Clinic fait est à mettre à l'actif du micrologiciel soigné conçu pour la puce ATMega.

Les mesures et les calculs ont été programmés en langage assembleur. Les fichiers du code source (.asm) et du code objet (.hex) sont disponibles gratuitement sur notre site web comme fichier archivé **060195-11.zip** (juin 2007). Il se peut que le listage .asm vous soit utile également pour accompagner l'exposé qui suit.

Parmi les deux temporiseurs présents dans l'ATMega48, l'un sert de compteur de fréquence et l'autre à fournir le signal de 100 ms pour le déblocage. On utilise aussi la capacité du compteur de déclencher une interruption interne en condition de dépassement. Le temporisateur utilisé comme compteur n'a que 8 bits de large. Cependant, par incrémentation, d'une unité à chaque dépassement, d'un registre à 16 bits, la largeur réelle s'étend à 24 bits, plus que ce qu'il nous faut.

Le temporisateur qui s'occupe de la chronométrie de déblocage se compose d'un compteur et d'un prédiviseur. On arrive à une fort bonne précision temporelle en utilisant à bon escient le diviseur préalable et les pa-

### Liste des composants

#### Résistances :

R1 = 100 kΩ  
R2 = 10 kΩ  
R3, R5 = 1 kΩ  
R4 = 1 MΩ  
R6 = 680 Ω  
P1 = ajustable 50 kΩ

#### Condensateurs :

C1, C2, C3, C7 = 470 nF  
C4, C5 = 12 pF  
C6 = 4nF7  
C8 = 22 nF

#### Semi-conducteurs :

D1 = BAT85

IC1 = 78L05

IC2 = Atmega48-20PU (programmé EPS060195-41)

IC3 = AD8099ARDZ

#### Divers :

S1 = bouton-poussoir tel que, par exemple, RA3FTL6 (Multimec)  
X1 = quartz 20 MHz profil bas  
module LCD alphanumérique 1x16 caractères compatible HD44870 (Cf. texte)  
K2 = embase autosécable à 1 rangée de 14 contacts  
K3 = embase autosécable tulipe à 1 rangée de 6 contacts (Cf. texte)  
platine EPS060195-1 disponible auprès des adresses habituelles  
fichiers source et .hex pour l'ATMega48, EPS060195-11, téléchargement gratuit depuis [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

### Construction

Dans les laboratoires Elektor, Luc nous a encore une fois concocté une platine pour le projet. Elle est si belle et nette que nous n'hésitons pas à la dévoiler sous toutes ses faces (la sérigraphie en **figure 2** et le dessin des pistes sur notre site Internet). Vous pouvez le constater, elle est à double face avec quantité de cuivre restant sur le côté soudures pour servir de plan de masse. L'AD8099 à huit broches est un CMS qui demandera toute votre attention au moment de manier le fer à souder. Après, tout ira comme sur des roulettes, puisqu'il n'y aura plus à souder que des composants qui traversent. Le mieux, pour l'ATMega48, c'est de le placer dans un support DIP étroit à 28 broches... pardon ? oui, mais fait de deux barrettes femelles pour CI, coupées à la longueur de 14 voies. Bien que le LCD travaille en mode à 4 bits, la platine est équipée d'un connecteur à 14 voies, puisqu'il nous faut en plus les lignes E (enable), RS (register select), contraste et alimentation de l'écran.

L'écran peut être un modèle standard de LCD d'une ligne de 16 caractères, pour autant que son contrôleur soit un HD44780 ou équivalent. Pour le prototype, nous avons utilisé un MC16011A-STR de Farnell, référence de commande 1ZZ0423, en fichable directement sur le module LCD que vous comptez mettre en service.

La **figure 3** montre la dernière version du prototype. Le réglage P1 y a été improvisé, mais son empreinte est correcte sur le dessin de la platine définitive. On insère la self inconnue dans K3, un morceau de barrette SIL femelle coupée à une longueur de 6 voies. On peut

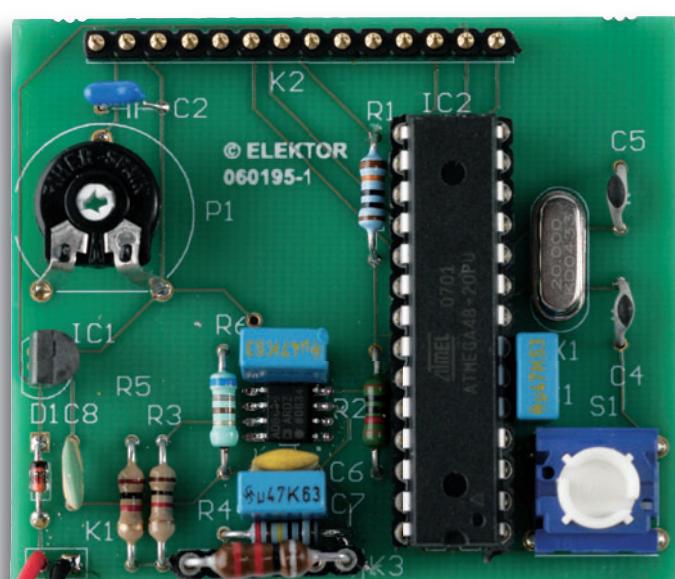


Figure 3. Prototype de la platine. L'empreinte de P1 a été modifiée dans le tracé final du circuit.

en introduire une autre par-dessus de manière à la remplacer si elle s'use ou est endommagée. Deux groupes de trois barrettes sont branchés en parallèle pour s'accommoder des différentes dimensions de composants. S'il vous faut utiliser des cordons entre la platine et «  $L_x$  », prenez-les aussi courts que possible. Ne touchez pas les fils pendant la mesure, sous peine d'introduire beaucoup d'inductance parasite. Vous ne devriez rencontrer aucune difficulté à loger platine et module LCD dans un boîtier compact en plastique ou en métal avec un compartiment pour la pile et une fenêtre pour l'écran.

## Étalonnage

Rien ne sert d'essayer de calibrer l'appareil s'il n'est pas encore complètement terminé. Une fois le microcontrôleur installé et en marche, vous verrez apparaître « OVER » à l'écran. Avez-vous réglé le contraste avec le potentiomètre d'ajustage ? Bien ! On continue. Court-circuitez les entrées «  $L_x$  » et vérifiez que « NO VALUE » s'inscrit.

L'étalonnage demande deux selfs de référence, l'une de  $22 \mu\text{H}$  et l'autre de  $220 \text{nH}$  (oui, ça fait aussi  $0,22 \mu\text{H}$ ). La première sert à la mesure du facteur de correction, nécessaire au rattrapage de la tolérance sur le condensateur à la céramique de l'oscillateur. La bobine de  $220 \text{nH}$  à présent compensera la longueur des pistes conductrices jusqu'à «  $L_x$  », et des fils, s'il y en a. Sur un lot de 5 ou 10 bobines de  $220 \text{nH}$  (des selfs de choc miniature dans la série E12), choisissez celle qui s'approche le mieux de la valeur moyenne de l'assortiment après les avoir mesurées avec Coil Clinic. Faites de même pour les bobines de  $22 \mu\text{H}$  qui nécessitent également un étalonnage. Si vous trouvez de fortes déviations autour de  $22 \mu\text{H}$  (par ex. sous  $16 \mu\text{H}$  ou plus de  $26 \mu\text{H}$ ), il faut envisager de remplacer le condensateur à la céramique de  $12 \text{ pF}$ . Les meilleurs résultats s'obtiennent quand l'inductancemètre, avant étalonnage, obtient déjà une précision d'environ 10 %.

Éteignez l'appareil, poussez sur S1, remettez-le en marche et lâchez S1. Vous verrez alors sur le LCD le message « Place  $L_1=22.0 \mu\text{H}$  ». Branchez la self d'étalonnage et poussez sur S1 à nouveau. Débranchez  $L_1$  et connectez la bobine de  $220 \text{nH}$  ( $L_2$ ). Poussez encore sur S1. Quand cette inductance aura été vérifiée et mesurée, l'appareil vous indiquera « Calibration OK ».

Le facteur de correction et les dérives jaugées de la sorte sont mémorisés dans l'EEPROM de la puce ATMega et seront relus et utilisés à chaque mise en marche

de l'instrument. L'étalonnage n'est requis qu'une seule fois, après quoi, l'appareil sera instantanément prêt à l'emploi. Le LCD affichera un message d'erreur si  $L_1$  ou  $L_2$  n'est pas connectée ou si une valeur hors limites est mesurée. Les valeurs de l'étalonnage sont alors oubliées jusqu'à ce que, au cours d'un étalonnage concluant, l'inductancemètre retrouve des valeurs convenables.

## Précision et résolution

Une déviation de  $0,1 \mu\text{H}$  correspond à seulement 0,45%, ce qui est négligeable à côté de l'erreur totale sur l'arrondi qui peut aller jusqu'à 2%. À son tour, l'erreur de 2% est insignifiante comparée à la tolérance sur les selfs pas très chères du commerce dans la série E12. Une autre manière de dire que la précision de Coil Clinic peut être fort grande, tout dépend de la rigueur du processus d'étalonnage.

## Utilisation pratique

La méthode KISS (*Keep It Simple & Stupid* ou nul besoin de faire compliqué) s'applique ici. Branchez l'inductance mystérieuse et lisez sa valeur sur l'écran. Pas de commutation de gamme ou d'estimation à faire.

Maintenant, essayez ceci à la maison.

- Qu'arrive-t-il si vous rapprochez les spires d'une self à air ?
- Et si vous y introduisez un noyau (ferromagnétique ou métallique) ?
- Et si vous utilisez de longs fils de connexion ?
- Bobinez sans serrer une self sur un noyau de ferrite, mesurez  $L_1$  puis retirez le noyau. Mesurez  $L_2$ . Et hop ! Le paramètre «  $\mu_i$  » du matériau du noyau vaut  $L_1/L_2$ .
- Glissez une petite perle de ferrite sur un fil d'une certaine longueur et voyez ce qui se passe.
- Mesurez la valeur  $L$  d'une aile d'une antenne rhombique et utilisez-la pour calculer la grandeur  $C$  du condensateur nécessaire à son accord à la résonance sur une certaine bande de fréquence.
- Trouvez la valeur spécifique  $A_L$  d'un tore de ferrite sans marque.
- Bobinez uniformément une dizaine de spires ( $n$ ) sur un noyau. Mesurez  $L$ , et déduisez-en  $A_L = L / n^2$ .

Les bobines de plus de  $100 \text{ mH}$  constituent pour nous un cas particulier, l'écran affiche « OVER ». On peut les mesurer indirectement à l'aide d'une bobine de référence en procédant comme suit. On mesure d'abord l'inductance connue, on note la valeur trouvée, on l'appellera  $L_1$ .

