

**grattez & gagnez**  
+ de 10 k€ de lots voir page 4

**+ n° spécial simulation de circuits**

# elektor

www.elektor.com

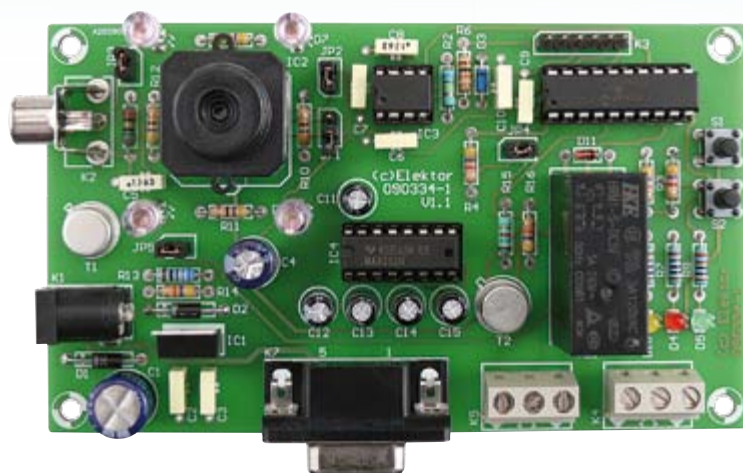


**Boîte à effets numériques**  
**15 effets sonores programmables**



**La radio DSP**  
**2<sup>e</sup> partie**  
**antennes et logiciel PC**

**+ Tendance : habillez vos projets en Elektor ProjectCase**



**+ Briques électroniques**

**+ LabVIEW pour ARM**

**Système de vision**  
**pour petits**  
**microcontrôleurs**



# MULTIFONCTIONNEL PAR NATURE



VUE DE DERRIÈRE

FONCTIONNE AVEC  
LE PIC32®MX460F512L

## PIC32®MX4 MultiMedia Board

Le MultiMedia Board PIC32®MX4 est un système de développement compact, conçu pour le développement d'applications embarquées et utilisant le microcontrôleur Microchip's PIC32®MX4. De nombreux modules sont intégrés à la carte: écran tactile couleur TFT 320x240, codec stéréo, accéléromètre, Flash série, ROM série, etc.

LE MEILLEUR MOYEN DE CRÉER VOTRE SYSTÈME MULTIMÉDIA

LE **MX7** EST BIENTÔT DISPONIBLE!



# ABO ELEKTOR J'EN VEUX ENCORE PLUS.

NOUVEAU !



## La formule d'abonnement Elektor PLUS !

**Nouveau : accès personnalisé aux nouveaux services exclusifs en ligne !**

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

Dès la souscription de la formule d'abonnement Elektor PLUS vous avez désormais accès directement au nouveau service **www.elektor-plus.fr**. Vous y trouverez gratuitement trois éditions électroniques complètes du magazine, celle du mois en cours plus celles des deux mois précédents, sous forme de fichiers PDF téléchargeables et imprimables. Au cours de votre année d'abonnement vous recevrez donc en tout non seulement **11 numéros imprimés mais aussi, dès le début, les 2 dernières éditions électroniques parues !** Sur **www.elektor-plus.fr** vous aurez accès à la nouvelle fonction de recherche qui donne des résultats beaucoup plus riches, notamment lors de la recherche de composants spécifiques.

**www.elektor.fr/abo • Tél. 01 49 19 26 19**

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

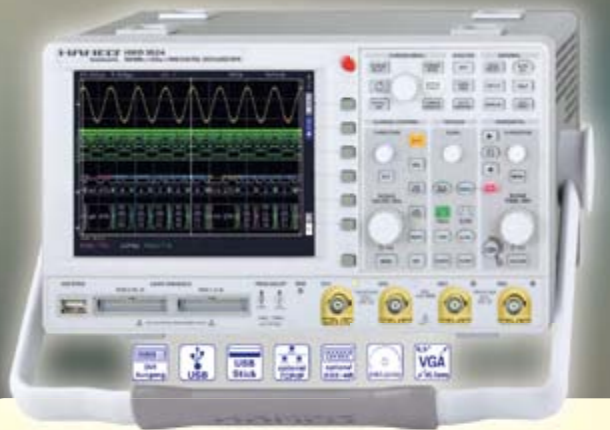
**e**lektor

# Grattez et gagnez

Tentez votre chance : gagnez un OSCILLO avec ses accessoires, d'une valeur totale

Dans son numéro de l'été 2008, Elektor proposait un jeu de grattage auquel les lecteurs ont participé massivement. Nous renouvelons l'expérience en offrant cette fois comme GROS LOT, non pas un voyage d'étude de 10 jours en Chine, mais un OSCILLOSCOPE professionnel, avec écran en couleurs, de marque *HAMEG*, accompagné de tous ses accessoires, d'une valeur totale de 5 600 € ! Grâce à la générosité de nos partenaires, les prix de consolation méritent eux aussi toute votre attention. On retiendra notamment les lots offerts par *National Instruments* sous la forme d'un kit de développement *LabVIEW* d'une valeur de 1 300 €, par *mikroElektronika* avec plusieurs kits de développement, et enfin par *Glyn/Renesas* avec ses kits d'évaluation *RX/Carrera Evolution*.

Elektor n'est pas en reste, qui offrira son projet SCEPTRE, composé de la carte ARM à 32 bits avec module Bluetooth, accompagné de l'extension InterSceptre et du serveur R32C. Sans oublier les bons de commande et les unités de crédit Elektor.



## Le gros lot

Participez et gagnez l'appareil mesure de l'année 2010 : pour répondre aux plus sévères exigences professionnelles, cet oscilloscope numérique HMO3524 de *HAMEG*, à 4 voies et 350 MHz de bande passante, offre des caractéristiques de déclenchement hors-pair, une sensibilité remarquable, et une conversion A/N à faible bruit.

Les courbes s'affichent sur un écran TFT en couleurs de 16,5 cm (6,5 pouces) avec rétro-éclairage à LED 400 cd/m<sup>2</sup>, d'une résolution de 640 x 480 pixels. Ici, les deux accessoires H0010 (I<sup>2</sup>C, SPI, UART/RS-232, déclenchement et décodage) et H03516 (sonde active à 16 voies), normalement disponibles en option seulement, seront offerts avec l'oscilloscope !

Système de développement *LabVIEW* de *National Instruments* [édition de base] (valeur : 1 300 €)



Oscilloscope *PicoScope* 2205 (valeur : 400 €)



2 kits d'évaluation *RX/Carrera Evolution* de *Glyn/Renesas* (valeur : 330 €)





# avec Elektor !

Plus de  
**10 000 €**  
de gros lots

PROFESSIONNEL *Hameg* HMO3524  
de 5 600 € !

**Tentez votre chance de gagner l'un des gros lots.  
Leur valeur totale dépasse les 10 000 € !**

Jamais il n'a été aussi facile de gagner.  
Grattez maintenant votre code personnel  
puis visitez le site d'Elektor.

Répondez à une question (très) facile puis  
saisissez votre code (avant le 30-9-2010).

**Tentez votre chance !  
Les prix méritent le détour :**

1. Grattez pour découvrir votre code personnel
2. Rendez-vous sur [www.elektor.fr/gratte](http://www.elektor.fr/gratte)
3. Répondez à la question
4. Saisissez votre code personnel et gagnez



**Jouer c'est gagner !**

**Conditions de participation :**

La participation à ce jeu est interdite aux mineurs,  
au personnel d'Elektor International Media et à  
celui des sociétés associées.  
Les prix ne pourront pas être convertis en espèces.  
Tout recours légal est exclu.  
Date de clôture : 30-09-2010.

**mikroC PRO pour PIC**  
(valeur : 200 €)



**Système de développement  
EasyPIC6** (valeur : 110 €)



**Multimètre Conrad  
Elektronik** (valeur : 190 €)



**Système de développement  
BIGAVR6** (valeur : 110 €)



## Téléphoner la bouche fermée

Comme bien des gens aujourd'hui, je possède un smartphone, un de ces téléphones portables dits intelligents, avec leur grand écran tactile, leur GPS, le WiFi et plein d'applications inutilement indispensables. Pourtant je ne l'utilise pas pour téléphoner, car je n'aime pas téléphoner. J'ai même enlevé la carte SIM que j'ai remise dans mon portable ultra basique, pas intelligent du tout, mais qui lui ne fait que téléphoner et n'encombre pas mes poches. L'autre, je l'utilise pour prendre des photos, faire une petite vidéo (on oublie trop souvent cette fonction), écouter de la musique et, de plus en plus souvent, pour naviguer sur la Toile quand je n'ai pas d'ordinateur sous la main. C'est pratique, je viens par exemple de trouver en 30 secondes la réponse à la question vitale « Qui est arrivé 17e dans la 4e étape du Tour de France de 1996 ? »<sup>1</sup> Saviez-vous qu'il existe d'ailleurs plusieurs revues spécialisées en smartphone ? Avec les innombrables applications, jeux et autres outils qui nous inondent, elles ont du grain à moudre ! Pour les ringards qui sur leur portable n'ont pas encore la 3G ou, pire, même pas le WiFi, il existe désormais des services interrogeables par SMS : à la lecture des textos, des *googleurs* professionnels cherchent aussitôt la réponse aux questions posées et répondent par SMS dans l'heure qui suit. Pour trouver l'adresse d'un restaurant, les horaires du cinéma, la différence entre gruyère et emmenthal, il suffit de lancer la bonne application et on obtient presque aussitôt la réponse. Tout cela sans prononcer un seul mot, sur un appareil pourtant conçu pour parler... Un comble ! On dirait que la compétition fait rage entre d'un côté les entreprises qui s'acharnent sur le perfectionnement de la reconnaissance vocale, afin de supprimer boutons et interlocuteurs, et en face les entreprises qui conçoivent de jolis claviers pour mieux saisir vos SMS et des correspondants muets qui vous répondent par le même chemin. Ça fait tourner l'économie... mais il n'y a rien de nouveau sous le soleil, puisque depuis belle lurette les services d'information au public, comme par exemple les offices du Tourisme ou les renseignements téléphoniques, étaient accessibles à toute personne capable de parler dans un téléphone, même à cadran. Et quand le service questionné n'a pas de réponse, il reste toujours la possibilité d'appeler un ami (pas vrai, Jean-Pierre ?).

<sup>1</sup> C'était Tony Rominger.

Clemens Valens  
Rédacteur en chef



### 8 Mentions légales

Informations légales.

### 10 Courrier des lecteurs

Vos questions, nos réponses.

### 12 Infos & Actualité

Nouveaux produits.

### 16 Le simulateur gratuit de LTSpice dans la pratique

Mieux vaut simuler que bidouiller.

### 20 Boîte à effets numériques

15 effets sonores réglables à l'aise.

### 28 miniDSP, premier contact

Le tout numérique audiophile débarque !

### 34 Mesure virtuelle et prévisions

Peut-on se fier à une simulation de circuit ?

### 38 Simulation par FPGA de projets à microcontrôleurs

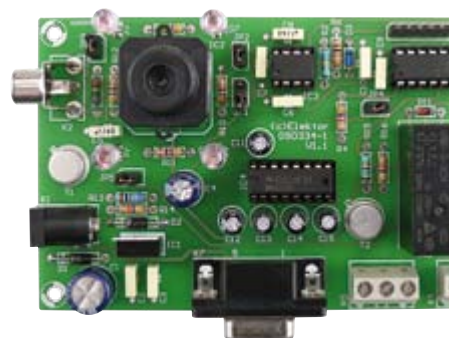
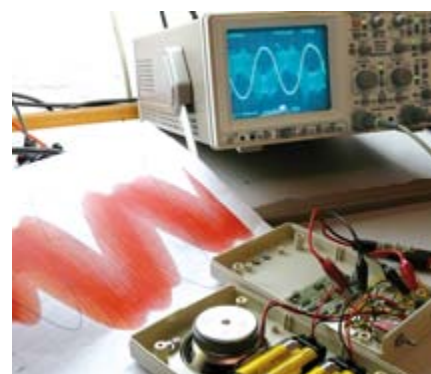
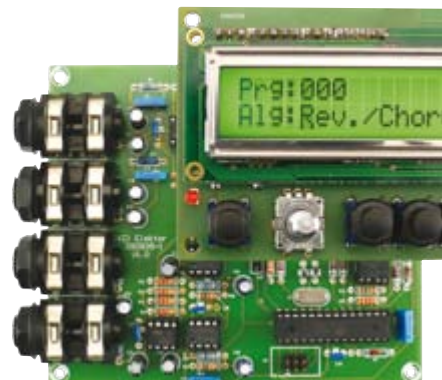
Avec Quartus Web Edition et ModelSim Altera Edition.

### 43 Caisse à bricolage. Pollution ou récupération ?

### 43 Un emballage à toute épreuve

### 43 Des hôtes pour Elektor

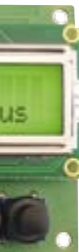
### 44 À la loupe : Hameg HMO2524





# SOMMAIRE

**33<sup>ème</sup> année**  
**Septembre 2010**  
**N° 387**



## 20 Boîte à effets numériques

Entouré des effets audio appropriés, tout enregistrement sonne simplement plus juste. Voici un projet à base d'une puce à effets de haut niveau d'intégration qui mérite bien de se faire entendre !



## 34 Mesure virtuelle et prévisions

Aujourd'hui, on peut faire appel à un logiciel d'ordinateur pour savoir d'avance si une conception fait bien ce qu'on lui demande. À moins que ? Nous avons mis côte à côte les résultats des mesures effectuées sur le matériel du prototype construit et les données issues de la simulation sur un logiciel bien connu. Nous en tirons ici les conclusions.



## 48 Système de vision pour petit microcontrôleur

Un système de vision parfaitement compatible avec la faible puissance de calcul du microcontrôleur utilisé et la faible vitesse d'échantillonnage qu'offre son convertisseur analogique numérique intégré.



## 56 Talk Show

Vous aimeriez équiper votre projet de la reconnaissance vocale, un synthétiseur de voix ou encore un pixel RVB géant ? Nous vous proposons les briques, assemblez-les comme vous l'entendez.

### 45 Que mesurez-vous ?

### 47 Faites parler vos alimentations

Testeur d'alimentations simple.

### 48 Système de vision pour petit microcontrôleur

Bien voir avec peu de pixels.

### 54 LabVIEW pour ARM

### 56 Talk Show

visualisez vos paroles

### 62 Construire un panneau à messages défilants en une journée

Avec la plateforme de prototypage rapide mbed.

### 66 Nos élèves ingénieurs et pilotes

### 68 Ventilò 2Be3

Tachymètre pour ventilateur à deux fils.

### 71 Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens.

### 72 La radio DSP d'Elektor (2)

Antennes et logiciel PC.

### 79 Rétronique

Mémoire numérique à ligne à retard.

### 84 Avant-première

Le mois prochain dans Elektor.

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

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

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

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



**ÉLECTRONIQUE ANALOGIQUE,  
NUMÉRIQUE & EMBARQUÉ**  
• MICROCONTRÔLEURS • AUDIO •  
TEST & MESURE



33<sup>ème</sup> année, n°387 septembre 2010  
ISSN 0181-7450 Dépôt légal : août 2010  
CPPAP 1113 U 83713

ELEKTOR / PUBLITRONIC SARL  
c/o Regus Roissy CDG - 1, rue de la Haye - BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex - France  
Tél. : (+33) 01.49.19.26.19 - Fax : (+33) 01.49.19.22.37  
Internet : [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

Numéro de compte : 002-007-97-026  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603  
BIC : ABNAFRPP  
Monnaie : Euro - Branche ABN AMRO : Paris, France

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

Elektor paraît 11 fois par an, le numéro de juillet/août est double. Il existe, sous le nom Elektor, des éditions en langue anglaise, allemande, espagnole, française et néerlandaise. Elektor est vendu dans plus de 50 pays.

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

Rédacteur en chef international : **Wisse Hettinga**

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

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

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

Secrétariat de rédaction : **Hedwig Hennekens**

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



# La machine à sérigraphier et la station de placement manuel



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

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

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

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



## Station de placement manuel de CMS

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

Caractéristiques :

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

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



**elektor**

\*hors frais de port

## Machine à sérigraphier CMS

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

Caractéristiques :

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

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

Commander sur  
**www.elektor.fr/outils-cms**



Directeur/éditeur : Paul Snackers

Responsable du marketing : Carlo van Nistelrooy

Administration des ventes : ventes@elektor.fr

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

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

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

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

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société éditrice n'accepte aucune responsabilité du fait de l'absence de mention à ce sujet. Conformément à l'art. 30 de la Loi sur les Brevets, les circuits et schémas publiés dans Elektor ne peuvent être réalisés que dans des buts privés ou scientifiques et non commerciaux. L'utilisation des schémas n'implique aucune responsabilité de la part de la Société

éditrice. La Société éditrice n'est pas tenue de renvoyer des articles qui lui parviennent sans demande de sa part et qu'elle n'accepte pas pour publication. Si la Société éditrice accepte pour publication un article qui lui est envoyé, elle est en droit de l'amender et/ou de le faire amender à ses frais; la Société éditrice est de même en droit de traduire et/ou de faire traduire un article et de l'utiliser pour ses autres éditions et activités, contre la rémunération en usage chez elle.

Elektor est édité par Elektor International Media B.V.  
Siège social : Allee 1 - 6141 AV Limbricht, Pays-Bas

Imprimé aux Pays-Bas par Senefelder Misset - Doetinchem

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



## Oxydation par la condensation (2)

(n° 382, avril 2010)

Dans le courrier des lecteurs du mois de mai (n° 383), vous faites référence à un produit CRC 2-26 qui ne serait pas disponible au détail. Notre société qui distribue du matériel électronique depuis plus de 15 ans stocke et vend au détail ce produit. Vous le trouverez ici : [www.mantec.be/FR/a\\_mantec](http://www.mantec.be/FR/a_mantec).

awp?P1=CRC226

Emmanuel CORNET

*Petite précision : nous disions que nous n'avions pas réussi à obtenir une liste de revendeurs de ce produit en France, pas que le produit ne serait pas disponible au détail. Grâce à vous nous connaissons maintenant un revendeur en Belgique (mais toujours pas en France).*

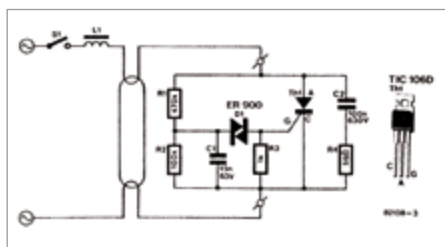
## Amorçage électronique pour tubes luminescents

(n° 48, juin 1982)

Fidèle abonné, j'ai repris récemment ce montage avec lequel j'avais eu des succès

à l'époque. Aujourd'hui, les éclairages « éco » sont soit des lampes fluocompactes avec électronique embarquée, soit des tubes fluorescents toujours avec les starters d'antan. Mais encore plus aujourd'hui qu'hier il est désagréable de les voir clignoter au démarrage. J'ai donc repris le schéma d'Elektor d'il y a plus de 28 ans, mais même en adaptant les composants (condensateurs), cela ne fonctionne pas. Le tube reste blanc sans s'amorcer... Peut-être une caractéristique des tubes/self/capa a changée ? N'envisagez-vous pas de refaire une publication avec mise à jour de ce schéma ? Beaucoup d'amis (électroniciens) cherchent une solution (les LED c'est encore pour plus tard vu leur prix...).