On branche alors le composant inconnu en parallèle sur  $L_1$  et on reprend la mesure que l'on notera  $L_2$ . La valeur de la grande inductance s'obtient alors par :

$$L_x = 1 / (1/L_2 - 1/L_1)$$

Par exemple, si  $L_1 = 47,5 \text{ mH}$  et  $L_2 = 45 \text{ mH}$  on obtient :

$$L_x = 1 / (1/45 - 1/47,5) = 855 \text{ mH}.$$

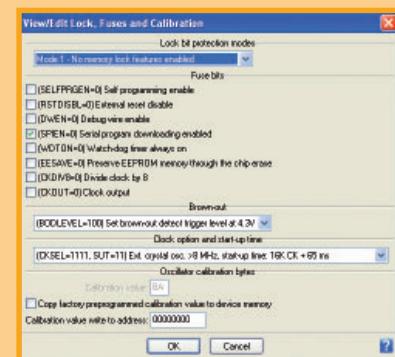
En principe, on peut aussi mesurer une bobine de moins de  $100 \text{ nH}$ , il suffit de la brancher en série avec une inductance connue. Cependant, la self-induction des fils eux-mêmes peut causer des soucis. Qu'on se souvienne simplement qu'un morceau de fil de 1 cm de long représente déjà facilement  $10 \mu\text{H}$ . « NO VALUE », c'est ce que vous lirez si l'appareil voit un court-circuit ou une self dont seuls les techniciens de l'UHF ou de l'SHF s'occupent.

Le message « LOW BATTERY » clignotera toutes les 10 secondes si la pile approche de la fin de sa vie. La mesure de sa tension s'effectue sur un convertisseur A/N intégré à la puce ATMega48. Même si des mesures sont encore possibles, dépêchez-vous de remplacer le bloc PP3. Heureusement, les mesures d'inductance prennent d'habitude fort peu de temps, la pile devrait tenir le coup des années.

(060195-1)

## Réglage des fusibles

### de l'ATMega48



Ce réglage-ci est compliqué, surtout à cause de celui de l'horloge. Si vous le ratez, le logiciel tournera si lentement que l'on dirait que les caractères sont tapés l'un après l'autre comme sur un vieux télécopieur. Le listing d'écran montre les réglages sur le programmeur Elnec SmartProg2 du laboratoire d'Elektor.

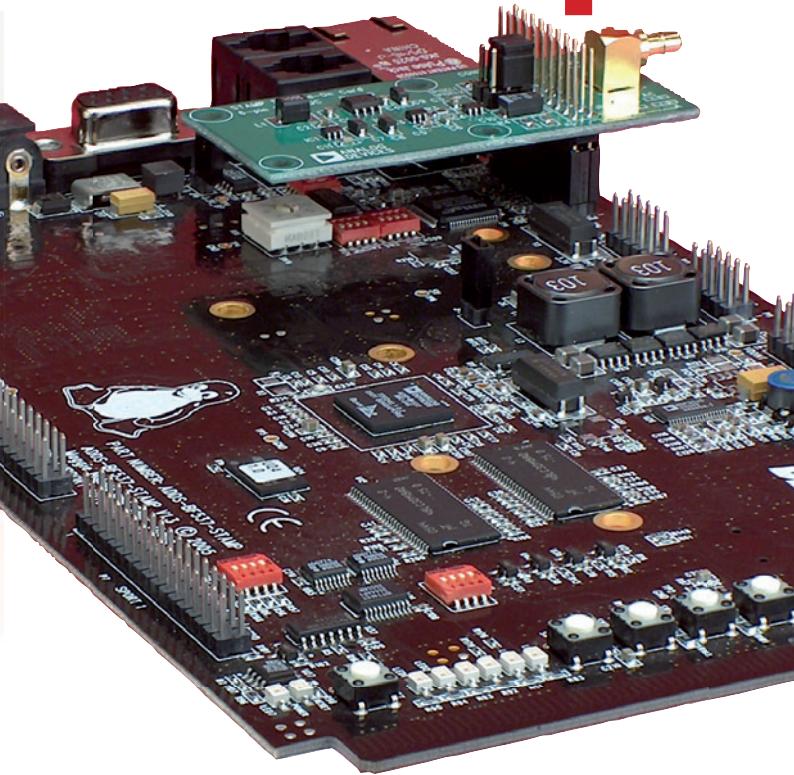
BOOTSZ=11

BODLEVEL=1

CKSEL=1111

SUT=11

# Oscilloscope



Projet : Sascha Hoverath et David Tews  
Texte : Paul Goossens

**Linux est de plus en plus souvent utilisé en tant que logiciel d'exploitation de « systèmes électroniques » de tout poil, des téléphones aux récepteurs satellite en passant par les routeurs. On fait souvent appel alors à une version spéciale de Linux, baptisée µCLinux. Cette version est très compacte et s'accommode de différents types de microcontrôleurs. Nous allons, pour nous familiariser avec cette version de linux, voir comment développer un oscilloscope à base de Linux. Cet oscilloscope permet même d'effectuer des mesures via Internet !**

L'arrivée de µCLinux pour les contrôleurs et DSP Blackfin a bigrement simplifié le développement d'applications Internet pour cette famille de contrôleurs.

Analog Devices ne s'est pas contenté de créer une version de µCLinux adaptée aux contrôleurs Blackfin mais propose en outre un kit de développement baptisé BF527-STAMP, le Stampboard pour les intimes. Il existe différents modules additionnels à l'intention de ce kit de développement, au nombre desquels un convertisseur analogique/numérique (CAN) rapide. Nous allons, en combinant ce kit et l'extension CAN, réaliser un oscilloscope dont l'aspect marquant est qu'il est basé à 100% sur µCLinux !

## Linux, pourquoi ?

Le choix de Linux dans les appareils à progiciel enfoui (*embedded*) n'a rien d'une mode, il s'agit tout simplement

de ne pas avoir à réinventer la roue.

La mise en oeuvre d'un système d'exploitation existant permet de gagner (énormément) de temps et d'argent au cours de la phase de développement. La majeure partie des modules logiciels existe déjà sous Linux. Il faut, par exemple, beaucoup de temps pour écrire soi-même une pile TCP/IP. Elle existe en standard sous Linux.

Il existe en outre, pour une multitude de matériel, des pilotes testés par un grand nombre d'utilisateurs.

De plus, Linux possède bien entendu les avantages d'un système multitâche : il est capable d'exécuter plusieurs programmes simultanément.

Le choix d'un système d'exploitation tel que µCLinux permet au concepteur de se mieux se concentrer sur ce qui diffère son produit des autres produits.

# Linux Développer sous µCLinux

## STAMP-kit

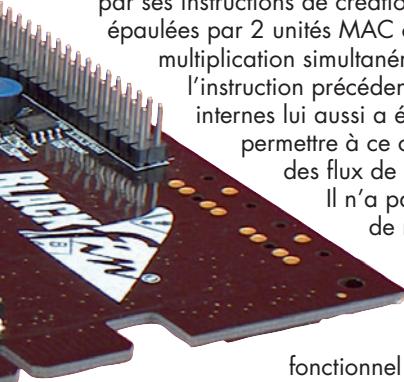
Le cœur électronique de ce projet est le STAMP-kit. La puissance de calcul est fournie par un contrôleur Blackfin537 tournant à une fréquence d'horloge de 500 MHz ni plus ni moins.

Le noyau de ce composant rappelle celui d'un DSP de par ses instructions de création de boucle puissantes épaulées par 2 unités MAC capables d'exécuter une multiplication simultanément et d'ajouter le résultat à l'instruction précédente. Le trajet des données internes lui aussi a été conçu de manière à permettre à ce contrôleur de traiter aisément des flux de données importants.

Il n'a pas à craindre de manquer de mémoire, possédant 64 Moctets de RAM et 4 Moctets de Flash. Plus qu'il n'en faut pour abriter un système Linux fonctionnel complet, y compris l'amorceur (*bootloader*) adéquat.

La communication avec la carte se fait ou par une interface serielle ou par une interface Ethernet.

Tous les signaux importants sont sortis vers l'extérieur et disponibles sur des embases. Ceci permet d'ajouter des



tas de matériels au système.

Nous utilisons, ici, un CAN rapide proposé tel quel sous forme de kit d'extension.

## Logiciel

En standard, le kit de développement est fourni avec un amorceur (U-Boot), un kernel µCLinux et Busybox préinstallés dans la mémoire Flash. Dès la mise sous tension du matériel, on a chargement de U-Boot. Cet amorceur charge à son tour Linux en mémoire et lance le système d'exploitation. On peut, par le biais du port série (au paramétrage standard : 57 600 bauds, 8 bit sans bit de parité et 1 bit d'arrêt), suivre l'ensemble du processus de démarrage à l'aide d'un programme de terminal tel que Hyperterminal.

Ceci fait, on se trouve en présence d'un système Linux en fonctionnement. On pourra utiliser le même port série pour transmettre des commandes classiques telles que les, cp, cat, etc. en vue d'exécuter des instructions Linux.

Il ne nous manque plus qu'une chose : une application. Il va nous falloir l'écrire nous-même. Avant d'en arriver là, il nous reste à installer un environnement de développement.

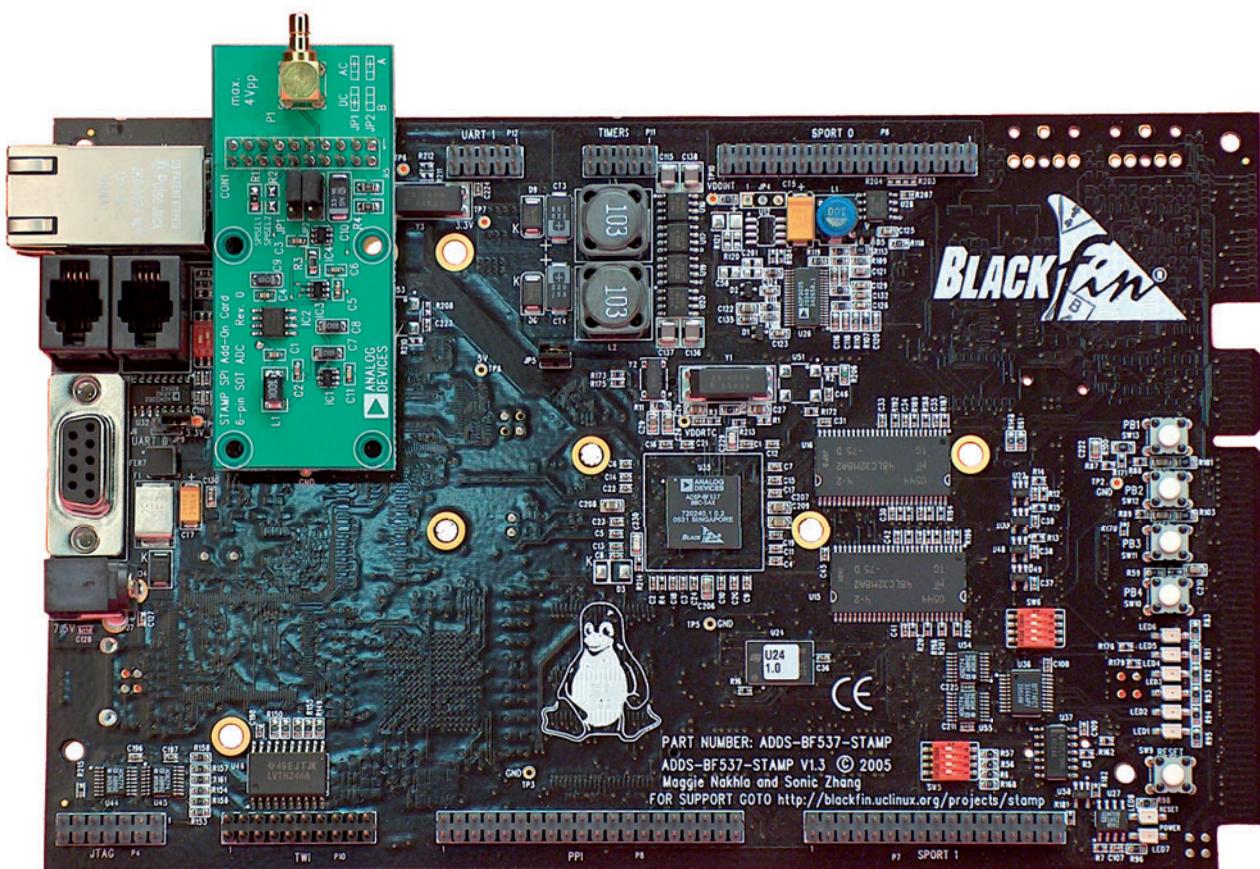


Figure 1.  
STAMP-kit : ensemble carte de développement + extension CAN.

## Environnement de développement

L'environnement de développement se compose de 3 modules : µCLinux, Tool-chain et l'amorceur U-Boot. µCLinux comporte le code-source complet pour le kernel µCLinux avec Busybox. Nous avons besoin, pour la compilation du kernel µCLinux, d'un compilateur croisé (cross-compiler) épaulé par les auxiliaires requis, la

fameuse « toolchain ». Celle-ci comprend, outre le compilateur gcc pour les processeurs Blackfin, également un assembleur/lieu. Il existe de plus, quelques programmes auxiliaires servant à la conversion des différents formats et autres opérations.

Il nous faut encore, pour finir, U-Boot nécessaire au programme auxiliaire « mkimage », module requis pour donner à notre kernel un format qui permette à l'amorceur U-Boot de le transférer dans la mémoire Flash.

L'environnement de développement dont nous nous sommes servis est à votre disposition dans le cadre du téléchargement disponible pour le présent article. Cette « toolchain » ne tourne que sous Linux. Si vous tenez à tout prix à continuer de travailler sous Windows, vous pouvez utiliser le programme colinux de manière à pouvoir développer votre propre logiciel sous Linux. Nous étant limités à travailler sous Linux pour ce projet, nous ne pouvons pas entrer dans le détail de cette approche. On trouve, sur Internet, des manuels décrivant l'installation de cet environnement de développement. Nous avons, pour vous simplifier la vie, écrit un script qui permet une installation automatique des 3 composantes. Il s'appelle « *installbf* » et se trouve dans le dossier « \blackfin\environment » du fichier compacté (.zip) proposé au téléchargement sur le site Elektor (**EPS060241-11**). Pour installer le tout depuis la racine (*root*) du système de gestion de fichier, on utilise l'instruction « *./installbf* / ».

## Configuration & test de l'installation

Avant de poursuivre, il faut commencer par configurer la « toolchain ».

Dans le dossier « uCLinux-dist » nous procéderons à l'exécution des commandes suivantes :

```
>make clean
>make config
>make
```

Après exécution de la seconde commande vous aurez la surprise de voir apparaître un programme offrant la possibilité de configurer le kernel.

Commencez par choisir l'option « Vendor/Product » et, dans la fenêtre suivante, sélectionnez « Analog Devices Products ». Choisissez alors l'option « BF537-STAMP ». Quittez ensuite l'écran de configuration.

Le programme vous demande ensuite si vous voulez enregistrer la nouvelle configuration de kernel. Répondez par un « YES » franc et massif.

Après la dernière commande, on a compilation du kernel Linux complet avec les applications correspondantes.

Attention ! La première fois, cette opération peut prendre un certain temps, n'hésitez pas à vous faire un café voire à nettoyer votre voiture.

Le résultat de tous ces efforts prend la forme du fichier « *linux* » présent dans le dossier « *uCLinux-dist/images* ». Vous pouvez, à l'aide, par exemple, d'un programme TFTP, transférer cette version Linux toute croustillante vers le matériel et vérifier que tout fonctionne comme il le faut. Si tout s'est bien passé, vous pouvez suivre, à l'aide d'un programme de terminal, le démarrage de ce logiciel Linux.

Nous sommes maintenant en mesure de pouvoir écrire une application de notre cru et de l'ajouter à notre image.

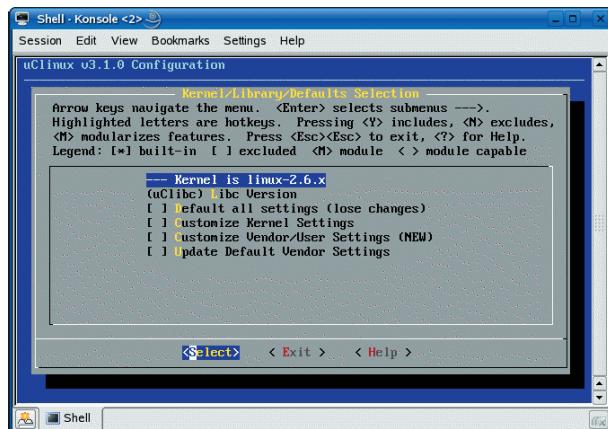


Figure 2.  
Configuration du noyau  
(kernel).

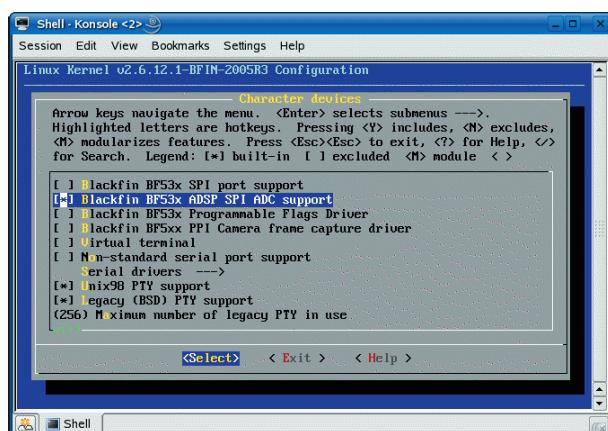


Figure 3.  
Ajouter le pilote du CAN  
au noyau.

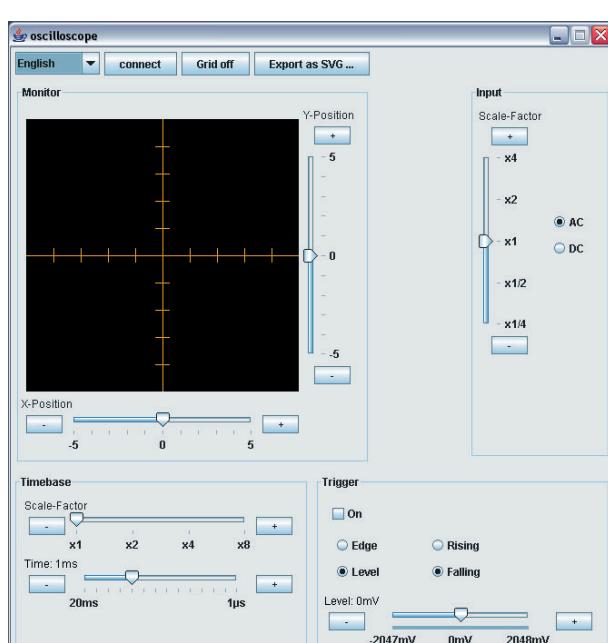


Figure 4.  
Recopie d'écran de  
l'oscilloscope logiciel.

## Ajout d'une application propre

Notre application est un serveur chargé d'envoyer à un client les valeurs de mesure du CAN au travers d'un réseau. Il nous faut donc joindre cette application (baptisée « oszi ») au code-source.

Nous allons, à cet effet, créer un dossier appelé « oszi » dans le dossier « /uClinux-dist/user/ ». L'ensemble du code-source de notre programme doit finir dans le dit dossier. Classiquement, il nous faut également une Makefile qui indique comment doit se faire la compilation de notre logiciel. Il nous faut en outre modifier 3 fichiers de manière à ce que la « toolchain » compile également notre logiciel en cours d'opération.

Dans le dossier « /uClinux-dist/user » il se trouve également une Makefile. Il va nous falloir l'adapter de manière à la mettre au courant de l'existence de notre logiciel. Il suffit pour cela d'ajouter la ligne suivante :

```
dir $(CONFIG_USER OSZI OSZID) += oszi
```

Rien de bien sorcier.

Les 2 modifications ci-après sont nécessaires en vue de pouvoir, par le biais de « make config », sélectionner la compilation de notre logiciel. Ces fichiers se trouvent dans le dossier « /uClinux-dis/config ».

Commençons par nous attaquer au fichier « Configure. help ».

En fin de ce fichier nous ajoutons les 2 lignes suivantes :

```
CONFIG_USER OSZI OSZID
  Oscilloscope-Server
```

Nous procéderons à la même modification dans le fichier « config.ini ».

Sous l'entête « Network Applications » nous ajoutons la ligne suivante :

```
bool 'oszi' CONFIG_USER OSZI OSZID
```

Ces modifications effectuées, nous pouvons configurer le kernel par le biais de « make config » bien connue maintenant.

Nous allons maintenant adapter quelque peu le kernel, ce qui nous amène à choisir « Kernel/Library/Defaults ».

Dans l'écran qui suit nous indiquons qu'il est dans nos intentions de modifier tant les paramètres du Kernel que les paramètres User.

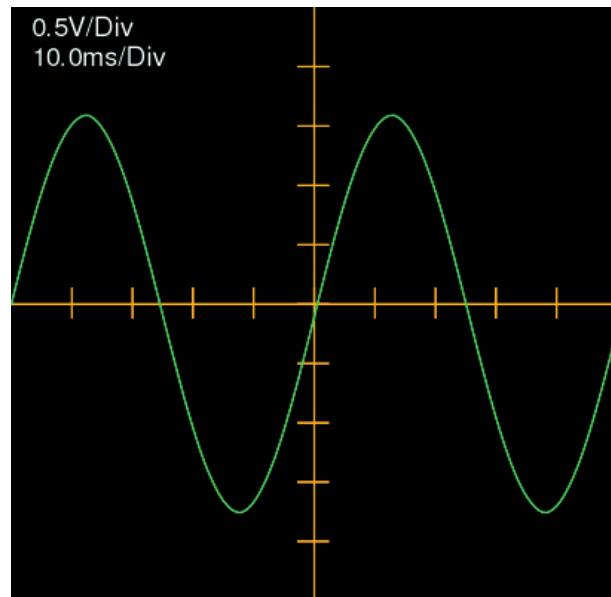
Sous le chapitre « Character Devices » nous choisissons le pilote (driver) pour support du CAN (ADC). Ce pilote permet, depuis Linux, d'utiliser le convertisseur A/N requis par notre programme.