Michel MAHÉ



*En effet, nous n'avons pas envisagé de mettre à jour ce montage. Ce n'est pas parce que nous ne voulons pas le faire, mais plutôt parce que nous n'y avons pas encore pensé. Votre intéressante suggestion a donc été transmise au labo d'Elektor.*

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

(n° 383, mai 2010)

J'ignore si le réacteur à eau de Mehra Keshe fonctionne réellement, mais en tout cas l'article comporte une erreur fondamentale, à savoir que la matière qui nous entoure serait composée de matière conventionnelle et d'antimatière. Par définition la matière qui nous entoure et

dont nous sommes faits est de la matière conventionnelle. Tout contact entre la matière conventionnelle et l'antimatière se traduit par la destruction des deux matières avec dégagement d'énergie. L'antimatière a été produite au moment du Big Bang en même temps que la matière conventionnelle, mais en quantité légèrement différente, de sorte que la matière de l'univers est celle qui reste après l'annihilation des matières-antimatière originelles.

Pour être complet, il faut préciser que dans le vide se forme continuellement des paires de particules et d'antiparticules par fluctuation quantique de l'énergie du vide, paires qui s'autodétruisent instantanément. Quant à savoir si la matière noire existe et fait partie de la matière des objets qui nous entourent, la question est loin d'être tranchée par la communauté scientifique.

Alain REBOUL

## Faire la face avant

(n° 385/386, juillet/août 2010)

Après lecture des deux articles dans le numéro d'été sur la fabrication maison de faces avant, je me suis souvenu de quelques techniques que j'ai utilisées dans le passé avec succès. La plus simple, mais aussi la plus chère fait appel à des étiquettes en polyester blanc indéchirable pour imprimante laser, comme vendu par Seton (réf. I-LASP par exemple). On fait son dessin, on l'imprime sur l'étiquette, on le découpe et on colle l'étiquette. Difficile de faire plus simple. L'inconvénient c'est qu'il faut acheter une boîte de 100 feuilles à 200 €, mais après on est tranquille pour un bon moment. La deuxième technique est meilleure marché. On imprime avec une imprimante laser ou à jet d'encre la face avant sur une feuille A4 normale, puis on colle par-dessus une feuille transparente avec un stick de colle blanche UHU. Cet assemblage aussi est collé avec de la colle blanche sur le boîtier. Notez que cette technique ne résiste pas à l'humidité.

Pour les faces avant au look artisanal (malheureusement ma spécialité) je conseille le feutre indélébile ou l'étiqueteuse à 20 €.

Jean RIBLOT

*Merci de nous faire partager vos trucs et astuces !*

## Agenda

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

26 au 29 octobre 2010

### PHOTON Recherche Industrie

OPTO, EOS, CNOP, les 50 ans du laser

Parc Floral de Paris

[www.pri-event.org](http://www.pri-event.org)

24 et 25 novembre 2010

### Traçabilité / Solutions RFID / Prolog

Parc des expositions de Paris — Porte de Versailles

[www.salon-tracabilite.com](http://www.salon-tracabilite.com)

7 et 8 décembre 2010

### ForumLED

Cité Centre de Congrès de Lyon

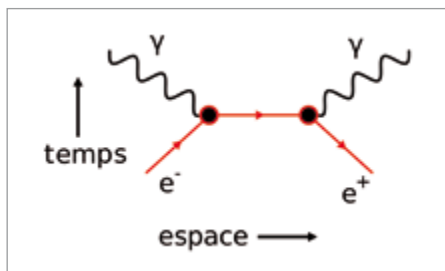
[www.forumled.com](http://www.forumled.com)

24, 25 & 26 mai 2011

### CIEEN 2011

Paris Expo Porte de Versailles Pavillon 4

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







## Mais où sont passés les montages intéressants ?

(n° 385/386, juillet/août 2010)  
Chaque année j'attends avec impatience le

numéro double d'Elektor. Je ne suis pas abonné et je n'achète pas tous les numéros, mais je ne rate jamais le numéro double. En plus, je les conserve. Cette année par contre j'étais déçu. Déjà il est de plus en plus difficile de trouver la revue dans les kiosques, mais en plus j'ai trouvé le contenu du numéro double « faible ». Ce que j'aime, ce sont les petits montages astucieux, mais il y en a de moins en moins. Vous publiez de plus en plus de montages à microcontrôleur avec afficheur LCD (ou LED 7 segments) et quelques boutons-poussoirs. Prenez par exemple les articles *Whistler : entraîneur électronique* (p94), *Surveillant de batterie de voilier* (p62), *Inclinomètre avec USB* (p103) ou encore *Minute-tiny* (p42). Les montages sont quasi identiques, il n'y a que le logiciel qui change et peut-être une entrée ou une sortie. Pourquoi ne pas les avoir présentés comme applications pour la carte Minimod18 [n° 382, avril 2010, réd.] par exemple ? Vous auriez gagné de la place pour des montages plus intéressants.

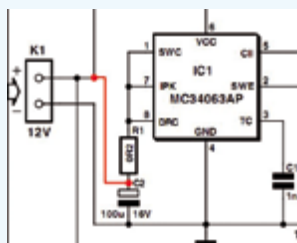
Autre critique : certains montages manquent cruellement d'originalité (et donc d'intérêt) comme le *Testeur de câblage réseau* (p98) ou le *Testeur de câbles RJ-45 à PIC* (p27). Ce genre de circuits se trouve partout sur Internet, j'en ai réalisé un il y a quelques années déjà. Et que penser de l'*Interrupteur secteur 0/1 économique* (p46) ? Une page entière consacrée à un circuit maladroît qui non seulement ne sert à rien, mais qui en plus consomme beaucoup. Un montage comme cela n'a rien à faire dans une revue de qualité comme Elektor. Je comprends qu'il n'est pas évident de rassembler une centaine de montages originaux ou astucieux, mais ce n'est pas une raison de baisser la qualité ou de se répéter. Alors, je vous prie, chère rédaction, faites

## Mises à jour

### Alim de labo pour PC

(n° 385/386, juillet/août 2010)

Il manque une connexion dans le schéma sur la page 105. La jonction de C2 et R1 devrait être reliée à VCC (+12 V).



### Adaptateur RIAA inverse

(n° 385/386, juillet/août 2010)

Les axes de la courbe sur la page 65 ne sont pas nommés. L'axe horizontal représente la fréquence en hertz (Hz), l'axe vertical montre le niveau en décibels (dB).

### Minisimulateur OBD2

(n° 384, juin 2010)

Les LED D1 et D2 sont à l'envers dans le schéma, les anodes doivent être reliées au +5 V, pas les cathodes. Sur la platine tout va bien.

### Interface de commande DMX

(n° 384, juin 2010)

IC6 à IC12 sont des BSP452, pas des ITS4141N.

### CO<sub>2</sub>-mètre mobile

(n° 383, mai 2010)

D'après la liste des composants, IC2 sera un 7809. Sur la platine la broche 1 de

K2 est nommée « +9 V ». Malheureusement, tout cela est faux. IC2 est un 7806 comme indiqué dans le schéma et sur la platine la broche 1 de K2 devrait s'appeler « +6 V ».

### AirControl

(n° 383, mai 2010)

- Une erreur a été découverte dans le schéma du montage (p. 25). La résistance R7 est une résistance de rappel pour le signal DATA de IC3 (pas SCK), il faut donc la connecter à la broche 2 de IC3 (au lieu de la broche 3). La platine ne comporte pas cette erreur.
- Le contrôleur du LCD n'est pas le KS4073 comme indiqué dans l'article, mais le KS0073 de Samsung.
- Le facteur  $T_n \cdot T$  dans la formule de  $\gamma(T, RH)$  devrait être  $T_n + T$ . Le logiciel est correct.

### Le Sceptre – Système de prototypage rapide à 32 bits

(n° 381, mars 2010)

Il ne s'agit pas d'une correction, mais plutôt d'une précision. Plusieurs utilisateurs du Sceptre ont eu du mal à établir la connexion entre l'ordinateur et la carte. Dans tous les cas il s'est avéré que l'utilisateur avait oublié de fermer S1. En effet, dès que l'on connecte la carte à un port USB, l'interface USB de la carte est alimentée et les LED associées (D5 & D6) fonctionnent. Par contre, si S1 n'est pas fermé, le reste de la carte n'est pas alimenté et le processeur ne fonctionne donc pas. Pas de processeur, pas de communication.

un peu plus d'efforts l'année prochaine ou changez de concept.

Christophe PERGET

Le numéro double est le baromètre de la créativité électronique, les montages publiés provenant en grande partie des lecteurs. Nous n'imposons pas le type de microcontrôleur. Si nous estimons que l'application est intéressante ou originale, nous la publions telle quelle, c'est la règle. Il peut arriver qu'un montage publié ou

une idée publiée se déniche aussi sur Internet, auquel cas nous indiquons la source. A vous lire, devrions-nous ignorer ce média ? La rédaction et le labo d'Elektor ont réalisé un travail de fourmi pour concocter le numéro double. Cette année, les blogs, les réseaux sociaux et les iTrucs ont occupé les électroniciens. Tel Ulysse ayant fait un long voyage, revenez à l'établi, envoyez-nous vos montages, et vivons ensemble le reste de notre âge !

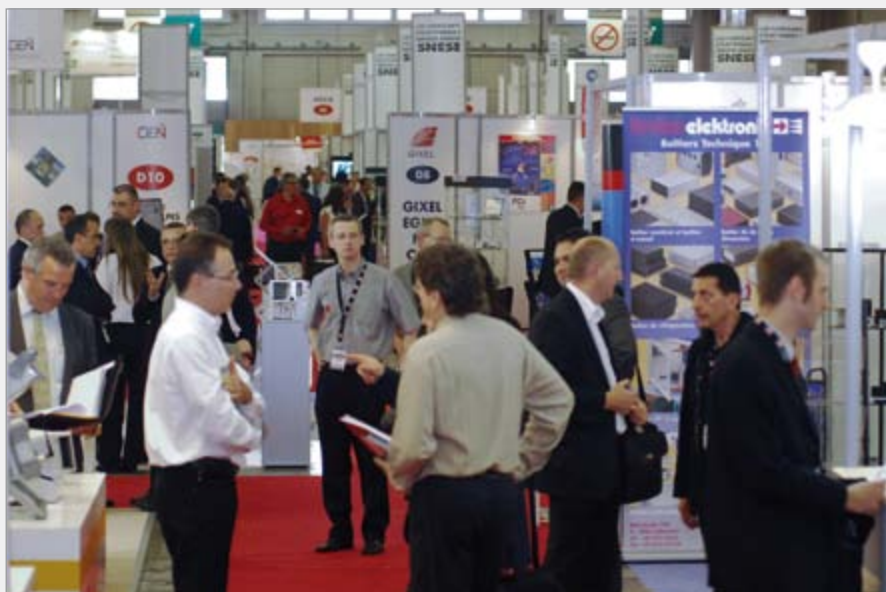
## Règles du jeu

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

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

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

## Le salon CIEN 2010 a été un succès



Du 1<sup>er</sup> au 3 juin 2010, les 230 exposants du CIEN, Carrefour de l'Industrie Electronique et Numérique, ont accueilli 3 587 visiteurs en provenance principalement de la région Ile de France mais aussi du reste de la France et même quelques visiteurs internationaux. Le lancement de ce nouveau rendez-vous de la profession est réussi grâce notamment au support de la profession avec la FIEEC et ses principaux syndicats et groupements GFIE, GIXEL, SIMTEC, SITELESC, SNESE et SPDEI. Aussi en 2011 le CIEN bénéficiera du soutien de la FIEEC et de plusieurs de ses syndicats pour la seconde édition, qui se déroulera du 24 au 26 mai 2011 à Paris Expo Porte de Versailles.

Le salon a été agrémenté par plusieurs conférences, animations et concours. Ainsi, le mardi 1<sup>er</sup> juin fût consacré au pouvoir d'innovation et de compétitivité de l'électronique et du numérique, et a fait le point sur la place de la filière en France et en Europe, ainsi que sur ses enjeux et ses apports. Le lendemain les intervenants sont revenus sur les conditions du succès de la filière économique et numérique et ont étudié comment attirer les compétences de demain, accompagner les relations grands groupes/ETI/PME, et définir les besoins et outils de financement pour les entreprises du secteur.

Un espace a mis l'innovation à l'honneur à travers des démonstrations, des conférences techniques et des actions institutionnelles, avec le concours des principaux pôles de compétitivité, des universités et grandes écoles, des start-ups, des Bureaux d'études et des organismes de formation.

Le GFIE, en association avec le SIMTEC, a organisé une animation interactive sur la thématique de la production de cartes électroniques, de la sérigraphie au test final.

Plusieurs trophées ont été remis, dont le Trophée CAP'TRONIC du produit à usage du grand public a été décerné à Topchair, un fauteuil roulant électrique capable de monter et descendre les marches.

(100365-D)

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

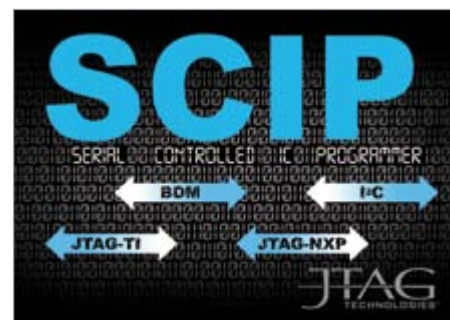
## Programmeur JTAG pour SMBus, SPI, I<sup>2</sup>C et Microwire

De nombreux microprocesseurs, DSP et CPLD hautement intégrés utilisent désormais le Test Access Port selon la norme JTAG (IEEE 1149 ou 1532) comme interface

de programmation de la mémoire flash interne. Certains composants utilisent cependant des instructions et protocoles de communication non standards. De plus, d'autres composants généralement plus petits peuvent recourir à une interface physique entièrement différente et disposent souvent d'une quantité inférieure à celle des quatre ou cinq broches du boundary scan

TAP normalisé.

Pour des fabricants de modules électroniques utilisant des processeurs multiconstructeurs et multiprotocoles, JTAG Technologies a élargi ses solutions de programmation série existantes via l'interface JTAG régulière en gérant désormais les bus tels que SMBus, SPI, I<sup>2</sup>C et Microwire.



Afin que les utilisateurs puissent modifier le matériel existant pour l'adapter aux différentes interfaces de programmation, le fabricant a ajouté des modules à sa gamme SCIL (Scan Interface Configurable Logic) existante. Cette nouvelle gamme de modules SCIL est proposée sous forme d'interfaces « échangeables » permettant de transformer le JTAG DataBlaster (par exemple 37x7 JT ou JT 3710) en un programmeur ou testeur de composants spécifique au protocole.

(100365-1)

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

## Connecteurs rectangulaires miniatures pour applications en environnements vibratoires sévères

La série PZC est une gamme de connecteurs rectangulaires miniatures à montage flottant, robustes et blindés CEM, conçue pour



des applications en environnements vibratoires et climatiques sévères, où le respect de l'intégrité des signaux transmis est crucial, telles que les applications militaires (aéronautique, missiles, etc.).

Les principaux avantages du montage flottant sont leur précision d'accouplement grâce aux guides polarisés qui assurent un montage en aveugle optimal, même dans des applications à accès restreint, leur flexibilité qui permet une différence d'alignement jusqu'à 2 mm et leur facilité d'utilisation.

Les connecteurs PZC sont équipés de contacts à sertir démontables pour faciliter la maintenance et existent en deux brochages, 20 et 41 points. Leur boîtier en aluminium protégé par nickelage offre une tenue au brouillard salin de 150 h et rend le connecteur conforme aux exigences RoHS. Son raccord intégré permet la reprise de blindage des câbles par serrage de la tresse avec une bande.

Utilisant la technique éprouvée du contact hyperboloïde Hypertac, les connecteurs PZC garantissent une excellente tenue aux chocs et vibrations, supportant

des chocs jusqu'à 320 g pendant 3 ms et des vibrations de 20 g entre 10 et 2000 Hz, sans interruption de contact. Ils fonctionnent dans une plage de températures de -65 à +125 °C.

Les connecteurs PZC améliorent la fiabilité des systèmes grâce à une très grande résistance au *fretting*, qui permet de réduire le taux d'usure et ainsi d'éviter les pannes et arrêts des systèmes. Ils offrent également une faible résistance de contact, une sécurité de contact à l'extraction et permettent plus de 500 cycles de manœuvres.

(100365-2)

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

## Bloc de jonction avec photocoupleur et raccordement Push-In

Constituant-clé de toutes les armoires électriques, le bloc de jonction est un composant de connexion sûr, standard et fiable. Il associe maintenant des techniques de connexion traditionnelles à une fonction électronique puissante.

Le Termopto de Weidmüller est un module optoélectronique au format d'un bloc de jonction de 6 mm. Il se caractérise par une conception particulièrement compacte, un système de connexion transversale enfichable et un rapport performance/prix optimal.

Le module représente une alternative électronique compacte aux relais électromécaniques traditionnels pour l'isolation électrique et le conditionnement du signal. Contrairement aux relais, Termopto est une solution sans pièce mécanique en mouvement, donc sans usure et pratiquement sans maintenance. Cette solu-

tion permet de réduire l'encombrement et le temps d'installation et accroît la disponibilité du système. De plus, les besoins en accessoires du module sont réduits, car il utilise les connexions transversales et les repères classiques du catalogue de blocs de jonction.