Lorsque nous quittons cet écran, nous voyons apparaître une nouvelle fenêtre qui nous permet de choisir les programmes devant être compilés avec le reste.

Sous l'option « Network Applications » nous retrouvons maintenant notre propre application. « oszi » se trouve gentiment dans la liste des programmes. Nous choisissons bien entendu cette option.

Après avoir sauvegardé cette nouvelle configuration nous pouvons, par la commande « make », lancer la compilation d'un nouveau kernel Linux.

Comme la fois précédente, nous transférons ce programme vers le matériel ce qui nous met en mesure maintenant de tester le logiciel.



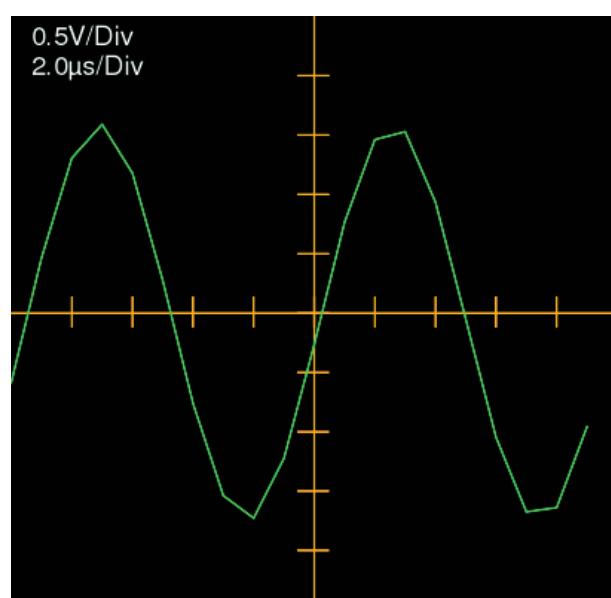
## Logiciel Client

Nous avons écrit, comme logiciel client, une application java. L'avantage de cette approche est que ce logiciel est indépendant du système d'exploitation. Ce logiciel a été testé tant sous Linux que sous Windows XP. Il devrait également tourner sans problème sous MAC-OS par exemple.

Les adresses IP utilisées pour le matériel ont été fixées, dans le code-source du logiciel Linux à 192.168.1.15. Le client (un PC par exemple) devra avoir l'adresse réseau suivante : 192.168.1.2. À noter qu'il est possible de modifier ces paramètres dans le code-source (du Blackfin bien entendu !).

Nous supposons que vous avez maintenant lancé le nouveau kernel sur la carte Blackfin. En cliquant maintenant, sur le PC, sur le fichier « oszi.jar », vous démarrez le logiciel client.

Nous pouvons, par le biais du terminal, demander à Linux de démarrer le programme d'oscilloscope par le biais de la commande « /usr/oszid ».



Un clic de souris sur le bouton « connect » se traduit par l'établissement d'une connexion réseau avec le matériel. Nous voyons apparaître à l'écran les valeurs mesurées sous forme de graphique tout comme sur un oscilloscope normal. La fréquence d'échantillonnage maximale utilisable se situe ici aux alentours de 200 kHz.

### Logiciel Serveur

Une description exhaustive du logiciel serveur sort du cadre de cet article. Le code-source de ce logiciel est doté de commentaires (en anglais) de sorte qu'il ne devrait pas être trop difficile d'en comprendre le fonctionnement.

Nous tenons quand même à vous informer de la possibilité de modifier soi-même l'adresse IP du serveur ainsi que l'adresse à laquelle notre logiciel pense trouver le PC Client.

On trouve, dans le fichier « oszid.h », l'adresse IP dans la ligne :

```
#define IP ADDR « 192.168.1.2 »
```

On aura compris qu'il est possible de modifier cette ligne en fonction de ses propres besoins.

Il nous faut, pour modifier l'adresse IP du l'oscilloscope Linux, procéder de la manière suivante :

Ouvrir le fichier « rc » dans le dossier « uCLinux-dist/vendors/AnalogDevices/BF537-STAMP ». On y trouve une ligne avec la commande « ifconfig ». Modifiez cette ligne de la manière suivante pour définir une adresse IP de, disons, 192.168.1.3 :

```
>ifconfig eth0 192.168.1.3 up
```

Si nous ajoutons la ligne suivante tout à la fin, nous garantissons un lancement automatique du logiciel

## μCLinux et Busybox

On connaît Linux comme étant un système d'exploitation pour ordinateurs de bureau et pour serveurs. Tout au long des années de son existence, d'innombrables utilisateurs éparpillés de par le monde en ont fait un tout puissant qui continuera d'être développé dans les années à venir.

La version actuelle de Linux est bien trop lourde pour trouver place dans des systèmes enfouis (embedded). La version standard de Linux requiert en outre un gestionnaire de mémoire. Il prend la forme, dans le processeur, d'une section matérielle capable de faire en sorte que les applications se voient attribuer une partie de la mémoire sans risque, malencontreusement, d'écraser la section de mémoire attribuée à une autre application.

Le contrôleur d'un système enfoui classique ne possède pas, en règle générale, ce type de matériel.

Le souhait de quand même pouvoir utiliser Linux avec un contrôleur disposant d'une mémoire limitée et sans gestionnaire de mémoire s'est concrétisé sous la forme de μCLinux, une version de Linux pouvant se débrouiller sans gestionnaire de mémoire.

Linux se caractérise par sa modularité, de sorte que l'on peut tout facilement supprimer du noyau les modules non utilisés. En débarrassant la librairie correspondante des balourds inutiles il est possible de le rendre encore plus compact.

Un matériel associé à un système d'exploitation tout nu ne sert pas à grand chose. C'est pourquoi, Linux est livré en standard avec

d'oscilloscope lors du démarrage (boot) du système :

oszid &

Ces modifications effectuées, il faut (nous enfonçons des portes ouvertes) recompiler le kernel (make, vous vous en souvenez ?).

### Release

Une fois que l'on est satisfait de son programme il est pratique de le stocker dans la mémoire Flash. Il devient possible ainsi de lancer le programme automatiquement après la mise sous tension du matériel.

Il nous faut commencer par faire, de notre logiciel, ce que l'on appelle une « image » à l'intention de l'amorceur U Boot. Cette image englobe l'ensemble de notre logiciel qu'il reste à compresser. Cette image est de plus dotée d'une entête (header) qui comporte l'information quant à l'endroit de la mémoire où doit être placée cette image. L'ensemble de processus est géré par un script baptisé « mk\_ulmage ». Vous trouverez ce script dans le dossier principal de notre téléchargement.

Le résultat final, « ulmage » se retrouve dans le dossier « /uCLinux-dist/images ».

Redémarrez maintenant le matériel et, dans la fenêtre du terminal, appuyez sur la touche espace. L'amorceur (bootloader) se trouve alors dans un mode dit « mode de commande ».

Entrez ensuite les commandes suivantes :

```
>tftp 0x1000000 uImage
>erase 0x20100000 0x203FFFFF
>cp.b 0x1000000 0x20100000 $(filesize)
>bootm 0x20100000
```

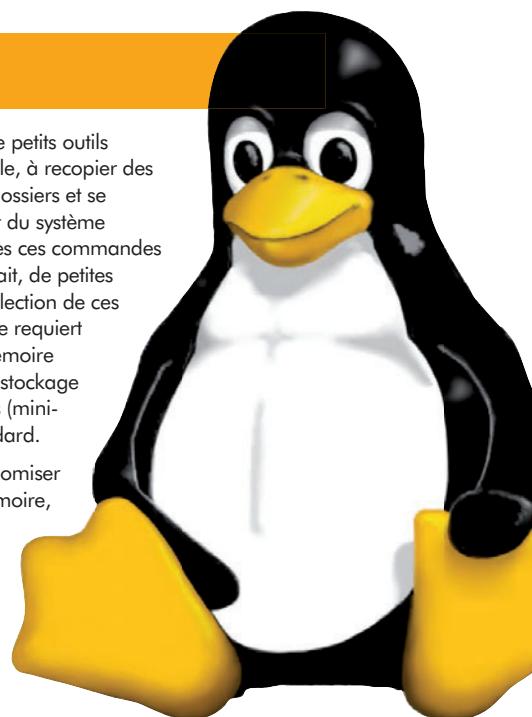
La première commande lance le trans-

fert du

toute une palette de petits outils servant, par exemple, à recopier des fichiers, créer des dossiers et se promener au coeur du système d'exploitation. Toutes ces commandes distinctes sont, en fait, de petites applications. La collection de ces outils est telle qu'elle requiert une quantité de mémoire importante pour le stockage de ces commandes (mini-programmes) standard.

De manière à économiser encore plus de mémoire, on a développé Busybox. Ce programme est capable d'exécuter toutes les commandes standard d'un système Linux. Un

programme unique occupe moins d'espace qu'une ribambelle de programmes distincts. L'utilisateur de Busybox ne se rend pas compte que l'exécution des commandes se fait par Busybox et non pas par les différents programmes.



# Amorcer par sous-marin : « Das U-Boot »

Après une réinitialisation (reset), un contrôleur tente d'exécuter du code de programme se trouvant à une adresse fixe. En ce qui nous concerne, le Blackfin tentera d'exécuter du code se trouvant au début de la mémoire Flash.

C'est à cet endroit, normalement, que se trouve le programme « Das U-Boot » souvent ramené à la dénomination de « U-Boot ». Il s'agit d'un amorceur comparable au BIOS d'un PC standard. Sa fonction première est de démarrer le noyau (kernel) de Linux. Il faut commencer par décompresser ce dernier vu qu'il se trouve sous forme comprimée dans la mémoire Flash.

Après décompactage, le kernel Linux se trouve dans la mémoire RAM et le contrôleur reçoit l'ordre d'exécuter ce code.

Outre la dite fonction primaire, U-Boot connaît bien d'autres fonctions qui ont toutes affaire au chargement de programmes et à l'effacement et la programmation de la mémoire Flash.

U-Boot est également en mesure, si nécessaire, de charger, via TFTP (Trivial-FTP) voire même NFS, un programme (ou kernel) par le biais du réseau. Ceci peut bien entendu également se faire par l'intermédiaire du port série mais va beaucoup plus lentement qu'au travers d'un réseau.

Cette fonction est extrêmement pratique pour le test d'un logiciel en cours de développement. Si l'on teste de cette façon il n'est pas nécessaire, à chaque fois, d'effacer la mémoire Flash et de la reprogrammer.