La conception compacte du module réduit de plus de 80 % l'encombrement nécessaire dans l'armoire de câblage par rapport aux solutions traditionnelles à relais. Les composants à semi-conducteurs inusables ainsi que des circuits de protection contre les surtensions lui assurent une durée de vie importante et des fréquences de commutation élevées. Le matériau utilisé pour le revêtement du module est de classe d'inflammabilité V0, conformément au standard UL94.

Le système de connexion à insertion directe Push-In et l'interconnexion transversale permettent de réduire le temps de câblage de plus de 50 %. Un indicateur d'état à LED donne des informations sur l'état du module.

Le module Termopto est disponible dans les versions suivantes :

– 10 tensions d'entrée : 5 à

220 Vcc ;  
24 à 230 Vca

– 3 tensions de sortie : 5 à 48 Vcc / 0,1 A ;  
5 à 48 Vcc / 0,5 A ; 24 à 230 Vca / 0,1 A

(100365-3)

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



## En bref...

Rohde & Schwarz entre dans le marché des oscilloscopes avec six modèles.  
[www.scope-of-the-art.com](http://www.scope-of-the-art.com)

Intel enregistre son meilleur trimestre depuis sa création.  
[www.intc.com](http://www.intc.com)

National Instruments enrichit sa plate-forme NI-XNET pour réseaux embarqués avec le support du bus de communication LIN.  
[www.ni.com](http://www.ni.com)

Le micro module CC/CC FAN4603 de Fairchild intègre des composants passifs et le régulateur CC/CC dans un simple module « solder-and-play ».  
[www.fairchildsemi.com](http://www.fairchildsemi.com)

Le nouveau site TrocElec permet de troquer vos composants en ligne.  
[www.trocelec.com](http://www.trocelec.com)

## Analyseur logique USB

LogicStudio est un nouvel analyseur logique piloté par PC de LeCroy. L'outil offre 16 voies avec une vitesse d'échantillonnage de 1 Géc/s et une bande passante de 100 MHz. Le logiciel délivre un affichage vif et dynamique des courbes avec une interface utilisateur intuitive et intelligente qui permet de naviguer facilement avec quelques clics de souris. Son utilisation est simple et les possibilités sont nombreuses. LogicStudio dispose de nombreux outils pour le débogage numérique, comme des curseurs, des fonctions de zoom,

la gestion des courbes, un mode persistance et une fonction historique qui permet de rejouer





les données capturées. L'appareil est également équipé pour l'analyse des protocoles séries.

L'analyseur logique s'interface avec les oscilloscopes WaveJet du fabricant en important les courbes analogiques à la volée et en les affichant avec synchronisation temporelle sur un même écran que les 16 voies numériques, transformant ainsi le PC en oscilloscope à signaux mixtes.

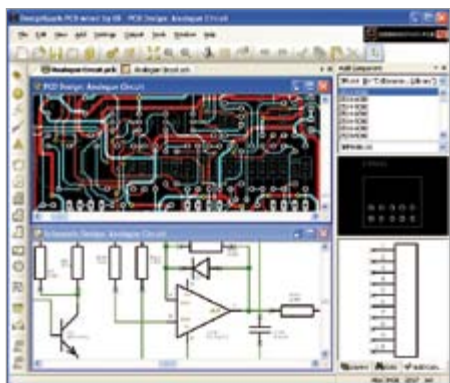
Le logiciel de LogicStudio constitue un environnement intuitif pour le débogage numérique. En optimisant l'utilisation de la souris, le logiciel offre une navigation aisée, permettant un débogage simple et rapide. Pour faire défiler les courbes, il suffit de faire un clic gauche et déplacer la souris. Pour se positionner en un point d'intérêt particulier, un double clic au bon endroit suffit.

La fréquence de rafraîchissement est élevée, ce qui s'accorde bien aux modes de persistance et historique. Un outil de grossissement original permet de chercher facilement les détails dans les longues captures, sans changer l'échelle de la principale acquisition. Pour les mesures temporelles, il est possible d'utiliser une paire de curseurs et de les déplacer dans l'écran, ou bien de les attacher à une des courbes pour des mesures plus précises.

(100365-E)  
www.lecroy.com

## Outil de conception de CI gratuit et illimité chez RS

RS Components a lancé récemment PCB Design Spark, un outil de conception de circuits imprimés gratuit et sans aucune limitation fonctionnelle, en partenariat avec le spécialiste de CAO électronique Number One Systems, connu notamment pour le



programme Easy PC.

Aucune restriction quant à la taille du circuit, au nombre de broches, de couches ou aux options de sortie ne limite l'utilisateur de Design Spark qui peut être utilisé pour le dessin de schéma, et produit ses fichiers de sortie dans des formats variés, tels FDI, DXF et Gerber. Il accepte aussi l'importation de fichiers et de bibliothèques Eagle, l'outil du compétiteur Farnell.

La bibliothèque de composants est extensible et partageable avec d'autres développeurs.

Les données des composants de la bibliothèque sont utilisées pour produire la liste du matériel, à partir de laquelle une commande ou une demande de devis pourra être passée directement sur le portail RS.

Le lecteur remarquera que PCB Design Spark n'est pas le seul outil gratuit fourni par RS Components sur sa nouvelle plateforme en ligne destinée aux ingénieurs concepteurs qui se voient offrir également des informations de conception et de nombreux commentaires d'utilisateurs.

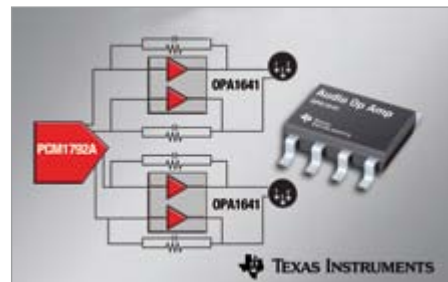
Le lecteur francophone déplorera l'absence de drapeau bleu-blanc-rouge sur la page d'accueil de Design Spark où l'on trouve cependant, outre l'Union Jack, des drapeaux chinois, allemand et japonais.

(100365-4)  
www.designspark.com

## Nouveaux amplificateurs opérationnels audio à entrée JFET

Étoffant sa gamme audio Burr-Brown, Texas Instruments (TI) a lancé une nouvelle famille d'amplificateurs opérationnels à entrée JFET optimisant les performances et la qualité des systèmes audio par une réduction extrême du bruit et de la distorsion. Avec un courant de repos de 1,8 mA par canal, les amplificateurs OPA1641, OPA1642 et OPA1644 offrent une consommation inférieure de 40 % à celle de leurs concurrents. Ils prennent par ailleurs en charge la multiplicité des canaux requise par les applications audio professionnelles sans compromis sur la consommation des circuits hautes performances tels que ceux des équipements de studio de diffusion, pupitres de mixage analogiques et numériques et récepteurs audio/vidéo.

Le courant de polarisation des entrées FET



(2 pA) étant inférieur de 40 % à celui des composants concurrents, les OPA1641, OPA1642 et OPA1644 représentent des alternatives idéales pour les applications exigeant une impédance élevée de la source.

La réduction de 15 % du bruit (5 nV/√Hz) et de la distorsion (0,00005 % à 1 kHz) par rapport aux autres composants du marché garantit un excellent rapport signal/bruit (S/B), même en présence de niveaux élevés de gain.

La vaste plage de tensions d'alimentation (+2,5 V à +18 V) et la dynamique de sortie rail à rail permettent de bénéficier d'une marge accrue, ce qui s'avère particulièrement utile pour les étages d'entrées des convertisseurs analogique-numérique (CAN) audio et les post-filtres à la sortie des étages de conversions numériques-analogiques (CNA), à l'instar des PCM42xx et PCM17xx de TI.

L'amplificateur OPA1641 simple canal est d'ores et déjà disponible en boîtier SO à 8 broches. Le modèle OPA1642 deux canaux est proposé en boîtier SO ou MSOP à 8 broches et la version OPA1644 quatre canaux est commercialisée en boîtier SO ou TSSOP à 14 broches.

(100365-5)  
www.ti.com

## Capteur de surveillance de paramètres d'ambiance avec transmission sans fil

Le nouveau capteur PHT-RF du fabricant français Diaxis réunit trois capteurs en un (mesure de la température, de l'humidité et de la pression atmosphérique). Il s'alimente sur piles et transmet ses mesures par radio. Il n'y a donc aucun fil à tirer et l'installation se fait simplement et rapidement. Le PHT-RF peut être installé à demeure, mais il se prête

également bien aux installations ponctuelles (pour une durée déterminée) avec changements d'emplacement. Les transmissions des valeurs mesurées se font par radio en 2,4 GHz selon le standard IEEE 802.15.4. La portée est de 400 m en champ libre et entre 30 et 90 m à l'intérieur de bâtiments. Les données transmises sont récupérées par des concentrateurs (fournis par Diaxys), qui les restituent sous des formats analogiques ou numériques (Modbus) classiques pour être exploitées par un automate ou un système de supervision. Il est possible d'affecter des seuils aux trois grandeurs mesurées et de ne transmettre que les valeurs de dépassement de seuil (mode alarme). L'association du PHT-RF à une commande de relais déportée fait ainsi office de pressostat, hygrostat et thermostat.

Les sondes de mesure sont incorporées. Le DXRF11/12 mesure les pressions de 0 à 1200 mbar (avec une résolution de 0,1 mbar et une précision de 2 mbar), l'humidité relative entre 0 et 100 % (avec une résolution de 0,1 % et une précision de 1,5 % entre 20 et 80 % HR) et la température entre -20 °C et 50 °C (avec une résolution de 0,1 °C et une précision de 0,5 °C).

Le PHT-RF est doté d'un afficheur LCD ainsi que de trois boutons de navigation et de configuration. Il est alimenté par une pile de 3 Ah et sa consommation très faible (quelques  $\mu$ A en mode veille) lui assure une autonomie pouvant dépasser 5 ans en supervision et plus de 10 ans en mode alarme.

(100365-7)  
www.diaxys.fr



## Passerelles sans fil pour compteurs intelligents

Digi International a présenté sa nouvelle gamme de passerelles Wireless M-Bus ConnectPort X destinées aux applications de compteurs intelligents (*smart metering*) en Europe. Proposant des versions dotées d'une connectivité cellulaire, Ethernet et Wireless M-Bus, les nouvelles passerelles permettent de connecter facilement et à moindre coût les compteurs d'électricité, de gaz et d'eau des fournisseurs de services énergétiques en haut débit. Ces produits s'intègrent en toute transparence à l'offre de solutions M2M sans fil iDigi Energy, qui propose les logiciels et les services hébergés nécessaires pour intégrer simplement et rapidement des périphériques de distribution intelligents (*smart grid*) dans les applications métier de l'entreprise. Avec l'ajout de Wireless M-Bus, le fabricant propose désormais des passerelles prenant en charge l'ensemble des normes sans fil européennes utilisées dans le cadre des applications de compteurs intelligents.

La gamme de passerelles permet aux fournisseurs de communiquer avec des compteurs d'électricité, de gaz et d'eau entièrement gérés par la passerelle Digi via une connexion cellulaire ou Ethernet haut débit. Cette technique leur permet de proposer des services de distribution intelligents innovants. Une fois le compteur intelligent installé, la passerelle peut se connecter au réseau offrant ainsi des services énergétiques programmables à partir du domicile, ainsi que des chemins de communication vers les réseaux publics pour bénéficier d'offres de services énergétiques optimisées.

Les passerelles intègrent des standards de script ouverts personnalisables, locaux et simples à utiliser via Python. Ils permettent au client d'exploiter les fonctions de traitement à domicile de la passerelle pour optimiser leurs offres de services énergétiques. Les passerelles offrent également une prise en charge étendue de protocoles incluant UDP/TCP, DHCP et SNMPv1.

(100365-6)  
www.digi.com

## EEPROM UNI/O à bus d'E/S simple disponibles en boîtiers miniatures

La tendance actuelle du marché est d'offrir au consommateur de nouvelles versions de produits existants avec de nouvelles fonctionnalités, dans des boîtiers plus compacts et à un moindre coût. Cela est possible grâce à de meilleures solutions d'intégration, à la sélection de composants plus petits avec moins de broches, ou au recours à des boîtiers plus petits. Étant donné que les composants UNI/O ne nécessitent qu'un seul port E/S pour communiquer avec le microcontrôleur, choisir des composants avec boîtiers miniatures constitue un pas de plus vers la réduction de la taille globale du produit. Bien que le faible encombrement pèse beaucoup à l'heure de la conception, le choix du boîtier s'effectue également en tenant compte de la réduction

potentielle des coûts de production en cas d'assemblage manuel. Dans de tels cas, le boîtier TO-92, qui est traversant, se révèle intéressant.

Microchip annonce alors que ses composants EEPROM UNI/O à bus d'E/S simple sont désormais disponibles en boîtiers miniatures, avec encapsulation sur tranches ou en boîtiers TO-92, en plus de la version existante SOT-23 à 3 broches. Ayant pour dimensions 0,85 mm x 1,38 mm, les boîtiers avec encapsulation sur tranches (WLCSP pour Wafer-Level Chip-Scale Package) sont compatibles avec un processus de production utilisant des machines de montage par bras-transfert standard. Le boîtier TO-92 à 3 broches est utilisé en cas de production avec assemblage manuel, ou quand le composant est directement monté sur des faisceaux de câbles.

(100365-A)  
www.microchip.com

# Mieux vaut simuler que bidouiller

Günter Spanner (Allemagne)

Les simulateurs permettent de tester et de vérifier des circuits sans même commander le premier composant. LTSpice est un programme très performant, disponible gratuitement. Deux exemples illustrent l'utilisation de ce logiciel, entre autres pour l'analyse de circuits.

Les programmes de simulation sont devenus indispensables dans l'électronique commerciale. L'époque où le développement débutait par un prototype de laboratoire, suivi d'une première version du circuit imprimé et, finalement, d'une série pilote pour les derniers tests d'acceptation, est révolue depuis longtemps.

Aujourd'hui, le circuit a déjà été testé « à donf » avant de commander le premier composant réel. Ses caractéristiques principales dans la plage de tension de fonctionnement admissible et bien au-delà seraient soumises à rude épreuve – si on ne faisait pas appel à une simulation sans

risque. On peut rechercher sur l'ordinateur la limite de fonctionnement stable du circuit en appliquant les températures les plus fluctuantes et les tolérances des composants les plus improbables.

Il y a encore quelques années, les programmes de simulation utilisables étaient hors de portée de la bourse la mieux garnie. Les versions complètes atteignaient rapidement des montants de trois chiffres en euros. Entre-temps, on assistait toutefois à l'apparition d'outils (très performants) à télécharger gratuitement sur Internet. La simulation de circuits s'adressant aussi à des utilisateurs non professionnels est devenue

extrêmement intéressante !

La présente contribution est consacrée au programme de simulation LTSpice (jadis SwitcherCAD) fourni gratuitement par Linear Technology [1]. Le noyau du programme (qui se charge des calculs de simulation proprement dits) est basé sur le simulateur SPICE bien connu. Les perfectionnements apportés au simulateur par le fabricant de semi-conducteurs ont permis d'améliorer encore les résultats, en particulier dans le domaine des convertisseurs à découpage (pour lesquels LT est bien connu). Le simulateur est aussi « entouré » d'une interface conviviale avec l'utilisateur permettant par exemple de créer et d'éditer

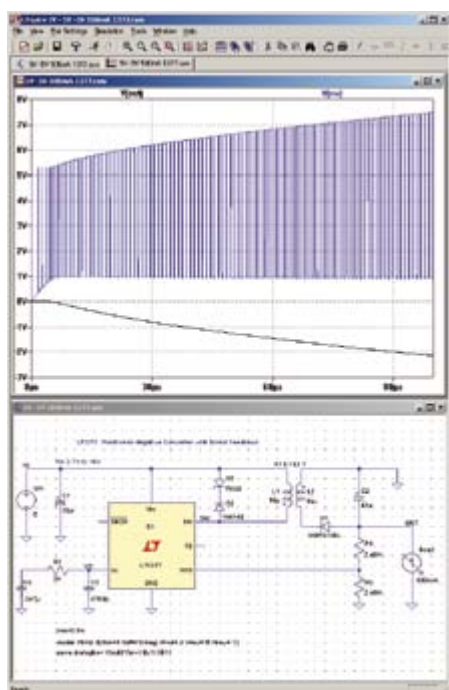


Figure 1. Circuit et résultat d'une simulation (exemple fourni avec LTSpice).

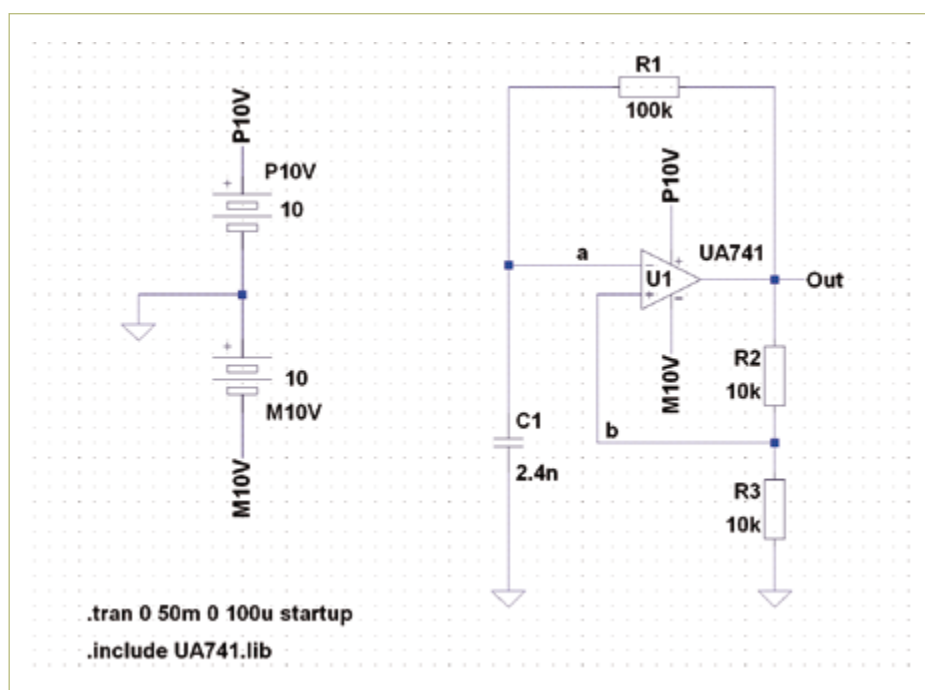


Figure 2. Oscillateur à signaux rectangulaires. L'ampli op est simulé à l'interne à l'aide d'un circuit non représenté ; le modèle est contenu dans le fichier UA741.lib.



# Le simulateur gratuit de LTSpice dans la pratique

graphiquement des schémas de circuit. Pour des infos supplémentaires sur SPICE et une bonne introduction au fonctionnement des simulateurs, consulter Elektor d'octobre 2006 [2].

## Éditeur de schéma

L'installation de LTSpice est un jeu d'enfant et n'a pas besoin d'être expliquée plus en détail. La qualité de l'éditeur de schémas est assez élevée pour justifier à elle seule l'utilisation du programme. La bibliothèque exhaustive de composants complète les éléments de base. Un tuyau pour des électroniciens de ce côté de l'Atlantique : la catégorie « MISC » de la bibliothèque contient également la version européenne d'une résistance.

Les différents composants peuvent être placés sans contraintes et sont faciles à raccorder (on trouvera quelques indications sur le fonctionnement dans un fichier supplémentaire à télécharger à partir du site Elektor [3]). Tous les composants peuvent être pivotés et réfléchis pour que le schéma reste facilement lisible. Un éditeur de composant est aussi disponible. Il permet de créer des symboles pour des composants spéciaux. Les semi-conducteurs, en particulier, sont composés de nombreux éléments internes différents, de sorte que leur comportement peut être simulé de façon aussi réaliste que possible. Ces sous-circuits sont représentés dans ce qu'on nomme des modèles SPICE. Les données peuvent souvent être acquises gratuitement auprès du fabricant ou quelque part sur Internet. LTSpice, descendant de SPICE, permet bien entendu d'intégrer aussi ce genre de modèles SPICE.

La **figure 1** donne une idée de la surface de travail typique servant à une analyse de circuit. Le circuit est affiché dans la fenêtre inférieure, les résultats de la simulation sont présentés dans la fenêtre supérieure. L'inverseur de tension est un exemple de circuit inclus dans la bibliothèque du progiciel d'installation.

Nous examinerons ici deux circuits plus simples pour en savoir plus sur les possibilités du programme de simulation.

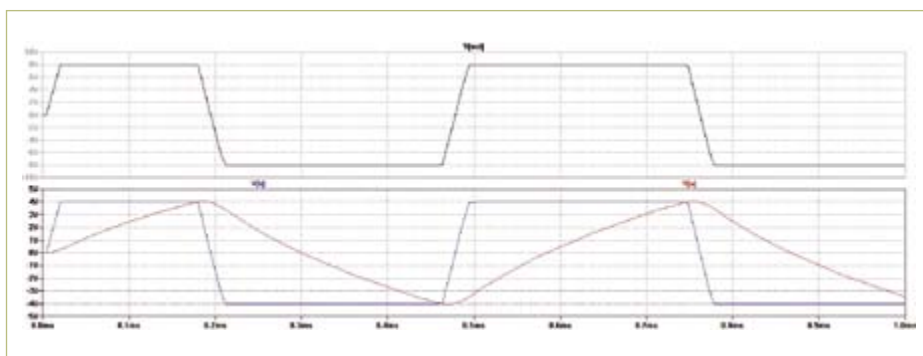


Figure 3. Comportement des signaux aux points a, b et Out (voir la figure 2).

## Exemple 1 : Générateur de signaux rectangulaires

Un générateur simple de signaux rectangulaires fournira notre premier exemple de simulation. Le circuit de la **figure 2**, équipé d'un ampli op standard, devrait être connu de presque tous les électroniciens.

Après avoir saisi le circuit, il faut enregistrer le modèle d'amplificateur opérationnel type 741 (disponible à plusieurs endroits sur Internet, par exemple sur [4]) dans le répertoire `ROOT:\Program Files\LTC\LTspiceIV\lib\sub`. Il sera alors disponible pour toutes les simulations. On peut aussi utiliser un type d'ampli op disponible dans la bibliothèque standard.

Une fois la simulation mise en marche, une sonde virtuelle permet de « mesurer » les tensions, les courants, les puissances et plus en différents points du circuit. Le comportement correspondant des signaux s'affiche sous forme graphique.

Les « oscillogrammes » de trois points de mesure sont reproduits dans la **figure 3**.

a : à l'entrée inverseuse de l'ampli op  
b : à l'entrée non-inverseuse de l'ampli op  
out : à la sortie de l'ampli op

La courbe mesurée à la sortie permet de reconnaître immédiatement un fait bien connu : le 741 n'est pas un type rail-à-rail. La

tension de saturation de la sortie est d'environ 20 % en dessous de la tension d'alimentation. La vitesse de balayage (*slew rate*) de 0,2 V/ $\mu$ s est reproduite en outre de façon réaliste. Le point de mesure « a » illustre la charge du condensateur de 2,4 nF. Il s'agit d'une courbe triangulaire légèrement incurvée à polarité alternée. Le point de mesure « b » (entrée non-inverseuse) est une oscillation rectangulaire. Son amplitude est exactement la moitié de celle du point Out à cause du diviseur de tension R2 et R3.

L'utilisation de la simulation éclaircira le fonctionnement du circuit, même pour les utilisateurs les moins expérimentés : chaque fois que la tension du condensateur dépasse

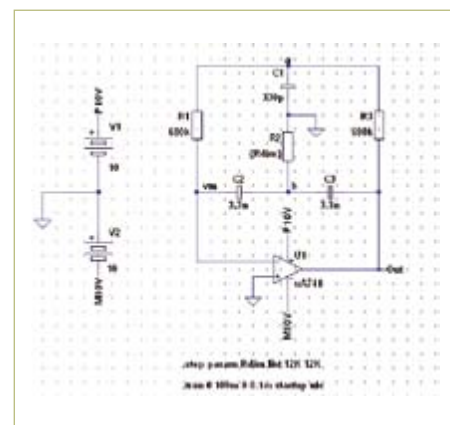


Figure 4. Le comportement de ce circuit n'est pas aussi évident que celui du premier exemple.

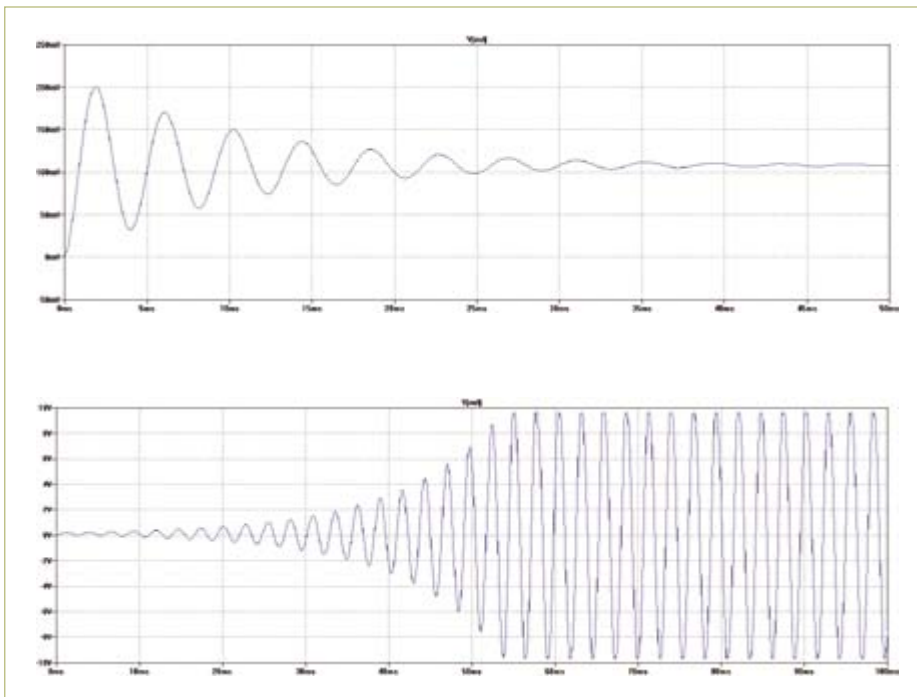


Figure 5. La valeur de  $R_2$  (voir la figure 4) détermine l'amortissement de l'oscillation. L'amplitude des oscillations croît au-dessous d'un seuil critique de  $R_2$ .

vers le haut / bas la tension de comparaison du diviseur de tension  $R_2/R_3$ , l'ampli op bascule de la saturation négative à la saturation positive ou vice-versa. Le condensateur se charge donc positivement ou négativement, et le manège recommence.

### Exemple II : Percussion

Même les concepteurs expérimentés auront du mal à deviner le comportement du deuxième circuit (**figure 4**). La branche de contre-réaction est maintenant constituée par un réseau. Les résultats de la simulation révèlent clairement les propriétés très particulières de ce réseau.

Deux résultats de la simulation sont présentés dans la **figure 5**. Dans la courbe supérieure,  $R_2$  est ajustée de sorte qu'elle se trouve au-dessus d'une valeur critique (de l'ordre de 17 k $\Omega$  pour les dimensions spécifiées). La mise sous tension engendre une onde sinusoïdale à décroissance exponentielle. Cela explique aussi le nom du circuit : si on reproduisait la tension de sortie sous forme acoustique, on obtiendrait le son d'un tambour à percussion frappé doucement. Si toutefois  $R_2$  est inférieure à la valeur critique, la partie inférieure de la figure représente une oscillation à croissance exponentielle. Elle est finalement limitée par la tension de sortie maximale de l'ampli op.

Si  $R_2$  pouvait avoir exactement la valeur critique  $R_c$ , on obtiendrait une sinusoïde d'amplitude constante. Ce cas ne peut toutefois pas être reproduit en pratique.

La **figure 6** permet de comparer les résultats de simulation avec un oscillogramme provenant du circuit réel correspondant. Ces figures démontrent la qualité remarquable du logiciel de simulation.

La courbe paramétrique de la **figure 7** illustre les possibilités étendues de l'outil de simulation. La tension de sortie est représentée en fonction de la tension au point de mesure « b ». On reconnaît immédiatement le déphasage des deux tensions l'une par rapport à l'autre ainsi que la décroissance temporelle des amplitudes.

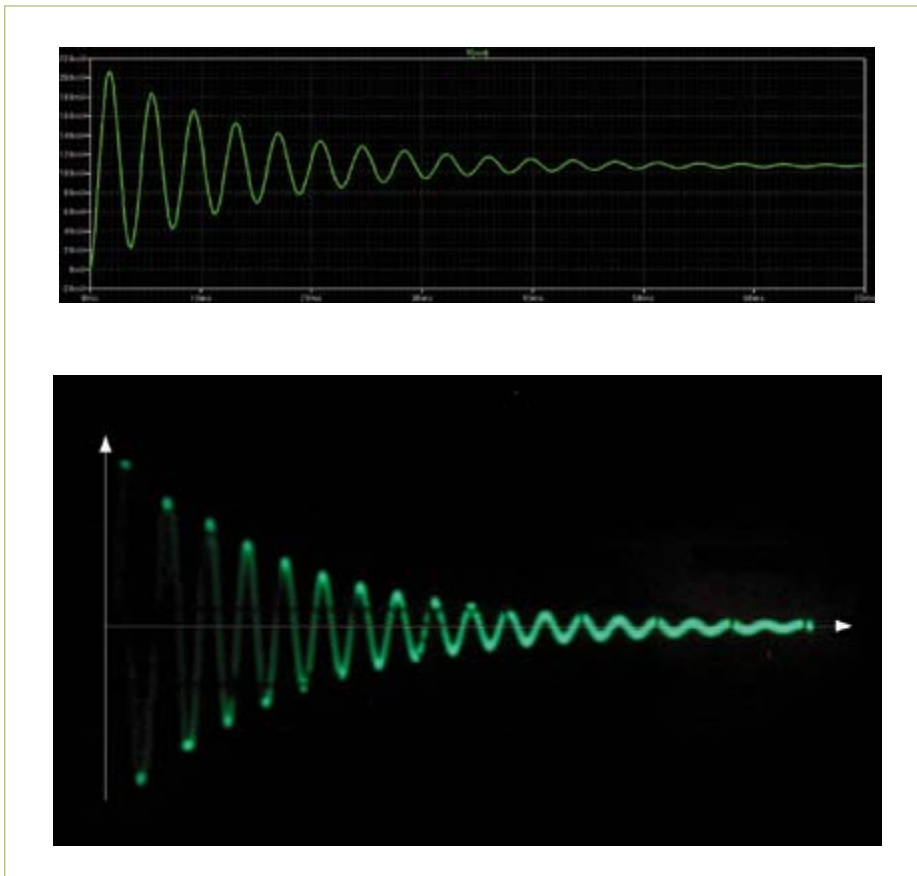


Figure 6. Cela correspond bien !  
Comparaison des résultats de la simulation avec une mesure du circuit réel.

### Autres fonctions utiles

Outre cette analyse des transitoires (analyse dans le domaine temporel), LTSpice peut aussi effectuer une analyse AC. Examinons ici la courbe de réponse d'un réseau.

Il faut raccorder une source ajustable à l'entrée du réseau. Pour déterminer le point de mesure, on fera de nouveau appel à la sonde virtuelle. La **figure 8** montre la courbe de réponse du réseau de contre-réaction du circuit de percussion.

La courbe médiane illustre les conditions pour  $R_2 = R_c$ . On reconnaît clairement le minimum accusé de l'impédance. Les courbes des oscillations décroissantes/croissantes sont situées à gauche et à droite.

Un programme de simulation comme LTSpice permet d'étudier en détail des circuits bien plus complexes. Les résultats des mesures virtuelles font généralement preuve d'un accord remarquable avec les mesures sur des circuits réels.

Il faut cependant être toujours conscient des limites de la simulation sur ordinateur. Bien que le niveau de maturité de programmes tels que LTSpice soit très élevé, des écarts ne sont jamais exclus dans la pratique. En particulier, la simulation intégrale des facteurs environnementaux tels que les interférences électromagnétiques, les rayonnements H.F. et les composantes de bruit s'avère extrêmement complexe.

En fin de compte, il faut toujours garder à l'esprit de la loi de Murphy pour les simu-

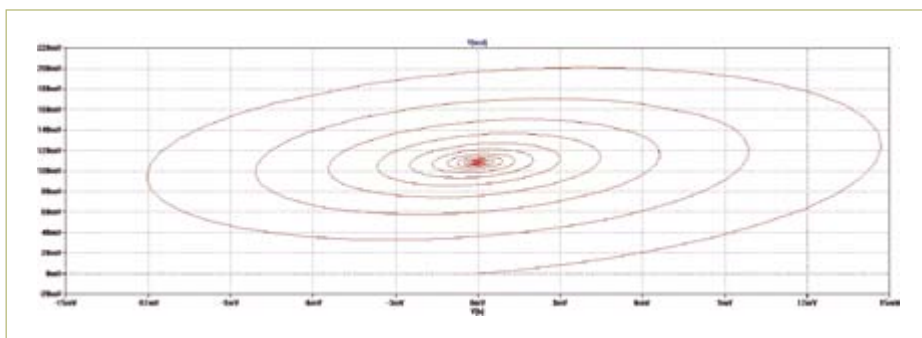


Figure 7. Dans cette courbe paramétrique, la tension de sortie est représentée en fonction de la tension au point de mesure b. Le déphasage est très visible.

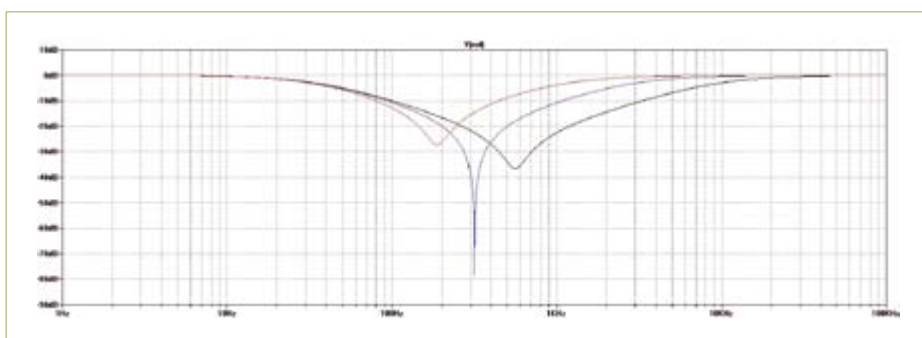


Figure 8. LTSpice peut aussi représenter la réponse en fréquence d'un réseau (dans ce cas, le réseau de contre-réaction de la figure 4).

lations : un circuit qui fonctionne parfaitement lors de la simulation peut être un échec complet en pratique.

Inversement, un circuit dont la simulation ne fonctionne déjà pas ne risque pas de causer une joie débordante dans son incarnation matérielle !

(o81006, trad. Softcraft)

### Liens sur le Web

- [1] [www.linear.com/designtools/software/ltspace.jsp](http://www.linear.com/designtools/software/ltspace.jsp)
- [2] [www.elektor.fr/060207](http://www.elektor.fr/060207)
- [3] [www.elektor.fr/060206](http://www.elektor.fr/060206) (téléchargement supplémentaire 060206-Wf)
- [4] [focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ua741.html#technicaldocuments](http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ua741.html#technicaldocuments)

Publicité

## Spécialiste prototypes & petites séries

**EURO**  
CIRCUITS

Nouveau  
Nouveau

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

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

### Tous services

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

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



# Boîte à effets numériques

## 15 effets sonores réglables à l'aise

Hubert Bollig (Allemagne)



Entouré des effets audio appropriés, tout enregistrement sonne simplement plus juste. Ce que nous allons montrer ici, c'est que le réverbération, le *chorus*, le *flanger* et bien d'autres effets numériques, on peut les obtenir sans se casser la nénette à programmer un DSP (*Digital Signal Processor*, processeur de signal numérique). Ce projet se décline autour d'une puce à effets de haut niveau d'intégration et dispose d'une interface utilisateur évoluée avec écran LCD. L'ensemble mérite bien de se faire voir et entendre !