Lors de son lancement, U-Boot attend un certain temps (prédéfini). Si, au cours de cette attente, il arrive, au travers du port série, un caractère espace, il bascule en mode commande. Si ce n'est pas le cas, il exécute normalement sa tâche (démarrer Linux).

« U-Boot » apprend par ses variables d'environnement comment il doit s'y prendre. Celles-ci se trouvent stockées dans la Flash.

En mode de commande, on peut donner différentes commandes à U-Boot. Une commande « print » force U-Boot à montrer les variables d'environnement actuelles. La variable la plus importante s'appelle « bootcmd ». Elle indique ce que U-Boot doit faire en l'absence de caractère espace pendant la boucle d'attente.

fichier ulmage présent sur le PC vers la mémoire RAM du matériel.

On trouve ensuite la commande requérant l'effacement des 3 derniers Mootets de la mémoire Flash. On a ensuite, à cet endroit, écriture (programmation) du fichier venant juste d'être transféré.

La dernière commande demande à U-Boot de décompresser cette image dans la mémoire et de lancer le logiciel.

## En guise de conclusion

Le développement de programmes sous µCLinux est un plaisir renouvelé. Les nombreuses possibilités intégrées en standard dans ce système d'exploitation y sont sans doute pour quelque chose. Nous espérons que cet article vous aura incité à vous mettre à µCLinux, avec ou sans le matériel décrit ici. Rassurez-vous, vous ne serez pas le premier à le faire !

Ces variables peuvent avoir la forme suivante :

```
bootdelay = 5  
bootcmd=bootm 0x20100000
```

Dans le cas indiqué, U-Boot attend la réception d'un espace par le biais du port série pendant 5 secondes au maximum. S'il n'a rien reçu, U-Boot exécute la commande « bootm 0x20100000 ». De ce fait, U-Boot attend une image à l'adresse 0x20100000, image qu'il décompacte dans la mémoire, dont il vérifie la correction à l'aide d'un test CRC avant de demander au contrôleur d'exécuter le programme chargé.

### TFTP

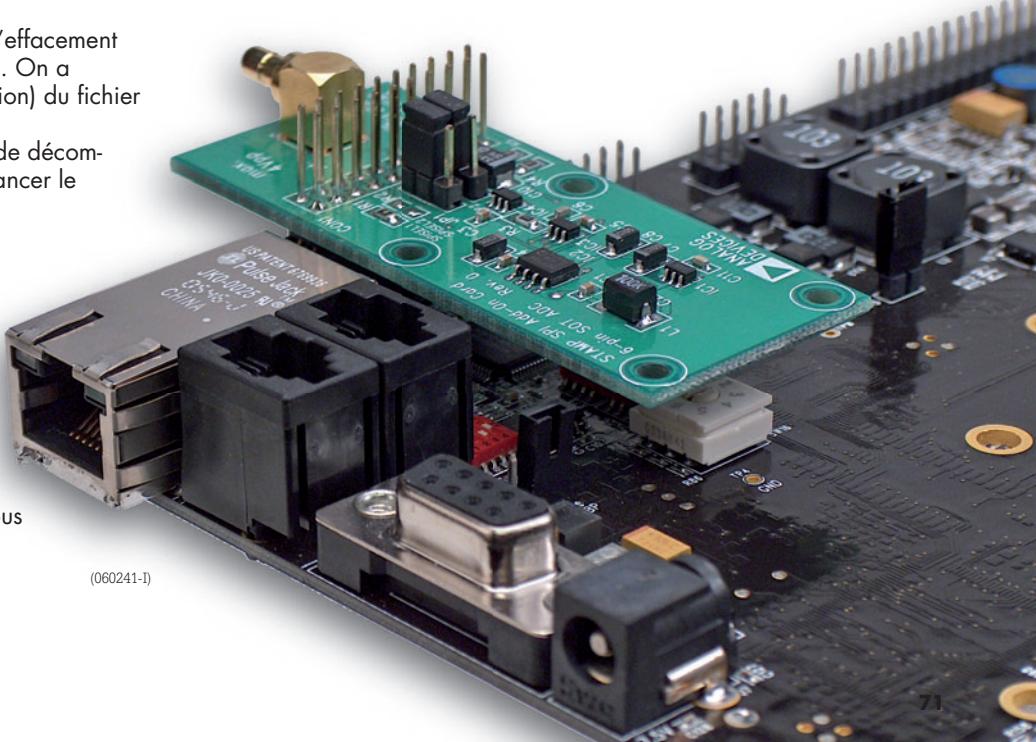
En cours de développement il arrivera souvent que l'on ait à charger une nouvelle version du logiciel. Pour s'assurer que U-Boot charge automatiquement la nouvelle version de votre PC par le biais du protocole TFTP, il est préférable de modifier « bootcmd » de la manière suivante :

```
Bootcmd = tftp 0x1000000 linux; bootelf  
0x1000000
```

La commande sous U-Boot est alors la suivante :

```
set bootcmd = tftp 0x1000000 linux;bootelf  
0x1000000  
saveenv
```

La dernière commande a pour effet de stocker les variables d'environnement dans la Flash de manière à ce qu'elles ne soient pas perdues même après coupure de l'alimentation !



# Pont d'impédance du type 1650-A (1960)



## Jan Buiting

Si cet instrument de test habillé tout de vert pâle produit par General Radio Corporation n'est pas remarquable quant à son domaine d'application (il s'agit en fait d'un LCR-mètre portatif) il n'en est pas moins unique au niveau de sa construction mécanique et de sa faible consommation de courant. S'il faut en croire son manuel de 1960, le 1650-A est un « système de mesure d'impédance autonome doté de 5 ponts servant à la mesure de la capacité, la résistance et de l'inductance mais aussi de générateurs et détecteurs nécessaires aux mesures en courant continu (DC) et en courant alternatif à 1 kHz (comme ils disent outre-Atlantique pour 1 kHz) ». En 1960, un 1650-A sans le moindre accessoire additionnel devait coûter juste un peu moins de 1 000 dollars US.

Les ponts sont réputés atteindre une précision de mesure de C, R et I de 1% dans tous les calibres et de posséder une précision « high » pour D et Q. Si j'ai l'habitude de la plupart de ces paramètres dans le cas de composants passifs, il m'a fallu un certain temps avant de découvrir ce que cachait ce « D ». Heureusement, le manuel du 1650-A produit par GRC est de très haut niveau scientifique lorsqu'il s'agit d'expliquer les tenants et aboutissants tant théoriques que fonctionnels de l'instrument (extrêmement rare de nos jours), et sur la page 2 on découvre que « D » représente le « facteur de dissipation »  $R/X = 1/Q$ . D'accord, plus le facteur qualité d'une inductance ou capacité est médiocre, plus la dissipation est élevée. Rien à redire.

Dans le manuel, l'explication des symboles utilisés précède une section solide consacrée aux aspects mathématiques cachés derrière

chacun des 5 ponts de l'instrument. Je suis persuadé que la production de ces pages saupoudrées de nombres mathématiques complexes, symboles compliqués et circuits équivalents pour tous les composants R, C et L et leurs configurations en pont ont, à l'époque, demandé bien des efforts. Du ja-

mais vu en cette époque de couper l'interrupteur et ramener au magasin en cas de disfonctionnement. Dans le cas du 1650-A il faut utiliser une technique spéciale pour soulever et tourner le coffret avant de pouvoir jouer des interrupteurs ! Heureusement, les instructions nécessaires sont imprimées sur la poi-

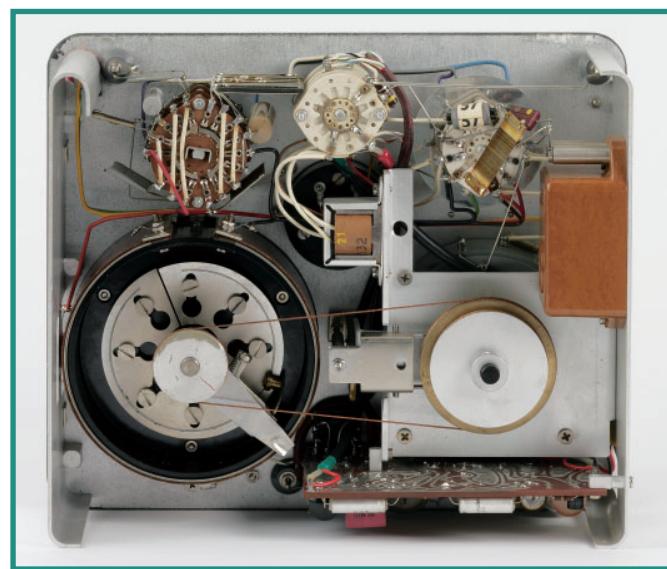
gnée de l'instrument. Nous avons essayé de capturer la séquence de l'ouverture en quelques photos. Comme c'est souvent le cas chez les Américains, la construction des bras et du mécanisme de soulèvement et de reposseonnement de l'instrument est protégé par un... brevet. Un choix intelligent du centre de gravité propre de l'instrument et de son articulation aux bras de support, il est pratiquement impossible d'endommager le couvercle ou quelque organe de commande du panneau avant en faisant une fausse manip. L'instrument s'ouvre intuitivement et reste parfaitement en place lors d'une utilisation ou d'un transport. Ceci n'était pas le cas de l'exemplaire en notre possession auquel il manquait 2 broches de verrouillage dans les bras de support, pièces que je pourrais usiner moi-même, je l'espère.

Bien que le 1650-A ait toutes les caractéristiques d'un gros « bâtiment » à tube, son alimentation se fait à l'aide de 4 piles « D » de 1,5 V venant se glisser dans un tube au cœur de l'instrument par un orifice sur le haut. J'ai été surpris de constater que le porte-pile n'était pas « sulfaté » par des piles qui auraient perdu leur étanchéité après avoir été oubliées plus de 20 ans dans une cave humide. Le 1650-A consomme 60 mA maximum pour les mesures en CC (exception faite pour les R de faible valeur) et 60 mA pour les mesures en CA. Le secret : un circuit à transistors monté sur un circuit imprimé de prototypage.

Vous trouverez, sur notre site, un petit film vidéo montrant le GRC 1650-A au travail dans le labo d'Elektor.

Mes remerciements à Mr Cor de Boer pour avoir mis cet instrument à ma disposition.

(075064-I)



# Flowcourse : système

## Traiter des stimuli

Jean-Paul Brodier

Les deux premiers articles de cette série montrent comment le microcontrôleur peut « jouer tout seul ». La seule interaction avec le monde extérieur est l'émission de lumière par les LED. Pour faire quelque chose de plus utile, le microcontrôleur a besoin de réagir à des états ou à des événements de son environnement, ce que les automatiens appellent des *stimuli* (au singulier : un *stimulus*).