En musique, les effets audio, c'est un peu comme le sel dans la soupe. Qu'on soit un amateur ou un vrai pro, personne ne peut plus aujourd'hui se passer des appareils à effets. Jusqu'au milieu des années 80, le concepteur de machines à effets ne pouvait compter que sur des puces de chaîne à seaux ou des amplificateurs opérationnels ;

ce n'est que l'avènement de la révolution numérique qui a modifié la donne avec le traitement numérique du signal. Mais l'ascension triomphante de ces circuits intégrés de haute complexité a du même coup sonné la fin de l'ère de la fabrication personnelle pour les enthousiastes de la musique électronique. Les composants et le logiciel

nécessaire devenaient carrément trop alambiqués. Qui plus est, les DSP sont difficiles à dénicher et encore plus malaisés à souder à la main.

### Tout dans la puce

Fort heureusement, cette situation embarrassante a changé au cours des dernières

## Caractéristiques techniques

- appareil à effets multiples avec 15 algorithmes
- basé sur le processeur d'effets FV-1
- bande passante de 20 Hz à 15 kHz
- retard maximum de 700 ms
- 64 emplacements de mémoire pour réglages de présélection
- terminal utilisateur séparé
- interface MIDI IN
- choix de l'effet et de ses paramètres par MIDI
- générateur de rampe intégré pour les effets de début et de fin
- construction aisée avec des composants traditionnels (sauf FV-1)
- assembleur libre disponible pour la programmation de ses propres algorithmes.

années. L'évolution provient en grande partie de ce que toujours plus de boîtes de mixage, de *stomp box* (pédales pour guitare) et d'instruments musicaux sont bardés d'effets sonores. Une solution d'un coût relativement faible pour le constructeur provient de puces spécialisées telles que la FV-1 [1] de la firme Spin Semiconductors [2]. Tous les composants nécessaires à la fabrication d'un appareil à effets sont intégrés sur la puce : convertisseurs audio A/N et N/A de qualité, RAM à retard pour différer le signal audio, quatre oscillateurs BF, deux sinusoïdaux et deux triangulaires et encore trois entrées analogiques supplémentaires. Comme le montre le diagramme fonctionnel de la **figure 1**, ces composants encadrent un noyau DSP, doté d'une unité centrale à 24 bits, lequel ne nécessite pas de programmation par l'utilisateur, puisque le fabricant a enregistré en ROM sept algorithmes (*Hall*, *Chorus*, *Flanger*...). On peut encore stocker huit autres algorithmes d'effet dans une EEPROM externe et les jouer par l'intermédiaire du bus I<sup>2</sup>C. L'utilisateur peut composer lui-même [3] ces algorithmes à l'aide d'une variante particulière de l'assembleur (FV-1 Assembler), d'autant qu'un environnement de développement et des exemples divers sont librement disponibles au téléchargement.

« Voilà bien une puce insolite que je n'ai aucune chance de dénicher quelque part ! », c'est peut-être ce que vous pensez en ce moment. Et pourtant, il existe trois sources d'approvisionnement qui livrent aussi aux particuliers, à savoir le magasin en ligne de *Profusion PLC* en Angleterre [4], celui de *Small Bear Electronics* aux États-Unis [5] et celui de *Musikding* en Allemagne [6].

Au lieu de passer des mois à résoudre les problèmes de chronométrie de la DRAM, du réglage des registres spéciaux et ainsi de suite, nous accédons ici d'emblée à toutes les fonctionnalités d'un générateur d'effets livré sous la forme d'une puce unique. Comme interface avec l'humain, le constructeur a prévu un commutateur rotatif pour choisir les algorithmes d'effets et trois potentiomètres pour régler les paramètres des effets. Cependant, nous n'allons pas nous contenter de cette configuration basique !

### Le confort d'utilisation

Notre appareil à effets devrait présenter les fonctions de confort suivantes :

- écran LCD
- l'EEPROM dont nous avons parlé pour huit algorithmes d'effets supplémentaires
- un générateur de rampe pour les effets de début et de fin
- la mémorisation des réglages d'effets dans 64 « programmes » de présélection
- et naturellement une interface MIDI pour la fraction des musiciens survoltés du clavier (dont l'auteur fait partie) !

Sur cette base, c'est un microcontrôleur qui reprend chez nous les tâches dévolues au commutateur rotatif et aux trois potentiomètres. Sélectionner numériquement les algorithmes d'effets et générer les tensions

analogiques destinées aux réglages des effets, quoi de plus simple pour un contrôleur ? Le choix s'est porté sur un ATmega d'Atmel qui dispose d'une EEPROM intégrée, tout ce qu'il nous faut pour emmagasiner les réglages de présélection.

L'interface utilisateur avec écran LCD et clavier, nous l'avons disposée sur une platine dédiée, ce qui offre pas mal d'avantages. Si l'on veut incorporer notre boîte à effets dans un synthé existant ou dans un amplificateur, on peut alors aisément loger les organes de commande dans un boîtier particulier. La liaison s'opère à l'aide d'un cordon à trois conducteurs, nul besoin de « mutiler » la façade de l'appareil audio dont on dispose.

Voilà qui soulage la conception de la platine principale. Mais le clou de la réalisation, c'est de s'offrir les services d'un

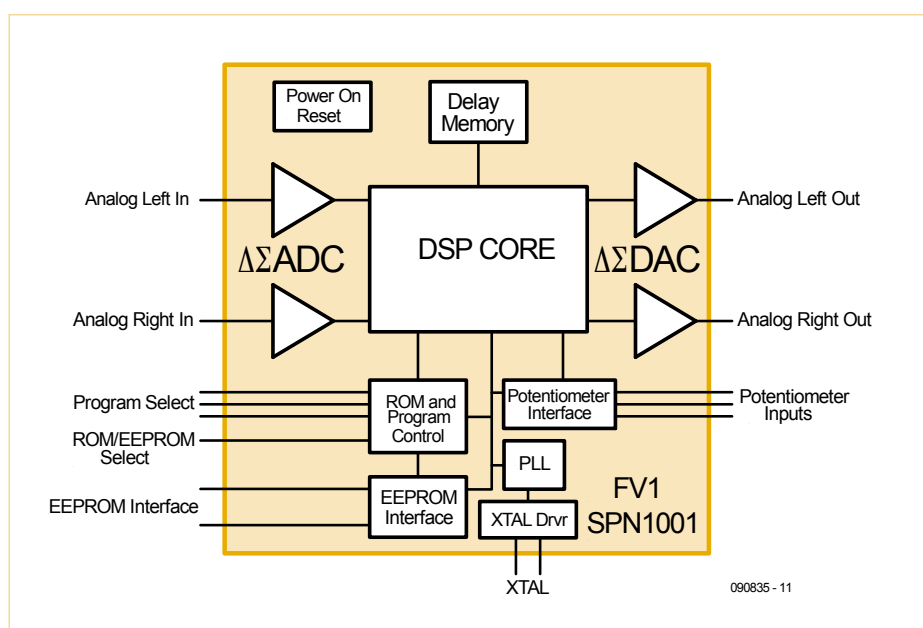


Figure 1. La puce FV-1 est un processeur d'effets audio à noyau DSP avec, entre autres composants, des convertisseurs A/N et N/A. Sept algorithmes d'effet sont déjà inscrits en ROM.

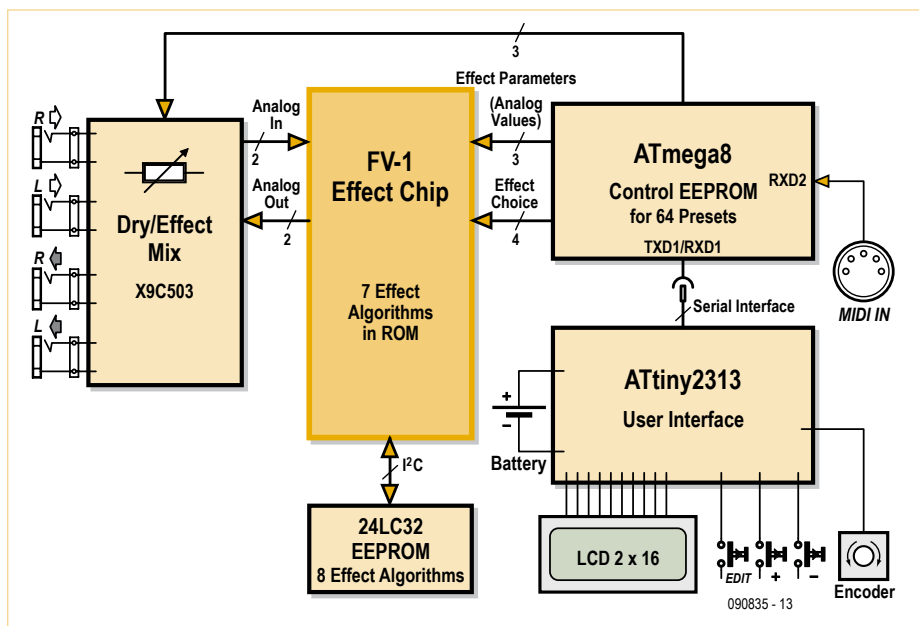


Figure 2. Un ATmega pilote la puce à effets par quatre lignes numériques et trois analogiques. L'interface utilisateur est dotée de son propre contrôleur.

ATtiny comme microcontrôleur distinct pour le terminal utilisateur. Comme il n'y avait plus de port disponible sur l'ATmega pour les organes de commande, l'auteur a, de la sorte, réussi à joindre l'utile à

l'agréable (mais on aurait tout aussi bien pu faire appel à une extension de port) ! L'ensemble du circuit reste ainsi d'une flexibilité maximale pour des modifications ou des extensions. D'ailleurs, celui

qui le souhaite peut également utiliser le terminal sur d'autres projets.

Dans le diagramme fonctionnel du montage, à la **figure 2**, on reconnaît entre autres l'EEPROM (IC1) pour les effets supplémentaires. La partie gauche du circuit opère le mélange du signal d'origine (Dry) avec le signal traité par le processeur d'effets. Le mixage Dry/Effect est effectué par deux potentiomètres numériques, sous l'emprise de l'ATmega, naturellement.

### Le circuit

Sachant cela, le schéma de la platine principale (**figure 3**) est facile à comprendre. Le signal audio sur les prises d'entrée rejoint, à travers des condensateurs de couplage, directement l'entrée de la puce FV-1 et en même temps des amplificateurs tampons (IC1A et IC1B) pour le mixage Dry/Effect. Les sorties de IC1A et IC1B sont alors dirigées vers les entrées des potentiomètres électroniques (X9C503). Sur l'autre extrémité de chacun de ces potentiomètres numériques, on trouve les signaux de sortie du processeur d'effets. Suit encore un amplificateur tampon avant que les signaux ne soient mis à disposition sur les prises de sortie.

Le câblage de la puce FV-1 correspond à celui proposé dans la feuille de caractéristiques du fabricant. Il importe que les condensateurs C3 (100 nF) et C17 (10 µF) soient installés le plus près possible des broches correspondantes du CI. La LED D2 « Clip » s'allume brièvement quand les convertisseurs A/N ou N/A sont (presque) surchargés [1]. Il est à noter à ce sujet que le DSP travaille sous une tension d'alimentation de 3,3 V.

La sélection de l'algorithme d'effet est opérée par quatre bits sur les broches T0 à S2. La ligne T0 détermine si c'est la gamme d'effets interne (fixés d'origine) ou externe (donc mémorisés dans le 24LC32) que l'on va utiliser. Les diodes D1 et D5 à D7, associées aux résistances R7 et R19 à R21, constituent des convertisseurs de niveau simples pour passer de 5 V à 3,3 V. Les diodes D9 et D10 sont prévues pour de futurs développements.

Pour chaque algorithme d'effet, on peut introduire des paramètres spécifiques sur les trois entrées analogiques POT0 à POT2. L'ATmega produit les tensions analogiques

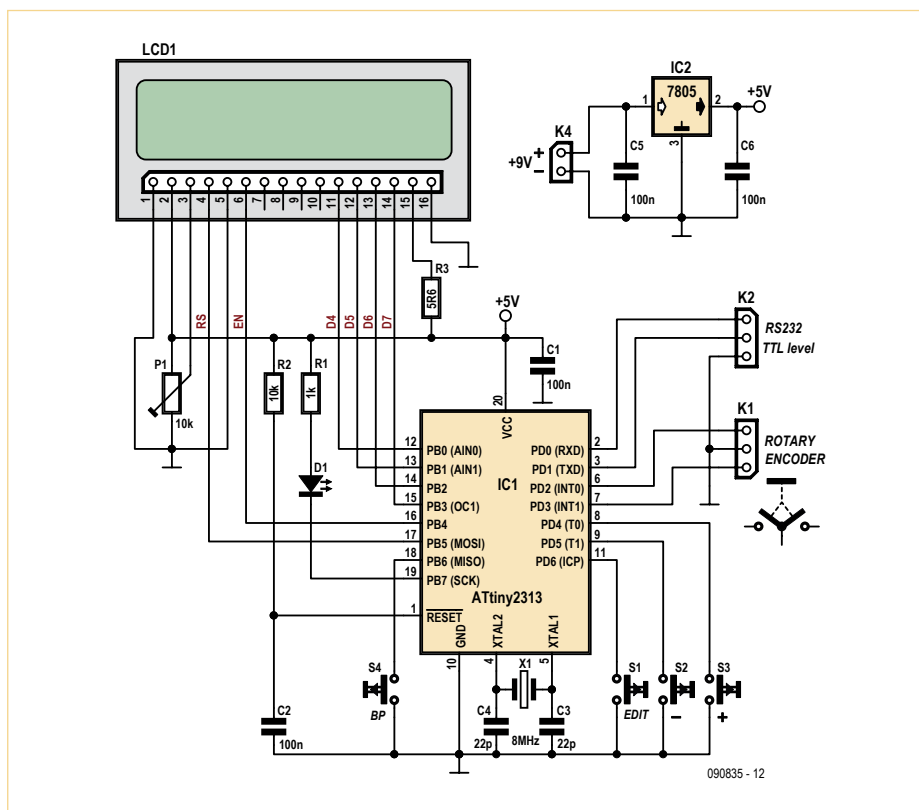


Figure 4. Le schéma de la partie de commande. Le LCD est en mode à 4 bits. K2 est relié à K3 de la platine principale.



pour POT0 à POT2 par l'intermédiaire d'une modulation en largeur d'impulsion. Pour ce faire, le signal de 5 V en MLI est d'abord ramené à 3,3 V par un diviseur de tension (p. ex. R9/R10) et passe ensuite dans un filtre passe-bas pour le transformer en tension continue.

Un programme *Preset* rassemble les types d'effet et le réglage de leurs paramètres ainsi que le réglage des mélangeurs Dry/Effect et les stocke dans la mémoire interne EEPROM de l'ATmega8. Les 512 octets permettent de sauvegarder exactement 64 programmes de préréglage. L'EEPROM externe IC5 contient encore huit autres programmes. Le cavalier JP2 sert de protection en écriture (broche 7 à Vcc = protection ; broche 7 à Vss = pas de protection en écriture) [7].

### Appel des programmes

Deux canaux sont prévus pour faire passer les commandes d'appel des programmes de présélection de l'ATmega :

1. l'interface série et le terminal utilisateur raccordé sur K3
2. l'interface Midi (K7).

L'interface MIDI à photocouleur répond à la norme. Signalons seulement que le photocouleur utilisé ici, le 6N139 est plus simple et moins cher que celui proposé par la spécification MIDI, le PC900. Les données MIDI sérieelles sont scrutées par l'entrée INTO à 31 250 bauds.

Le terminal utilisateur est branché sur la première interface série (Rx/TxD). Les diodes D3 et D4 permettent d'alimenter sur la même source la platine principale et celle de l'interface utilisateur. Le terminal peut être alimenté sur batterie, par exemple. Mais évidemment, il peut aussi bien s'alimenter depuis la platine principale.

Le circuit du terminal utilisateur ne comporte aucune particularité. L'écran LCD est commandé en mode à 4 bits. Quatre boutons-poussoirs et un encodeur rotatif forment les organes de saisie de l'interface utilisateur. Le codeur se branche sur K1, il convient de faire attention au brochage des composants lors du choix (cf. caractéristiques).

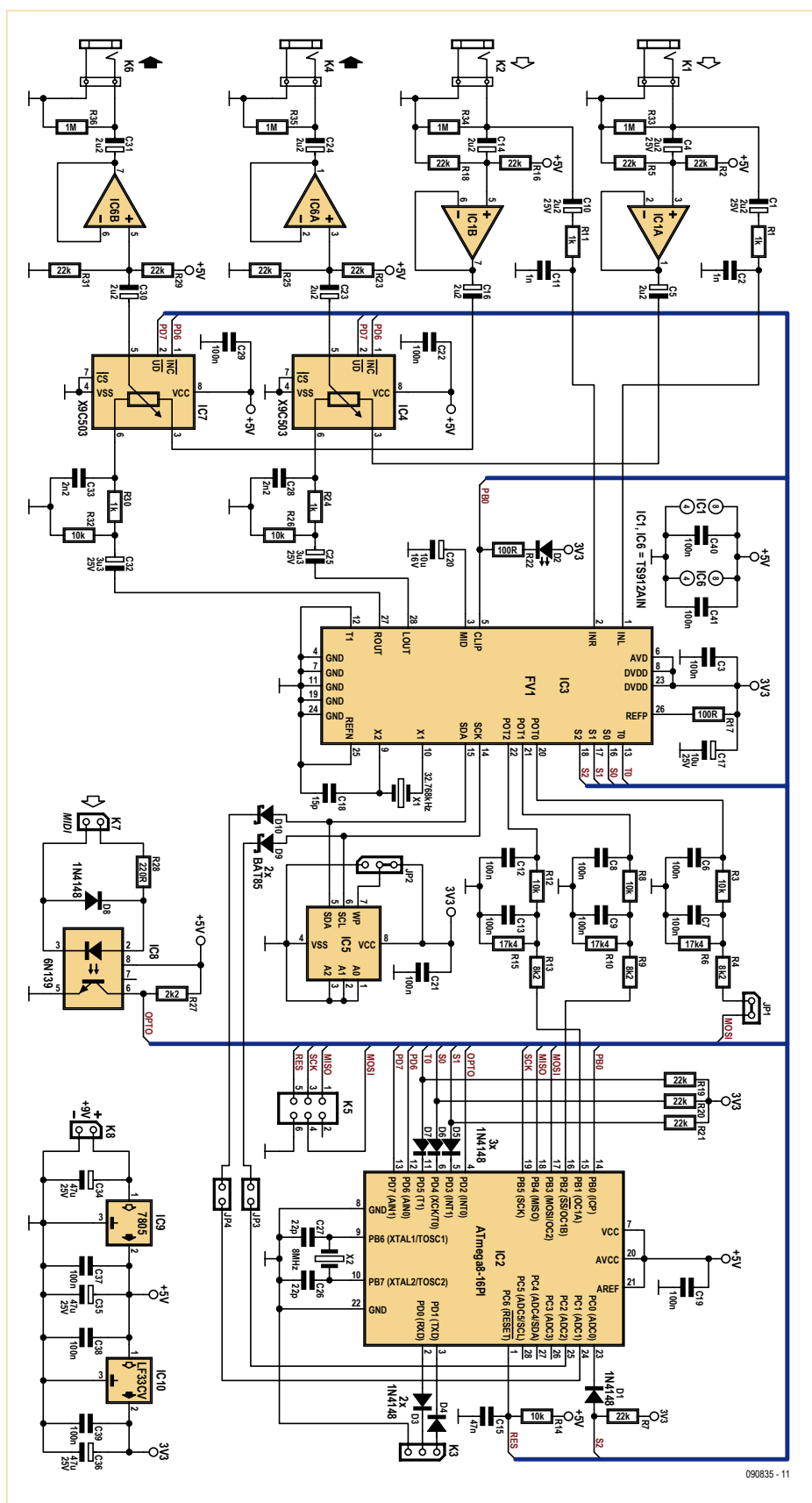


Figure 3. Dans le schéma de la platine principale, on reconnaît à gauche les amplificateurs tampons d'entrée et de sortie ainsi que les potentiomètres numériques pour le mélange Dry/Effect. Les trois réseaux condensateur et résistance, au centre, convertissent du 5 V sous MLI en un signal continu entre 0 et 3,3 V.