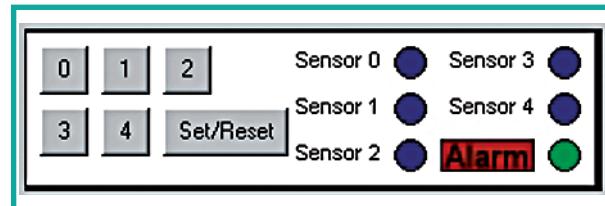


Figure 1. Le clavier et les voyants du système d'alarme. (Source Matrix Multimedia)

Le deuxième exemple présenté dans *Flowcourse* (sur CD-ROM) décrit une centrale d'alarme (*A burglar alarm*) qui allume une LED en réponse à l'action sur des capteurs. Elle est configurée et mise en marche par une série de touches. Les signaux produits par les capteurs et les touches sont les *stimuli* qui vont déterminer le comportement

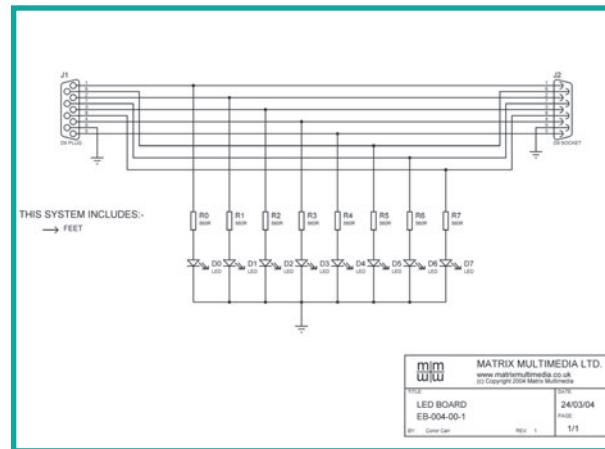


Figure 2. La carte à huit LED se suffit à elle-même, les anodes des LED sont raccordées par des résistances de  $560\ \Omega$  aux sorties du port, les cathodes à la masse. (Source Matrix Multimedia)

du microcontrôleur ; nous allons voir comment le programme prend en compte ces signaux.

L'installation, cf. le bandeau de la **figure 1**, comporte cinq capteurs d'intrusion et six touches dont l'une remplit la fonction marche/arrêt (*set/reset*). Du côté sorties, on se contente de deux LED. L'une signifie que le système est armé, l'autre qu'une intrusion a eu lieu. Dans une application réelle, l'allumage de la LED s'accompagne de l'excitation d'un relais pour alimenter une sirène, un éclairage, ou déclencher le report téléphonique de l'alarme.

La touche *set/reset* permet d'armer ou de désactiver le système d'alarme suivant les moments de la journée. Les capteurs (*sensors*) sont des contacts normalement ouverts. Lorsqu'ils sont actionnés, ils portent au niveau logique haut l'entrée correspondante du microcontrôleur.

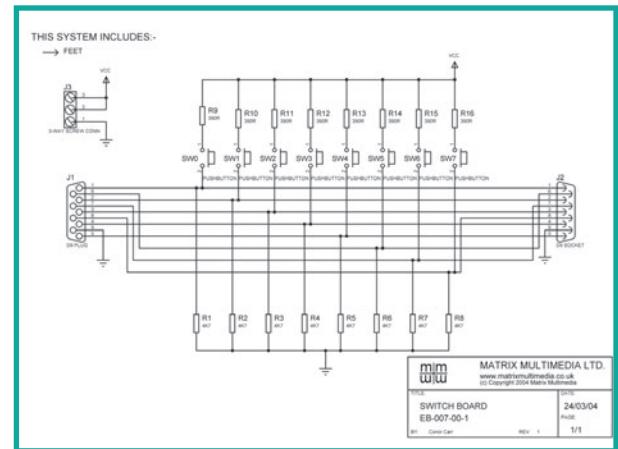


Figure 3. La carte à huit poussoirs réclame une alimentation qui sera prise sur une des bornes +V de la carte Multi-programmeur. Les entrées du microcontrôleur sont polarisées au niveau bas par des résistances de  $4,7\ k\Omega$  et protégées par des résistances série de  $390\ \Omega$ . (Source Matrix Multimedia)

# e d'alarme

## Montage pratique

Le montage expérimental comportera, outre la carte Multi-programmer, la carte à huit interrupteurs *Switch-board* et la carte à huit LED *LED-board* (figure 2).

La carte *E-Blocks Switch board* de la figure 3 doit être alimentée par un fil, provenant d'une borne +V de la carte *Multi-programmer*, connecté à l'une des bornes +V (OUT ou IN, elles sont reliées).

Ces deux schémas sont tirés du CD-ROM de *Matrix Multimedia*.

## Repos

Notre montage utilisera le port B pour les entrées et le port A pour les sorties. Suivant l'organigramme de la figure 4, le programme lit en permanence l'état du bit 0 du port B.

Le test **if** décide s'il faut effectuer l'opération prévue pour le cas où l'entrée (dont on retrouve les Propriétés sur la recopie d'écran de la figure 5) est passée au niveau haut. Si la broche 0 du port A passe au niveau haut, le programme quitte la petite boucle « A » pour effectuer l'opération demandée (« *output* ») et revenir dans la grande boucle : allumer la LED « Armé » et mettre à « 1 » la variable ARME. La recopie d'écran de la figure 6 illustre les propriétés de la sortie.

## Intrusion

Le système est maintenant armé, il faut lui permettre de réagir à une intrusion, qui correspondra à la fermeture d'un contact de capteur. Nous entrons dans une nouvelle boucle, dans laquelle nous devrons vérifier l'état des capteurs et de la touche marche/arrêt. Un état haut sur une ligne de capteur allumera la LED INTRUSION connectée à la sortie 1 du port A. Pour le test, nous ne prendrons en compte que l'entrée 1 du port B.

Les recopies d'écran des figures 7 et 8 donnent les Propriétés de l'entrée et de la sortie. L'organigramme de la figure 9 ne reprend que la partie de l'organigramme complet qui nous intéresse, à savoir à compter du point « tant que ARME <>0 », le reste étant identique à l'organigramme de la figure 4. Cette boucle de détection doit être modifiée pour prendre en compte toutes les entrées auxquelles sont raccordés des capteurs. Deux méthodes s'offrent à nous : ajouter des cases « Entrée » ou ajouter des bits dans les « Propriétés » de la case existante. Il est possible aussi de prévoir deux cases « Entrée », chacune scrutera une partie des capteurs et déclenchera une action propre à la zone où se trouvent les capteurs.

## Et encore un... repos

Il nous reste à sortir de la boucle de détection pour acquitter les alarmes et désarmer le système. Là encore, il existe deux solutions (au moins). On peut simplement ajouter un test de la touche marche/arrêt. On peut aussi

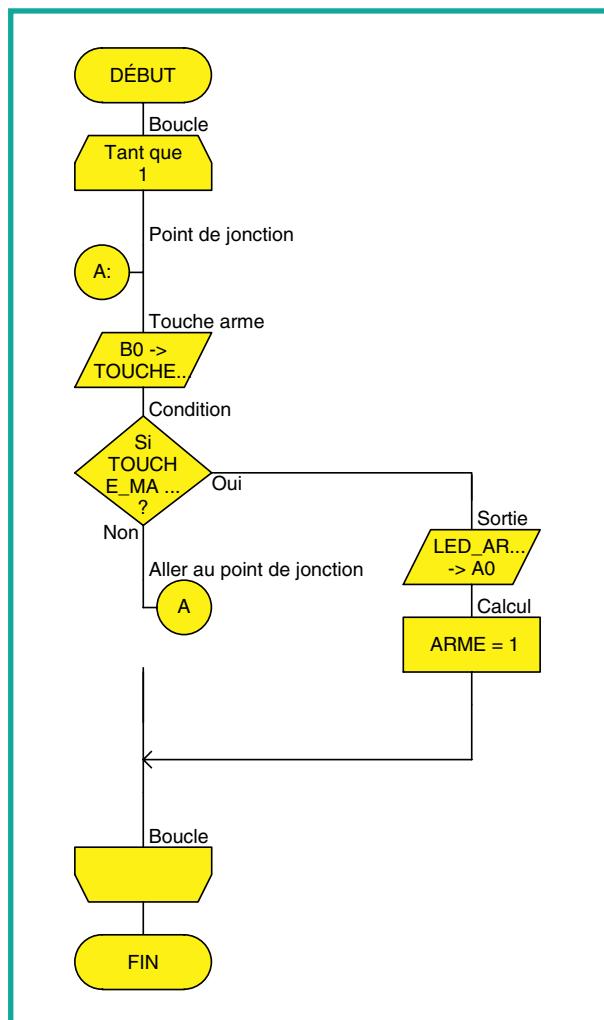


Figure 4. Le système en attente scrute en permanence la touche marche/arrêt.

–c'est ce que nous allons faire– exploiter une des propriétés du port B : le déclenchement d'une interruption lors d'un changement d'état de l'une des broches. Les broches allant de 4 à 7 réagissent à tout changement d'état. La broche 0, repérée INT, réagit à un front montant ou descendant, suivant sa configuration. Nous la configurons pour qu'elle réagisse à un front montant de la broche 0 (Propriétés) et remette à zéro la variable ARME (Macro). De ce fait la condition du maintien dans la boucle de détection disparaît et le programme quitte cette boucle. Avant de rejoindre la grande boucle, on prend soin de désactiver l'interruption RBO/INT, d'éteindre les voyants

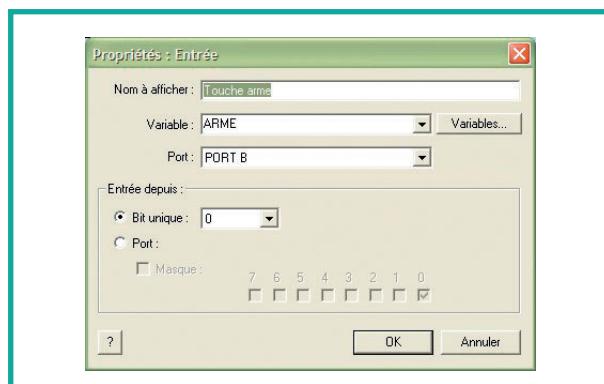


Figure 5. L'entrée 0 du port B est seule prise en compte.

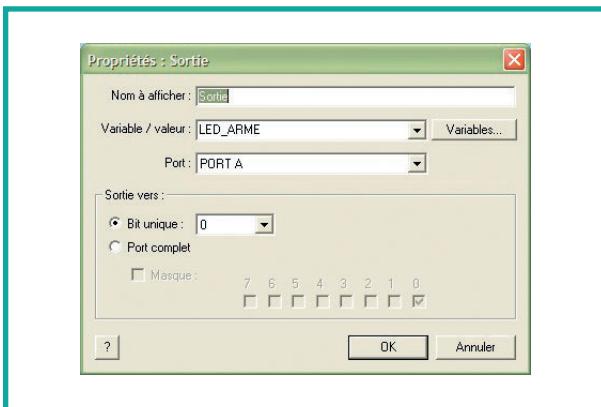


Figure 6. La sortie 0 du port A passe à « 1 » pour signaler le changement d'état.