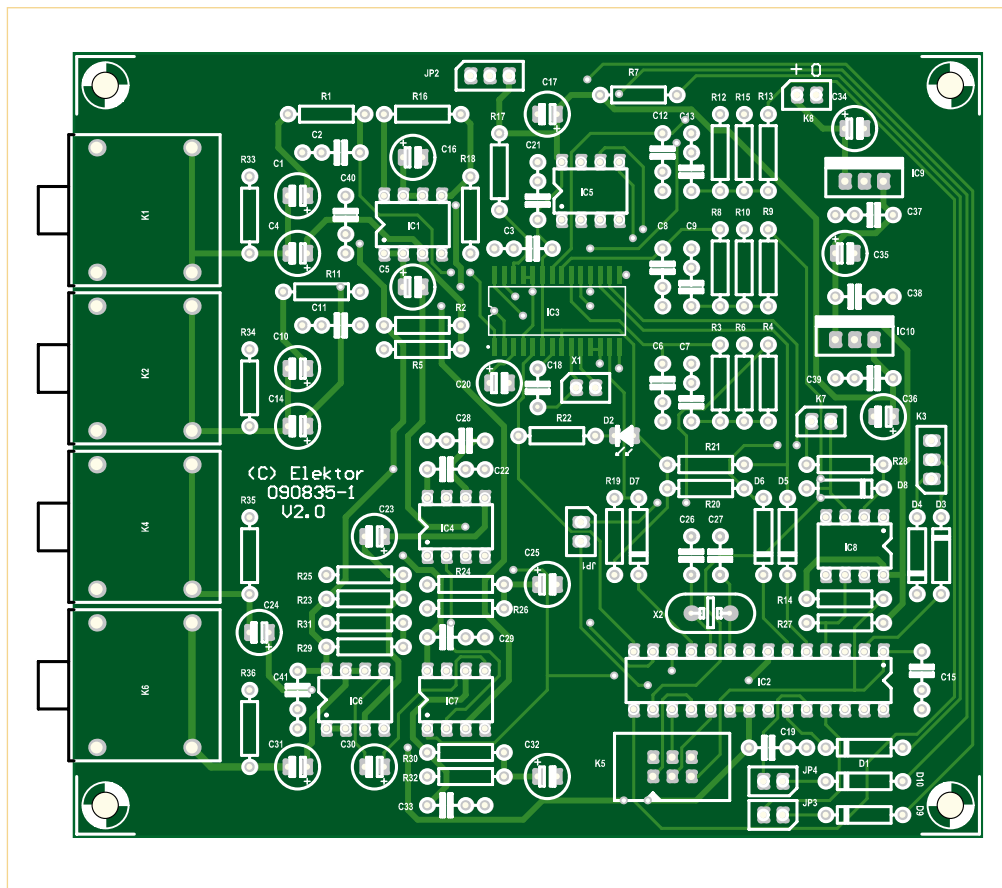


Figure 5. On voit ici la disposition des composants sur la platine principale.  
Le FV-1 est l'unique CMS.

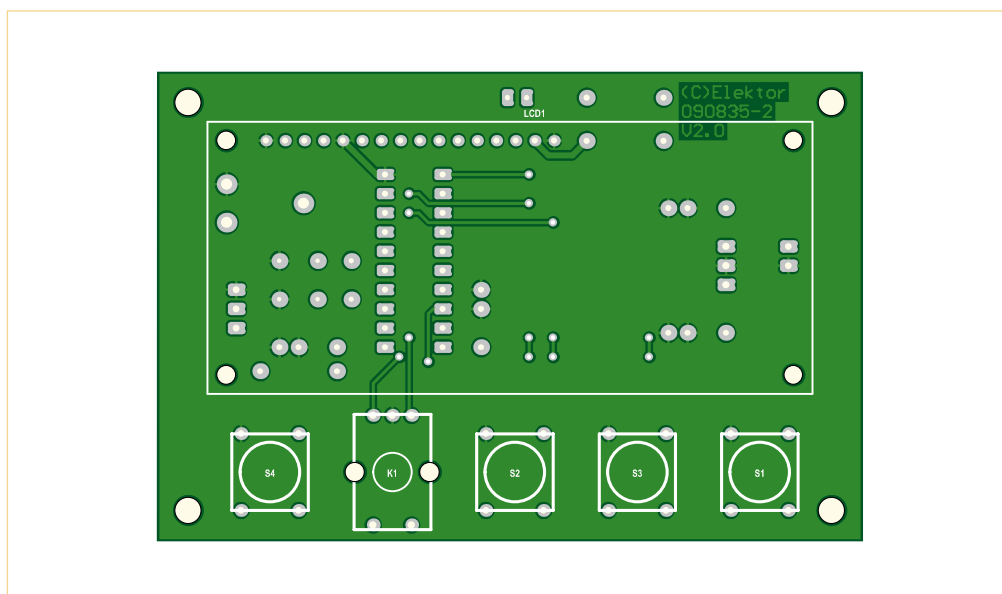


Figure 6. La platine du terminal utilisateur.

## Liste des composants

### de la platine principale

#### Résistances :

R1, R11, R24, R30 = 1 k $\Omega$   
 R2, R5, R7, R16, R18, R19, R20,  
 R21, R23, R25, R29, R31 = 22 k $\Omega$   
 R3, R8, R12, R14, R26, R32 =  
 10 k $\Omega$   
 R4, R9, R13 = 8,2 k $\Omega$   
 R6, R10, R15 = 17,4 k $\Omega$  (1 %, 250 mW)  
 R17, R22 = 100  $\Omega$   
 R27 = 2,2 k $\Omega$   
 R28 = 220  $\Omega$   
 R33, R34, R35, R36 = 1 M $\Omega$

#### Condensateurs :

C1, C4, C5, C10, C14, C16, C23,  
 C24, C30, C31 = 2,2  $\mu$ F / 16 V  
 C2, C11, C28, C33 = 1 nF / 400 V  
 C3, C6, C7, C8, C9, C12, C13, C19,  
 C21, C22, C29, C37, C38, C39,  
 C40, C41 = 100 nF (céramique)  
 C17, C20 = 10  $\mu$ F / 16 V  
 C15 = 47 nF  
 C18 = 1 nF (céramique)  
 C25, C32 = 3,3  $\mu$ F / 16V  
 C26, C27 = 22 pF  
 C34, C35, C36 = 47  $\mu$ F / 16 V

#### Semi-conducteurs :

D1, D3, D4, D5, D6, D7, D8 =  
 1N4148  
 D2 = LED 3 mm à faible courant  
 D9, D10 = BAT85  
 IC1, IC6 = TS912 double amplifica-  
 teur opérationnel (rail to rail, ST  
 Microelectronics TS912IN)  
 IC2 = ATmega8-16PU (disponible  
 programmé 090835-41 [8])  
 IC3 = SPN1001-FV1 Spin  
 Semiconductor  
 IC4, IC7 = X9C503 E-Potentio-  
 mètre (Xicor X9C503P, Farnell  
 179485)  
 IC5 = 24LC32 (Microchip 24LC32A-  
 I/P) (disponible programmé  
 090835-31 [8])  
 IC8 = 6N139 photocoupleur  
 (Vishay Semiconductor)  
 IC9 = 7805  
 IC10 = LF33CV (ST  
 Microelectronics)

#### Divers :

X1 = quartz 32,768 kHz  
 X2 = quartz 8 MHz  
 K1, K2, K4, K6 = borne à vis à 2  
 contacts pour circuit imprimé  
 K3 = embase à 3 contacts (au pas  
 de 2,54 mm)  
 K5 = embase à 2x3 contacts (au  
 pas de 2,54 mm)  
 K7, K8 = embase à 2 contacts (au  
 pas de 2,54 mm)  
 JP1, JP3, JP4 = embase à 2 contacts  
 (au pas de 2,54 mm) + cavalier

JP2 = embase à 3 contacts (au pas de 2,54 mm) + cavalier  
 Platine 090835-1 (disponible sur l'e-choppe [8])  
 ou  
 090835-71 kit avec tous les composants y compris les deux platines ainsi que l'EEPROM et microcontrôleurs programmés [8]

#### du terminal utilisateur

##### Résistances :

R1 = 1 k $\Omega$   
 R2 = 10 k $\Omega$   
 R3 = 5,6  $\Omega$

P1 = 10 k $\Omega$  d'ajustage

##### Condensateurs :

C1, C2, C5, C6 = 100 nF  
 C3, C4 = 22 pF

##### Semi-conducteurs :

D1 = LED 3 mm à faible courant  
 IC1 = ATtiny2313-20PU (disponible programmé 090835-42 [8])  
 IC2 = 7805

##### Divers :

X1 = quartz 8 MHz  
 K1 = codeur rotatif (Alps EC11E15204aE)

K2 = embase à 3 contacts (au pas de 2,54 mm)

K4 = embase à 2 contacts (au pas de 2,54 mm)

S1, S2, S3, S4 = bouton-poussoir (Multimec 3FTL6)

LCD1 = LCD 2x16 chiffres, Displaytech 162C  
 Platine 090835-2 (disponible à l'e-choppe [8])

ou  
 090835-71 kit avec tous les composants y compris les deux platines ainsi que l'EEPROM et microcontrôleurs programmés [8]

### Construction et programmation

Pour qui veut se faciliter la tâche de réaliser ce projet, Elektor propose une boîte de construction avec tous les composants, les platines, et même les contrôleurs et l'EEPROM programmés. Vous pouvez également commander au détail chaque platine (figures 5 et 6), les contrôleurs ou l'EEPROM déjà programmés [8].

Exception faite du FV-1, tous les composants sont à fils. Mais le processeur d'effets,

comme unique pièce en CMS, se soude encore aisément à la main, du fait que l'écartement des broches est de 1,27 mm. Si vous ne trouvez pas de résistance de 17,4 k $\Omega$  pour R6, R10 et R15, il vous suffira de monter en série une 15 k $\Omega$  et une 2,2 k $\Omega$ .

Vous trouverez sur le site Internet correspondant à cet article [8] les fichiers source et hexadécimal pour programmer le contrôleur ainsi que les fichiers hexa à transférer

dans les EEPROM externe et interne de l'ATmega. Le fichier EEPROM pour l'ATmega contient les valeurs d'initialisation de 63 programmes de présélection. Comme le fait de flasher l'ATmega efface l'EEPROM interne, celle-ci doit être programmée en dernier lieu !

Une carte de développement comme la STK500, par exemple, permet de flasher le contrôleur AVR, mais aussi d'écrire dans son EEPROM interne. Pour l'ATmega, il y a

Publicité

L'ORIGINAL DEPUIS 1994

# PCB-POOL®

Beta LAYOUT

Email: [sales@pcb-pool.com](mailto:sales@pcb-pool.com)  
 Appel Gratuit FR: 0800 90 33 30

### Spécialistes des circuits imprimés prototypes.

NOUVEAU

**Délai rapide 24h**

NOUVEAU

**Support d'épaisseur 1.0mm désormais disponible**

OFFERT

**Un pochoir pâte à braser CMS gratuit avec chaque commande "prototype"**

www.pcb-pool.com

### REFLOW-KIT®

Beta LAYOUT

**Désormais disponible:**  
Outils et accessoires pour le câblage des circuits imprimés CMS

www.reflow-kit.com

On accepte tous les formats suivants:



## Mode d'emploi

Il y a en tout 15 algorithmes d'effet (types d'effet) disponibles. Le nom de l'algorithme actuellement actif s'affiche à la première ligne de l'écran. Chaque algorithme d'effet a trois paramètres spécifiques d'effet. Ces réglages sont enregistrés ensemble dans un « programme » de présélection. Au total, on compte 64 emplacements de mémoire pour ces programmes.

En outre, dans chaque programme de présélection, la position du mélangeur Dry/Effect et la valeur à fournir au générateur de rampe sont mémorisées.

Dans le manuel qui fait partie du téléchargement [8] se trouve un tableau qui reprend tous les algorithmes d'effet et les paramètres prévus.

Au moment de la mise sous tension, le programme de présélection « 000 » se charge et s'affiche à la deuxième ligne de l'écran.

Avec les boutons « + » et « - », vous pouvez parcourir dans les deux sens la liste des programmes pour les appeler.

Le bouton Bypass (BP) vous permet de masquer totalement l'effet dans la ligne audio.

L'encodeur rotatif sert à modifier les valeurs des paramètres. Le paramètre actuellement choisi est repéré par un clignotement du curseur à l'écran. Tourner vers la droite fait augmenter la valeur du paramètre concerné ; vers la gauche, il la fait diminuer.

Le bouton Edit permet de sauter au paramètre suivant ou de le marquer. Une fois arrivé au dernier paramètre, le bouton ramène à la première page de l'affichage.

Pour enregistrer un programme de présélection, il faut d'abord appuyer sur « Edit » et le maintenir enfoncé. On pousse ensuite sur le bouton « + ».

Si vous ne voulez pas enregistrer le réglage, poussez simplement sur un des boutons « + » ou « - ». Toutes les modifications au programme effectuées jusque-là sont alors perdues.

Le manuel à télécharger comporte encore d'autres informations sur la commande via l'interface MIDI.



en plus le connecteur ISP (K5) par lequel on pourra aussi effectuer les mises à niveau ultérieures du micrologiciel. Pour flasher par l'ISP, il faut retirer le cavalier JP1. Avec l'EEPROM externe, il faut un programmeur d'EEPROM, mais ça marche aussi avec le logiciel PonyProg [9] et un peu de matériel supplémentaire. Le site de PonyProg décrit un circuit d'interface simple entre le port parallèle et le bus I<sup>2</sup>C que l'on peut monter facilement sur un morceau de platine à trous. Les AVR aussi, on peut les programmer à l'aide de ce logiciel recommandable.

Dans le fichier Zip, que vous pouvez naturellement télécharger gratuitement du site d'Elektor, est joint un fichier Readme qui vous aidera à classer les différents fichiers hex. Vous y trouverez aussi plusieurs copies d'écran qui indiquent le bon positionnement des fusibles de bits.

### Mise en service

La première mise sous tension du circuit se fait comme de coutume sans les puces. Elle permet de vérifier les tensions d'alimentation (5 V et 3,3 V) sur les supports de CI. On installe ensuite les puces (programmées) et pour finir on raccorde le terminal de service à la platine principale. Après la mise en marche, le texte de début devrait s'afficher sur le LCD. Appuyez alors sur le bouton Edit et vous entrerez dans la phase de réglage des premiers paramètres. Il n'y a pas encore de tension sur la broche POT0. Il convient de la régler avec le codeur rotatif entre 0 et 3,3 V. Il ne faut en aucun cas dépasser 3,5 V ! Lors de la mise en marche, la LED Clip (D2) doit s'allumer brièvement. Le circuit est maintenant prêt, vous pouvez lui appliquer un signal de ligne à l'entrée.

Dans la boîte, on trouve tout ce qu'il faut pour la manipulation. Une notice explicative

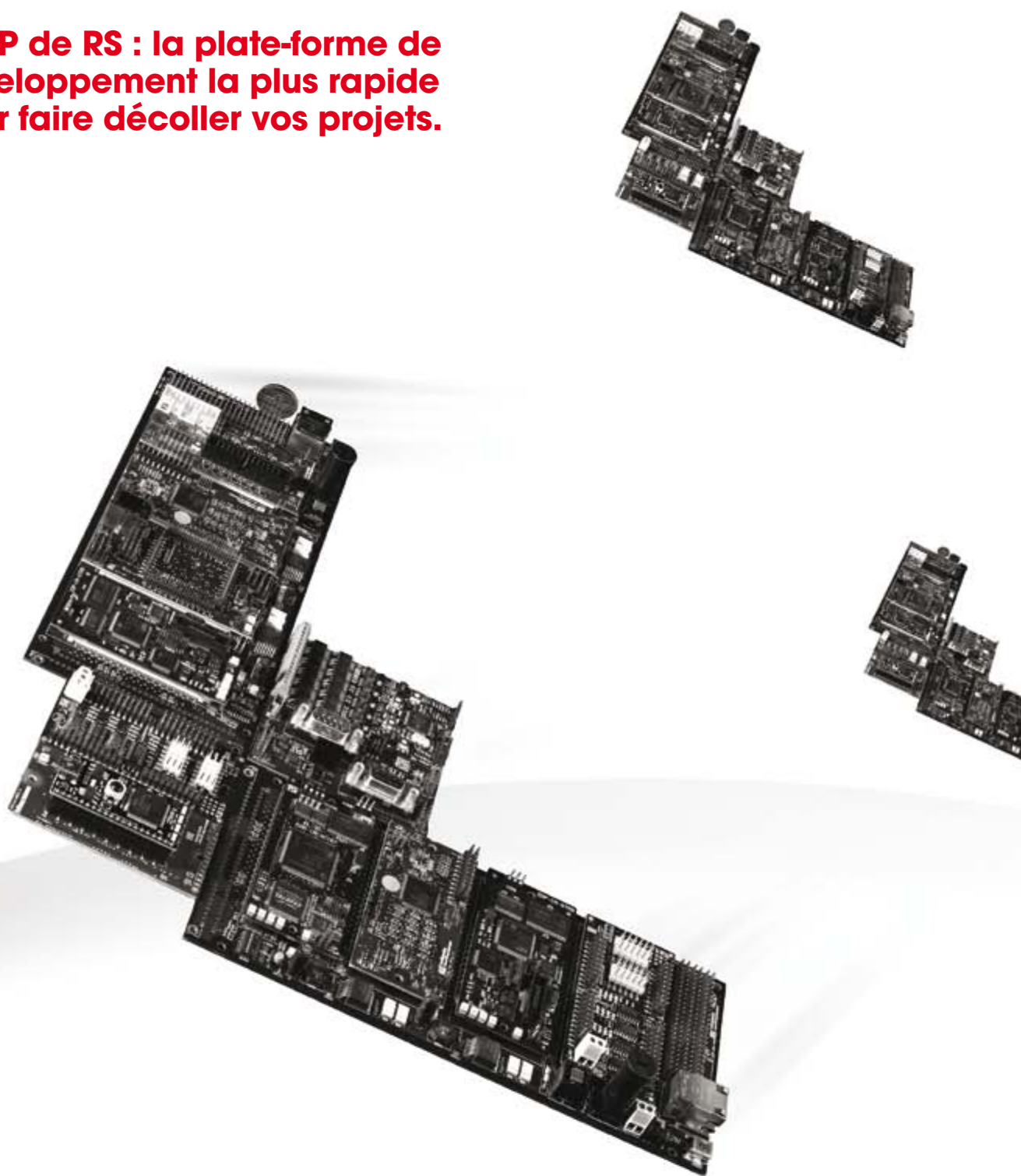
détaillée (en allemand) est également jointe au fichier téléchargé [8].

(090835-l)

### Liens Internet

- [1] [www.spinsemi.com/Products/datasheets/spn1001/FV-1.pdf](http://www.spinsemi.com/Products/datasheets/spn1001/FV-1.pdf)
- [2] [www.spinsemi.com](http://www.spinsemi.com)
- [3] [www.spinsemi.com/Products/datasheets/spn1001-dev/SPINasmUserManual.pdf](http://www.spinsemi.com/Products/datasheets/spn1001-dev/SPINasmUserManual.pdf)
- [4] [www.profusionplc.com](http://www.profusionplc.com)
- [5] [www.smallbearelec.com/home.html](http://www.smallbearelec.com/home.html)
- [6] [www.musikding.de/](http://www.musikding.de/)
- [7] [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21713g.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21713g.pdf)
- [8] [www.elektor.fr/090835](http://www.elektor.fr/090835)
- [9] [www.lancos.com/prog.html](http://www.lancos.com/prog.html)

**L'EDP de RS : la plate-forme de  
développement la plus rapide  
pour faire décoller vos projets.**



**PLATE-FORME DE  
DÉVELOPPEMENT  
INTÉGRÉE**

**[www.rswww.fr/edp](http://www.rswww.fr/edp) 0 825 034 034\***

\* 0,15 € TTC/mn



# miniDSP, premier contact

## Le tout numérique audiophile débarque !

Harry Baggen (Elektor Pays-Bas)

Il était temps ! La vie de l'électronicien audiophile a-t-elle changé depuis la commercialisation du Compact Disc en 1983 ? Qui peut se targuer d'avoir réalisé quelque chose de personnel, faisant appel à l'audio numérique ? En l'absence de plateforme DSP financièrement et techniquement abordable, les réalisations amateur sont restées massivement analogiques. Voilà qui va changer grâce à miniDSP, une platine audio-DSP configurable et paramétrable par l'utilisateur, dotée d'un puissant mode expert.

Le fait-le-toi-même est encore d'actualité dans le domaine de l'électronique audio. D'un côté, l'on trouve une communauté de passionnés réalisant des amplificateurs ou des baffles, analogiques. De l'autre côté, on trouve une communauté de passionnés qui ont mis au point différentes modifications censées améliorer le rendu des lecteurs de CD. Entre les deux, il manque un continent, celui qui donne accès au traitement numérique du son. Qu'il est loin le temps où Elektor proposait un CDROM d'initiation à la technique DSP ! Combien de passionnés ont-ils réussi à se faire la main sur l'un ou l'autre kit d'évaluation DSP ? Bien que les premiers kits d'évaluation DSP56K (Motorola) remontent à plus d'une décennie, bien peu d'applications DSP ont fleuri dans le monde des audiophiles. Ce qui n'a rien arrangé est la compétition qui est intervenue dans les années 1990, entre les systèmes DSP audio à virgule fixe (accumulation sur 56 bits), et les systèmes DSP audio à virgule flottante (accumulation sur 32 bits). Le fait que le PC désormais cadencé au-delà du GHz soit devenu une plateforme audio DSP 32 bits n'a pas arrangé les choses, en cannibalisant les applications qui faisaient appel à des processeurs dédiés. Les années passant, le traitement numérique du son est cependant devenu une commodité sur le marché de la grande consommation. Nous baignons dans l'audio numérique avec les correcteurs de tonalité numérique des minichaînes Hifi, les égaliseurs et renforceurs de basses des lecteurs MP3, l'un ou l'autre *plugin* pour Winamp et mille autres effets dans les consoles de mixage. Il a fallu des années pour qu'une application DSP percole dans le monde amateur. Il s'agit des filtres répartiteurs numériques pour haut-parleurs. Deux produits ont agi en éclaireurs : le bien connu Behringer DCX2496 et le moins connu Hypex AS2.100.

MiniDSP est une société basée à Hong Kong pour d'évidentes raisons de logistique et d'accès aux technologies. Les têtes pensantes de miniDSP ont senti que le moment était venu de présenter une plateforme DSP taillée pour les amateurs audiophiles. Il en résulte une série de kits versatiles et peu onéreux. Pour l'instant ni les amateurs ni les professionnels n'ont accumulé de la pratique en audio numérique. MiniDSP propose donc diverses applications qui nécessitent uniquement du paramétrage. Un tour sur diyAudio s'avère édifiant : la majorité des participants n'a aucune notion en

matière de DSP. Au moyen d'un PC momentanément connecté au kit, on définit le gabarit du filtre répartiteur agrémenté d'un éventuel retard pour l'alignement temporel. On arrive ainsi à une fonctionnalité digne d'un DCX2496, intégrable dans un baffle actif. Les choses évoluant décidément vites, miniDSP vient d'ajouter un puissant mode expert qui permet à l'utilisateur de rentrer ses propres coefficients IIR, autorisant de la sorte n'importe quel gabarit de filtre. Voilà qui assure l'avenir !

L'électronique est modulaire. Elle tient sur une série de platines mesurant 7,5 x 7,5 cm. Le module miniDSP comporte ainsi un

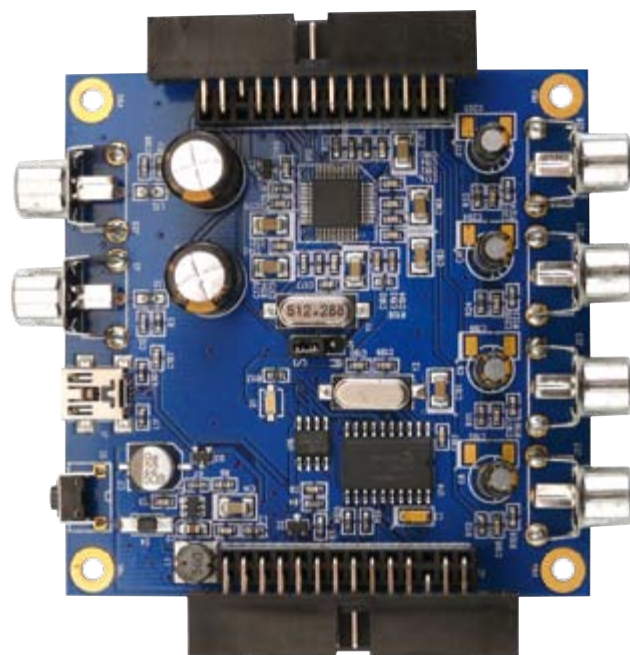
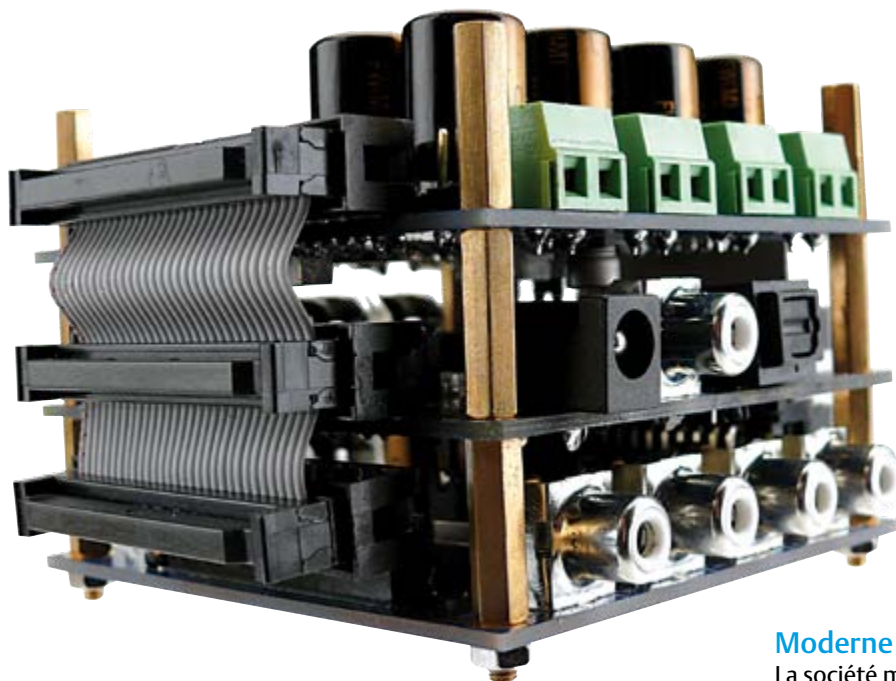


Figure 1. La platine miniDSP compte 2 entrées analogiques et 4 sorties analogiques





processeur DSP, les horloges, 2 convertisseurs A/D, 4 convertisseurs D/A, 2 connecteurs cinch-in et 4 connecteurs cinch-out. Déjà, tel module permet un filtre répartiteur stéréo 2 voies avec entrées et sorties analogiques. Pour éliminer la conversion A/D à l'entrée, il suffit d'ajouter le module miniDIGI qui fournit l'entrée S/PDIF. Pour passer à un filtrage stéréo 4 voies, il suffit de rajouter un deuxième module miniDSP. Il existe en outre le module miniAMP, une platine équipée de quatre amplificateurs en classe D à conversion directe, avec possibilité de montage en pont pour plus de puissance. Au rayon logiciel, pour l'instant nous trouvons trois grandes familles

d'applications : les égaliseurs (jusqu'à 31 bandes), les filtres répartiteurs 2 voies, et les filtres répartiteurs jusqu'à 4 voies. Vues du PC, toutes ces applications ont le même air de famille. Elles ont été écrites sous Adobe Air, ce qui laisse présager différentes évolutions intéressantes. Quelle que soit la complexité de l'application, l'utilisateur se contente de connecter miniDSP au PC, de télécharger l'application voulue sur le net, et de l'exécuter. L'application se charge de tout de façon transparente : saisie des paramètres, visualisation des courbes, transfert du logiciel DSP et des paramètres dans la platine miniDSP.

### Moderne et raffiné

La société miniDSP restant discrète quant aux composants utilisés (nous ne sommes pas dans un schéma open source), nous commencerons par passer en revue les composants les plus importants. Aucun doute possible, le processeur DSP est un ADAU1701 de Analog Devices (**figure 1**), une architecture à 28 bits à virgule fixe avec accumulation sur 56 bits. Les connaisseurs apprécieront. Fait remarquable, ce processeur DSP embarque 2 convertisseurs A/D et 4 convertisseurs D/A à 24 bits et à 192 kHz en technique sigma-delta. Le programme quant à lui est stocké en mémoire EEPROM série. Cette mémoire est lue au démarrage pour installer le programme dans la RAM du processeur DSP. On trouve un microcontrôleur PIC18F14K50 chargé de la communication USB avec le PC. Les

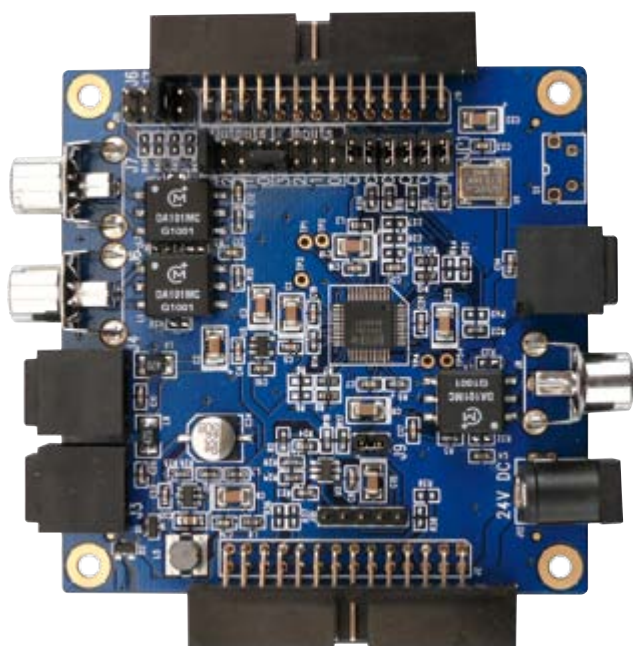


Figure 2. La platine miniDIGI agit en convertisseur de fréquence d'échantillonnage et compte trois entrées numériques et une sortie numérique

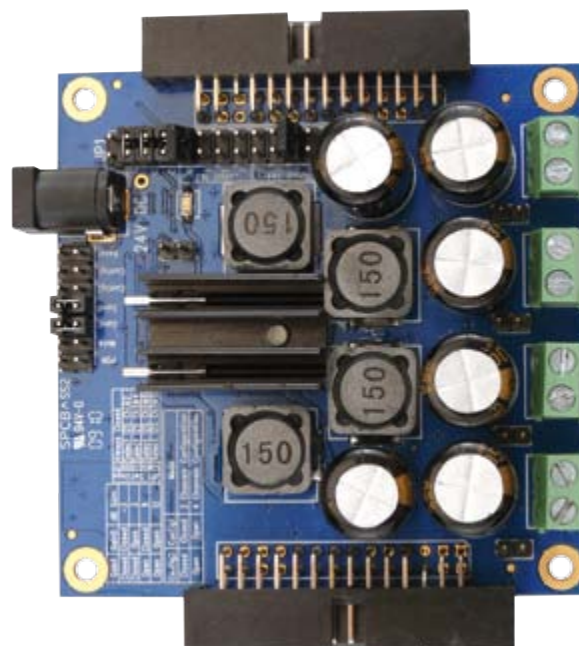


Figure 3. La platine miniAMP embarque quatre amplificateurs de puissance en classe D à conversion directe, pontable en 2 x 2 canaux sans condensateurs de liaison



Figure 4. Le synoptique tel qu'il apparaît sur le PC. Chaque bloc est configurable.



Figure 5. Dans le filtre répartiteur : la fréquence de coupure, le type de filtre et la pente sont ajustables. Possibilité de rajouter un passe-haut pour obtenir un passe-bande.

deux connecteurs cinch en entrée et les quatre connecteurs cinch en sortie permettent de raccorder les sources et les amplis de puissance. Les condensateurs de liaison semblent tenir la route, il s'agit de modèles audiophiles Nichicon. Le circuit imprimé comporte un connecteur d'expansion au cas où l'on voudrait exploiter un signal numérique en entrée (miniDIGI). Un deuxième connecteur d'expansion est prévu au cas où l'on désirerait coupler deux miniDSP ensemble, par exemple réaliser un filtre répartiteur stéréo à 4 voies. Noter qu'il est possible de connecter un potentiomètre qui permet un réglage de volume au sein du DSP.

La platine miniDIGI quant à elle fournit deux entrées coaxiales, deux entrées optiques, et une sortie optique. Deux versions existent, avec ou sans transfo d'isolation. Au cœur de miniDIGI (**figure 2**), nous trouvons le circuit SRC43821 de TI capable de prendre en charge n'importe quelle fréquence d'échantillonnage jusqu'à 216 kHz pour la convertir en 48 kHz qui est la fréquence d'échantillonnage de miniDSP. Certains regretteront la conversion 44,1 kHz vers 48 kHz lorsque c'est un CD audio qui fournit le signal, mais d'autres en revanche béniront ce reformatage qui élimine la gigue d'horloge, phénomène bien connu qui contamine l'exploitation directe des signaux S/PDIF. À l'aide de cavaliers, il est possible de définir lequel des 3 signaux d'entrée est exploité. La sortie optique quant à elle peut envoyer soit une paire stéréo présente en entrée, soit une paire stéréo traitée par miniDSP.

Pour ce qui est de miniAMP, nous avons constaté la présence d'un amplificateur TAS5704 de TI qui opère en classe D directement à partir du flux numérique à 48 kHz (**figure 3**). Chacun des 4 canaux sort une puissance de 10 W sur 4  $\Omega$ . En configuration en pont, la puissance passe à deux fois 20 W sur 8  $\Omega$ . Le refroidisseur adopte une petite taille du fait du rendement qui dépasse 90 %. En mode 4 canaux, des condensateurs de liaison en sortie sont obligatoires. Ce sont les gros Nichicon. En mode ponté 2 canaux, il est recommandé de court-circuiter ces derniers au moyen de cavaliers puisque chaque section est polarisée à une tension de sortie identique. En combinant un miniDIGI, un miniDSP et deux miniAMP, on

constitue un système audiophile 2 voies stéréo moderne et raffiné, capable d'exploiter une sortie S/PDIF à n'importe quelle fréquence d'échantillonnage. On éradique la gigue d'horloge, on constitue un filtre répartiteur numérique 2 voies stéréo, et on sort les 4 canaux en classe D pontée sans passer par les habituels D/A sigma-delta et sans traverser un seul condensateur de liaison. C'est du jamais vu, jamais entendu de mémoire d'Elektor. Pureté et simplicité. Sorte de classe A de l'ère numérique, dirions-nous. Vraiment novateur. L'alimentation, commune pour toutes les platines, peut consister en un bloc à découpage pour PC qui fournit 90 W sous 19 ou 24 V.