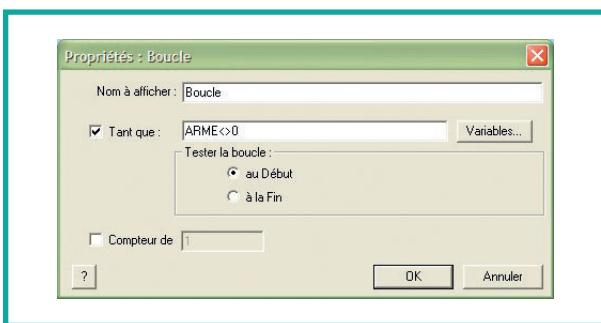


Figure 7. L'entrée 1 du port B correspond au premier capteur.

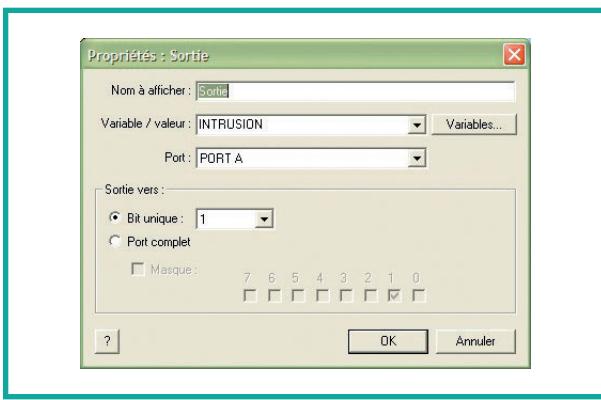


Figure 8. La sortie 1 du port A passe à « 1 » pour signaler une intrusion.

et d'armer une temporisation.

Deux problèmes se posent, que nous résoudrons avec un même dispositif. Le premier problème, évident, est que l'utilisateur ne peut pas quitter les lieux sans déclencher une alarme, une fois le système armé. Le deuxième est que, si la pression sur la touche marche/arrêt est maintenue trop longtemps lors de l'arrêt, elle sera interprétée aussitôt dans la grande boucle comme une demande d'armement.

La solution est commune à ces deux problèmes : il faut introduire des temporisations dans l'exécution. Après l'armement, une temporisation de quelques dizaines de secondes donnera à l'utilisateur un délai pour quitter les lieux sans déclencher d'alarme. Après l'arrêt, une tempo-

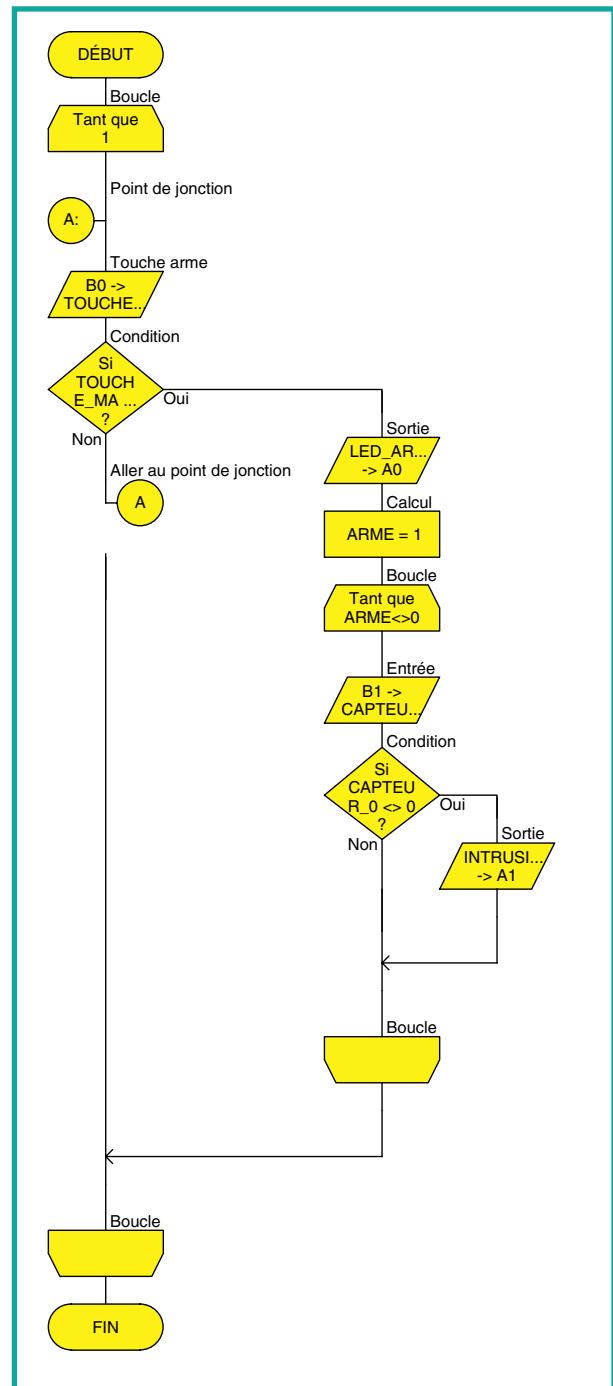


Figure 9. La boucle de détection d'intrusion n'a pas d'instruction de sortie. Il faudra couper l'alimentation pour la quitter.

risation de quelques secondes donnera le temps de relâcher la touche et laissera s'éteindre les rebonds mécaniques inévitables.

On trouve en **figure 10** l'ordonigramme complet de la centrale d'alarme.

Chaque temporisation est réalisée avec un décompteur dans une boucle. Un registre est chargé avec le nombre de secondes d'attente. Une interruption du temporisateur décompte le contenu du registre. Le programme quitte la boucle d'attente quand le compteur est à zéro. La boucle peut être vide s'il n'y a rien d'autre à faire qu'attendre.

La variable TEMPO (**figure 11**) est un nombre à 16

bits. Dans la configuration par défaut du microcontrôleur, l'oscillateur interne a une fréquence de 19,6608 MHz. La pré-division par 256 donne un signal à 75 Hz pour attaquer le TIMERO0. Il faudra 75 passages par zéro, donc 75 interruptions pour une seconde de délai. Nous chargerons le compteur avec le nombre de tops au lieu du nombre de secondes. Le nombre de secondes apparaît dans l'organigramme, la multiplication par 75 est laissée au compilateur. Il est possible aussi de créer une variable auxiliaire qui compterait 75 interruptions avant de décompter TEMPO.

La macro « Tictac », appelée par l'interruption, compte les débordements du compteur-temporisateur TIMERO0. Les instructions C contenues dans la macro-commande sont :

```
if (FCV_TEMPO > 0) FCV_TEMPO = FCV_TEMPO - 1;
// Décompte
if (FCV_TEMPO %75 ==0) FCV_LED_ARME=1;
// Détection du passage par la seconde
```

## Sortie

Pendant la temporisation après l'armement, la LED A0 clignotera à la cadence d'une seconde. Pour cela, on teste dans la boucle l'état du drapeau LED\_ARME. Ce drapeau est levé quand la valeur du compteur TEMPO est divisible par 75 (opération modulo ci-dessus), c'est-à-dire quand nous sommes sur une seconde ronde. Dans ce cas, la valeur de A0 est lue, elle est inversée par l'opération OU exclusif et reportée sur la broche de sortie A0. L'octet LED\_ARME peut servir de variable auxiliaire une fois qu'il a déterminé le branchement. Dans cette série d'opérations, on notera une bonne pratique de programmation : le drapeau qui déclenche le basculement de la sortie est levé par une fonction, la routine d'interruption, et rabaisse par une autre fonction, la routine de basculement de la sortie. La mauvaise pratique aurait été de lever et abaisser le drapeau dans la même routine, ce qui risquerait de donner des clignotements aléatoires. La LED sera allumée à la sortie de la boucle, quel que soit son état antérieur.

## Extensions

Pour compléter la centrale d'alarme, il reste à augmenter le nombre de capteurs surveillés et à ajouter quelques organes matériels. D'abord un ou plusieurs relais, reliés aux broches de sortie par des transistors, pour signaler l'alarme de façon plus spectaculaire que par une LED ; ensuite des lignes de raccordement aux capteurs, avec les protections nécessaires contre les surtensions et tensions induites.

(075061-I)



Figure 11. La variable TEMPO tient le compte des secondes du délai.

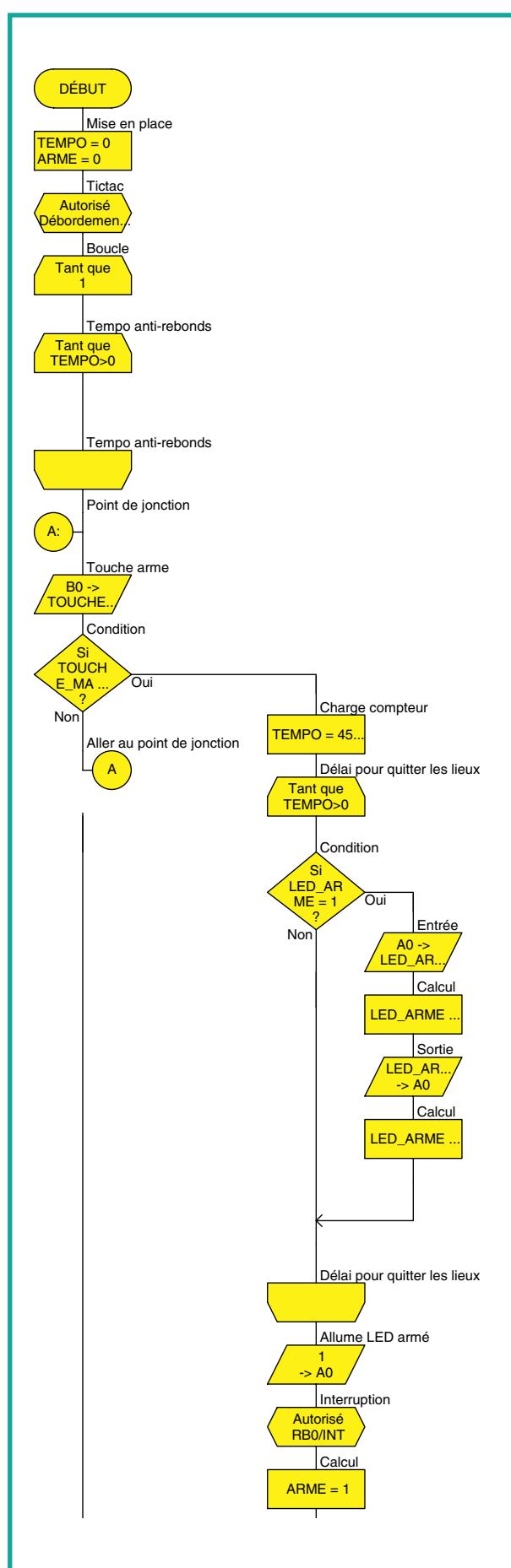


Figure 10. Extrait du programme de centrale d'alarme.

# Sachez ce que vous mesurez

## Sources de parasites non identifiées

Luc Lemmens

La FHI organise, quelques jours après la mise sur le marché de ce numéro, un salon très couru aux Pays-Bas, le fameux Electronics & Automation, dans le cadre duquel il a été monté une ligne complète d'assemblage et de test d'un circuit imprimé. Cette installation baptisée LivePIL (Live Production Integration Line) intègre les appareils les plus modernes utilisés à cet effet dans l'industrie. Qui dit démonstration dit petit montage à fabriquer et à tester. Elektor s'est vu confier l'honneur de concevoir et développer le projet correspondant. Il fallait bien entendu que le montage ne soit pas trop gros, les circuits dotés de leurs composants devant, en fin de chaîne de production, être donnés gratuitement aux visiteurs de ce salon. Pour ne pas ren-

dre la tâche trop facile aux fabricants, il a été décidé d'opter pour les composants les plus modernes : des CMS miniaturisés que seules les machines les plus récentes à la précision requise peuvent mettre en oeuvre.

Nous avons finalement choisi de produire le **Wifi-sniffer**, petit montage permettant de détecter des réseaux sans fil et d'en indiquer la puissance par le biais d'un barregraphe à LED. Quelques-uns des composants utilisés s'avèrent tellement minuscules qu'il nous a été impossible de réaliser le prototype avec les moyens dont nous disposions au laboratoire, station de réparation de CMS, ni même notre fameux four CMS à refusion, sans parler du fer à souder à la pointe la plus fine que nous ayons pu trouver.



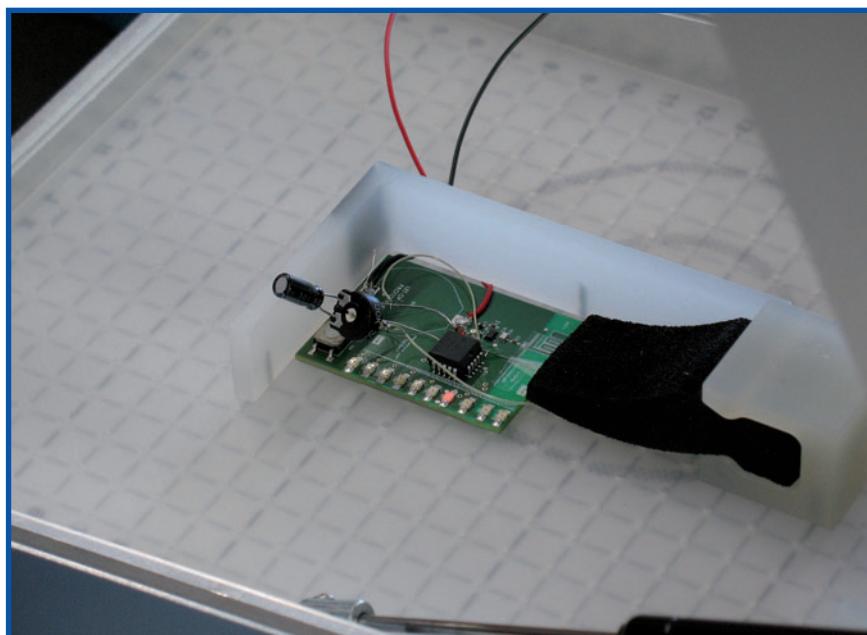
Les réseaux WiFi travaillent dans une bande de fréquence centrée sur 2,45 GHz, domaine qui sort de nos réalisations de tous les jours. Sur le salon, ce seront des appareils de mesure de Rohde & Schwarz qui seront chargés du test. Plusieurs de leurs ingénieurs nous rendirent visite afin de tester le prototype et de définir les modalités de test des produits finis offerts lors du salon.

Lors des essais, il s'avéra que le renifleur WiFi possédait une bande passante bien plus large que prévue. Des signaux aux fréquences comprises entre 1,4 et 2,8 GHz produisaient l'allumage de l'échelle lumineuse, le domaine le plus sensible se trouvant cependant aux alentours de 2,45 GHz. Lors de la mesure nous fûmes confrontés à un effet bizarre : même après avoir coupé le réseau de notre laboratoire, le barregraphe s'allumait de temps à autre, et ce à un rythme régulier, toutes les quelques secondes. D'où pouvait bien provenir ce signal. Nous nous mîmes à la recherche de collègues disposant d'un téléphone Bluetooth ou d'autres routeurs sans fil, en vain. Impossible de trouver quoi que ce soit. Les LED continuaient de s'allumer de façon rythmique.

Après quelques moments de réflexion intenses, la lumière se fit : à quelques kilomètres de nos bureaux se trouve MAA, l'aéroport de Maastricht-Aachen, doté d'un radar de surveillance aérienne en rotation continue. C'était indubitablement lui qui activait le montage lorsque l'antenne nous faisait face.

Quelques recherches nous apprirent que le radar de l'aéroport travaillait bien sur 2,8 GHz et qu'il faisait un tour complet toutes les 3,4 secondes, ce qui était exactement le rythme d'allumage des LED. Nous venions, sans le savoir, de fabriquer un détecteur de radar !

Dès que l'on parle de « détecteur de radar » on pense immédiatement à ce type d'appareil tant utilisé pour surveiller la circulation, mais il nous faut malheureusement vous décevoir, les radars de circulation routière travaillent eux à des fréquences bien plus élevées...



(075062-I)

# Hexadoku

## Puzzle pour les électroniciens

Il vous reste peut-être, avant que n'arrive l'époque des vacances, un rien de temps pour vous lancer à l'assaut de ce nouvel Hexadoku. Rien d'interdit de tenter de résoudre des puzzles sur le bord de sa piscine ou à l'abri d'un parasol ! Mis en jeu : un superbe E-blocks Starter Kit Professional et, en guise de prix de consolation, 3 bons-cadeau Elektor.

Les instructions pour la résolution de ce puzzle sont enfantines.

Le Hexadoku utilise les chiffres du système hexadécimal, à savoir de 0 à F. Du tout cuit pour les électroniciens et programmeurs !

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

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

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

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

(c) PZZL.com

## Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres de la section grisée) par E-mail, télécopie ou courrier avant le **1<sup>er</sup> juillet 2007** à

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

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

## Les gagnants

La bonne solution de l'Hexadoku du numéro 346 (avril) est : **DF908**

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

**Blandine Hennuy**  
(B - 1470)

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

**François Verdier** (63190),  
**Frédéric Girbal** (31190) et  
**Eric Dalmau** (51100)

Nos félicitations aux lauréats !

## Participez et gagnez !

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

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



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

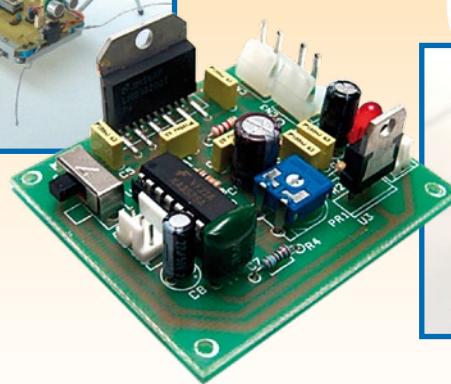
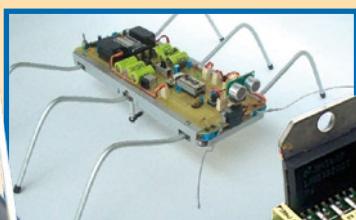
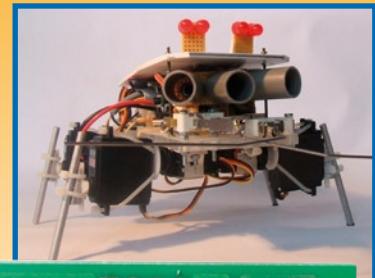
Faites vos jeux !

# Numéro Double 2007

## Collection majeure de circuits, idées et astuces

Comme à l'accoutumée, les mois de juillet et d'août sont à nouveau les témoins de la naissance du fameux numéro double d'Elektor, l'une des sources d'inspiration les plus appréciées par tout amateur d'électronique. Pour le Numéro Hors-Gabarit de cette année, qui quitte les chemins traditionnels, la rédaction a choisi de ne publier que des montages et des concepts ayant trait à un thème central, à savoir celui du monde des robots. Un numéro à ne pas manquer pour tous ceux qui s'intéressent à la robotique ! Même les amateurs d'électronique n'ayant pas directement affaire aux robots trouveront de quoi étancher leur soif dans ce numéro d'été, les circuits partiels et montages complets décrits pourront également servir de base à des réalisations de leur propre cru.

Ce numéro comportera, entre autres, des articles à base de cartes à microcontrôleur, décrira des alimentations et des chargeurs, abordera l'utilisation de capteurs, d'actuateurs, s'intéressera à la mise en œuvre de communications, et abordera le monde mystérieux de la mécanique, sans parler de tout le reste !



Des raisons rédactionnelles impératives peuvent se traduire par un non-respect à la lettre de cette avant-première du prochain numéro.

Attention le numéro de juillet/août 2007 devrait être en kiosque à partir du 27 juin 2007.

## Le site Elektor - du sang neuf !

De par l'approche adoptée « **Projet par Projet** » lors de la construction, le visiteur de cette nouvelle mouture du site trouvera sur la même page, tout ce qui a trait à un projet donné : téléchargement de l'article au format .pdf, du logiciel, commande (platine et composants), mais aussi informations additionnelles et mises à jour.

**Magazine** : fait apparaître le sommaire du numéro le plus récent. Un clic sur le titre concerné permet de lire le début de l'article concerné.

**Collection** : Permet de remonter le temps grâce aux archives. Pour le moment, tous les articles depuis l'année 2000 sont téléchargeables, un moteur de recherche permettant de travailler par année et/ou par mot-clé.

### Quoi de neuf sinon sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) :

- Un Forum lecteur
- Petites Annonces Gratuites
- Nouvelles vous concernant
- Courriel Hebdomadaire Gratuit
- FAQ
- e-CHOPPE, pour tous vos achats

The screenshot shows the Elektor website homepage. At the top, there's a banner for 'Freescale Fast Track: La voie express vers le Controller Continuum'. The main navigation menu includes 'accueil', 'magazine', 'réalisations', 'e-choppe', 'abonnements', 'e-blocks', 'forum', and 'services'. On the right, there are links for 'Plan du site', 'Login', and 'Inscription'. A 'RSS' feed icon is also present. The central content area features a 'magazine' section with the latest issue of Elektor magazine, a 'catalogue 2007' section, and a 'e-blocks' section. The right sidebar contains a 'Recherche' (Search) bar, a 'Services' section with links to 'BLOG (fraiseuse)', 'Fraiseuse + vidéo', 'e-weekly GRATUIT', 'Mes questions', 'FAQ Combi-Câble', 'FAQ GPS USB', and 'Meilleures ventes'. It also lists products like 'Kit SpYder Discovery (060296-91)' and 'Accéléromètre bi-axe (060297-71)' with their prices: 9,75 € and 14,50 € respectively. A 'Concours du...