## Tests préliminaires

Autant le dire tout de suite, nous n'avons reçu qu'un miniDSP, un miniDIGI et un miniAMP. La version que nous avons reçue avait une sensibilité d'entrée de 2 V sur les prises cinch. Tous les circuits imprimés arrivent complets, montés et testés. Une attention toute particulière est requise pour positionner les différents cavaliers, surtout au niveau de miniDIGI. Le site web de miniDSP fournit une série d'exemples. Durant la période de test, nous avons noté que le site web de miniDSP évoluait encore, avec des explications plus précises en ce qui concerne le positionnement des cavaliers.

Pour les mesures, nous avons choisi un filtre répartiteur stéréo à 2 voies doté d'un égaliseur paramétrique. Ceci fait, nous avons connecté les sorties analogiques sur notre banc de mesure, un Audio Precision System II. De cette façon, il nous a été possible de vérifier les courbes des filtres, la distorsion et le rapport signal/bruit. L'alimentation quant à elle était au-dessus de tout soupçon : c'était une alimentation de laboratoire stabilisée à 24 V. Le premier test a consisté à charger l'application de filtrage, puis à régler tous les filtres à zéro pour obtenir une bande passante linéaire sans atténuation. Un signal numérique était injecté via miniDIGI. Sur les sorties cinch, la distorsion n'excédait pas 0,005 % à 1 kHz pour un signal proche de l'écrtage. En rentrant le signal sur les entrées cinch, la distorsion restait aussi basse et le rapport signal/bruit non pondéré s'établissait à 90 dB. Ces mesures sont conformes à la feuille de caractéristiques du ADAU1701 de Analog Devices.



Figure 6. Chaque égaliseur paramétrique est doté de 6 sections, chacune d'elles admettant un réglage de la fréquence centrale, de l'atténuation ou de l'amplification, et de la sélectivité.

Nous avons ensuite testé miniAMP. S'agissant d'un amplificateur en classe D, il est normal d'observer à sa sortie un résidu haute-fréquence, ici 400 kHz avec une amplitude d'environ 100 mV. La distorsion harmonique s'établissait à 0,07 % à 100 Hz et à 1 kHz pour une puissance de 1 W sur 8  $\Omega$ . Avec notre alimentation stabilisée de 24 V, la puissance pour une distorsion de 1 % s'établissait à 14,5 W sur 4  $\Omega$  et 8 W sur 8  $\Omega$  sur chacun des 4 canaux. Nous n'avons pas relevé la distorsion en mode ponté. En mode ponté, la puissance devrait atteindre deux fois 20 W sur 8  $\Omega$ , conformément à ce que miniDSP annonce.

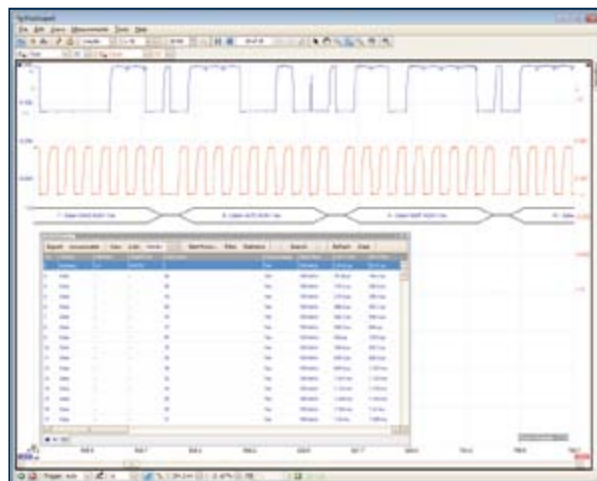
### Mise en oeuvre

Avec le matériel qui nous est parvenu, il nous était possible de réaliser un filtre numérique stéréo à 2 voies. Nous avons commencé par télécharger l'exécutable Adobe Air sur le site d'Adobe. Ensuite, nous avons téléchargé le plug-in de filtrage à 2 voies sur le site de miniDSP. L'installation de ce plug-in se déroule alors sans histoire. Vient le moment de connecter miniDSP à l'aide d'un cordon USB. On lance le plug-in de filtrage sur le PC. On obtient un onglet « Audio Settings » qui contient un diagramme. C'est le schéma-bloc de l'application DSP. L'autre onglet, intitulé « System Settings » définit le type d'entrée (prises cinch analogiques, ou signal digital issu de miniDIGI), l'utilisation éventuelle d'un potentiomètre du volume, et la sauvegarde ou la restauration de la configuration (au format XML). Une touche permet de revenir à la configuration par défaut. Un troisième onglet est présent, qui mène directement au site miniDSP. Utile pour glaner des informations et se tenir à jour. Cette organisation générale vaut pour tous les plug-ins. Concentrons-nous sur l'onglet « Audio Settings » de notre plug-in, le filtre numérique stéréo à 2 voies. Le schéma-bloc commence par un bloc d'atténuation, réglable. L'on trouve à sa suite un égaliseur paramétrique doté de six sections. Voilà de quoi effectuer une correction globale avant filtrage. L'on entre ensuite dans le vif du sujet, le filtre répartiteur à 2 voies. Pour chaque haut-parleur, on peut y choisir la fréquence de coupure, le type de filtre et sa pente (Bessel, Linkwitz-Riley en 12, 24 et 48 dB/oct ou Butterworth de 6 à 48 dB/oct). On peut rajouter un passe-haut à la section passe-bas,



# L'EXPERTISE ABORDABLE

LES OSCILLOSCOPES PC DE PICO TECHNOLOGY



**BANDE PASSANTE**  
20 MHz À 12 GHz



**FRÉQUENCES D'ÉCHANTILLONNAGE**  
50 MS/s À 5 GS/s



**MÉMOIRE**  
8 KÉCH À 1 GÉCH

**RÉSOLUTION**  
8 À 16 BITS

**PRIX**  
150 € to 9060 €

Fonctions récemment ajoutées : I<sup>2</sup>C & décodage bus CAN, vérification de limites de masque, déclenchement avancé, filtrage passe-bas numérique, déclenchement rapide

[www.picoauto.com/scope2017](http://www.picoauto.com/scope2017)



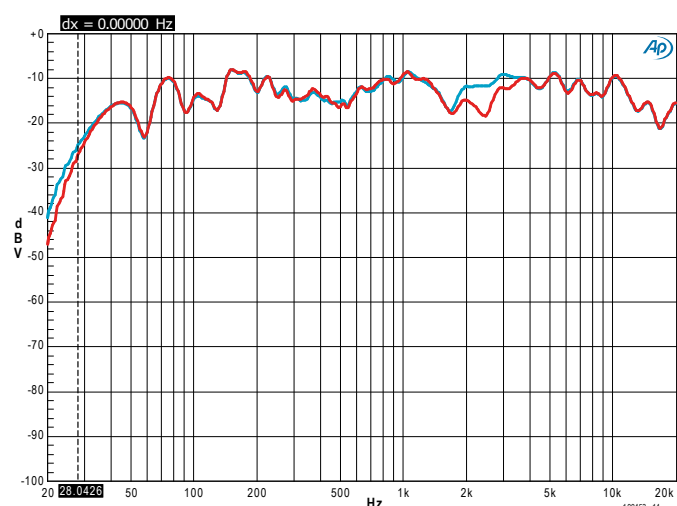


Figure 7. Mesure MLS qui met en évidence l'importance d'aligner les transducteurs sur le plan temporel au moyen d'une ligne à retard numérique. En rouge : pas d'alignement temporel. En bleu : alignement temporel obtenu à l'aide d'un retard de 0,2 ms qui correspond à environ 7 cm.

soit pour protéger le woofer contre des subsoniques, soit pour venir raccorder notre système à 2 voies à un subwoofer. Une seule platine miniDSP peut ainsi gérer une configuration stéréo à 3 voies basée sur des subwoofers actifs. La correction que miniDSP effectue va très loin puisque chaque voie peut ensuite être dotée de son propre égaliseur paramétrique sur 6 sections. L'on peut ainsi corriger n'importe quelle résonance de n'importe quel transducteur, encore faut-il se méfier des rotations de phase que ces corrections introduisent. C'est là que le mode expert peut se révéler utile. En fin de traitement, on trouve un atténuateur et une ligne de délai par haut-parleur. Ceci permet l'alignement temporel des sources, une chose rarement respectée, mais qui s'avère toujours nécessaire pour minimiser la complexité du filtrage.

Lorsque tout le schéma-bloc est ainsi défini par l'utilisateur, il suffit de procéder à l'envoi du programme vers miniDSP, au moyen du bouton vert « synchronise » sur l'écran du PC. Les données cheminent alors le long du câble USB, le système se connecte sur le site miniDSP pour télécharger une éventuelle mise à jour du firmware, la mémoire EEPROM est écrite, et miniDSP se met à exécuter le schéma-bloc. Dans la version du plug-in que nous avons utilisée, le bouton vert « synchronise » ayant disparu après la première synchronisation, nous avons mis un certain temps à comprendre qu'en réalité, une fois cette procédure engagée, c'est toute la session qui bénéficie de la synchronisation. Il suffit de changer quelque chose dans le schéma-bloc, et la synchronisation se fait de façon transparente. Quelle facilité lorsqu'on change tel et tel paramètre : le résultat est immédiat ! Nous avons été impressionnés de voir comment la courbe de réponse globale changeait en modifiant le paramètre de délai du tweeter (figure 7). Compte tenu de la synchronisation permanente, on peut quitter l'application PC dès que tous les paramètres ont été correctement définis.

## Bilan

MiniDSP permet la réalisation d'un système audiophile « tout numérique » lorsqu'encadré par miniDIGI et miniAMP. Le fait de bénéficier

d'un filtrage optionnel passe-haut permet de venir se raccorder sur un subwoofer actif existant pour constituer un système stéréo 3 voies. Le mode expert permet de rentrer ses propres coefficients au niveau des filtres IIR, pour un meilleur contrôle de la phase.

Toutes les qualités de miniDSP sont évidentes parce que nous disposons des connaissances et des appareils de mesure qui permettent d'ajuster au mieux les nombreux paramètres que miniDSP gère. Pour exploiter au mieux miniDSP, il convient dès lors d'avoir un minimum de connaissances en ce qui concerne la technique de filtrage des haut-parleurs. Pour optimiser l'ensemble, il convient de s'équiper d'un système de mesure utilisant le sous-système audio du PC. Il existe depuis quelques années différents sharewares capables de mesurer une courbe de réponse, en mode balayage, FFT ou MLS. Pour s'initier à miniDSP, il suffit de commander la platine de base qui revient à 99 \$ et qui contient le DSP et les convertisseurs A/D et D/A, puis d'y télécharger un plug-in de filtrage qui revient à 10 \$. Il n'y a pour l'instant pas de meilleur ticket d'entrée dans le monde de l'audio numérique. En dépensant un peu plus, il est possible d'évoluer vers le « tout numérique » grâce à miniDIGI et à miniAMP.

Concernant la platine miniDSP, il est probable que la communauté audiophile ait un doute par rapport aux convertisseurs A/D et D/A sigma-delta présents dans le ADAU1701 de Analog Devices, ceux-ci n'ayant pas encore fait l'objet de tests subjectifs approfondis.

Concernant la platine miniDIGI, il est probable que la communauté audiophile émette des réserves à-propos de la conversion directe en classe D du TAS5704 de TI, le souci étant l'absence de contrôle de volume et donc, à bas volume, une réduction de la dynamique si l'on se contente d'appliquer une division numérique en amont.

Concernant la platine miniDIGI, la polémique ayant trait à l'exploitation d'un signal S/PDIF fait toujours rage dans la communauté audiophile, et il serait intéressant de savoir si celle-ci considère le circuit SRC43821 de TI, tel que mis en œuvre par miniDSP, comme un rempart de qualité contre la gigue de phase au niveau des horloges, avec une absence d'artefact malgré la conversion 44,1 kHz vers 48 kHz.

Quoi qu'il en soit, l'avenir de miniDSP est déjà assuré dans la mesure où les ports I2S de la puce DSP sont bien documentés, qui permettent de venir y connecter des convertisseurs A/D et D/A externes, en ceci compris d'éventuels amplis de puissance à conversion directe en classe D.

(100453, trad. Cnockaert)

## Lien Internet

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

miniDSP, rev A (sensibilité 0,9 V) ou rev B (sensibilité 2,0 V) : 99 \$

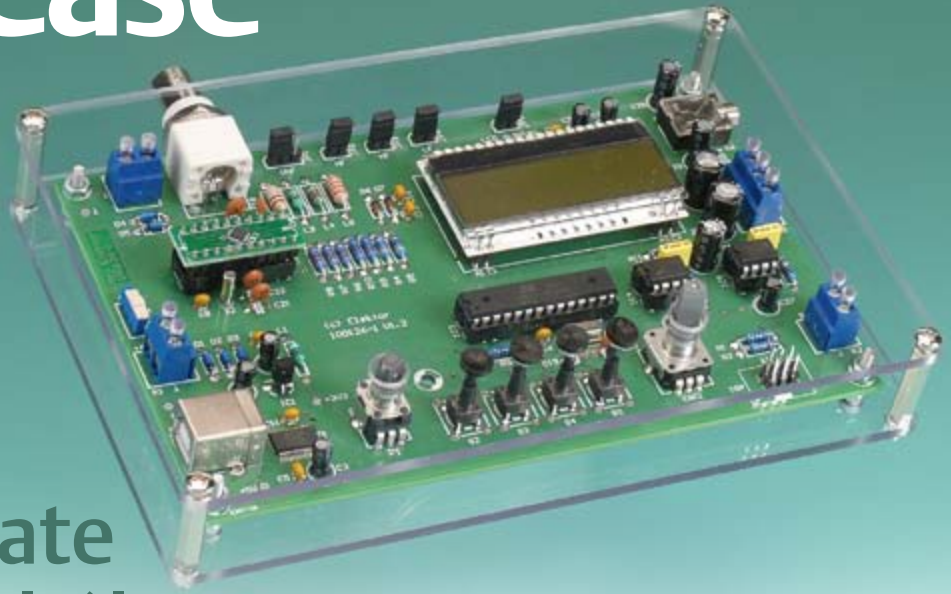
minDIGI rev A (sans transfo d'isolation sur S/PDIF) : 55 \$

minDIGI rev A (avec transfo d'isolation sur S/PDIF) : 60 \$

miniAMP : 60 \$

Audio plug-ins : 10 \$ l'unité

# ProjectCase



## le polycarbonate met en valeur l'électronique

Habiller de façon attractive un projet électronique ? Cette difficulté ne date pas d'hier. À tous les coups, même aujourd'hui, on est forcé de se rabattre sur un coffret grisâtre, légèrement triste, que l'on doit charcuter à gauche et à droite. C'est le royaume de l'approximation. La finition déçoit et il y a de quoi être d'autant plus déçu que l'on a passé du temps à soigner la disposition des composants, les soudures et le câblage.

C'est là qu'intervient Peter Groen, un des fondateurs de FabLab à Groningen aux Pays-Bas. FabLab est un atelier d'art contemporain vivant, hébergé au bien connu « Paleis » à Groningen. Vivant, car il met divers outils de pointe à la disposition des créateurs qui le fréquentent, notamment une imprimante 3D et une perceuse-fraiseuse CNC.

Peter Groen a choisi le polycarbonate transparent comme matière première. Il a tenu compte des autres facteurs comme le câblage, la connectique et la nécessité d'un

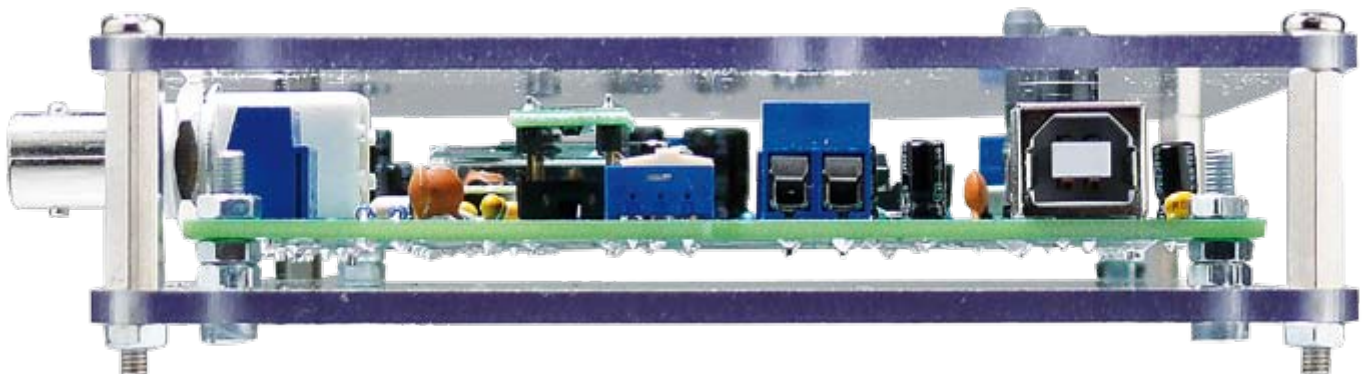
éventuel afficheur assorti d'éventuels commutateurs et potentiomètres. Sans oublier des pieds antidérapants par dessous. Pour se faire la main, en partant d'une feuille blanche, il a déjà conçu un coffret spécifique pour la radio DSP Elektor.

Afin de faire profiter de cette technique le plus grand nombre d'amateurs, Peter Groen en a dérivé un modèle de boîtier standard capable d'abriter un PCB au format Eurocard. Les panneaux mesurent 175 x 115 x 3 mm. Les entretoises sont

livrées. Les panneaux en polycarbonate transparent sont revêtus d'une feuille de protection qu'il convient d'enlever seulement après avoir pratiqué les diverses ouvertures.

Le ProjectCase Eurocard est commercialisé sur l'e-choppe Elektor au prix de 17,80 € hors frais d'expédition. Dernier avantage qui n'est pas le moindre, Elektor le conditionne dans une enveloppe plate renforcée qui permet d'économiser sur les frais postaux.

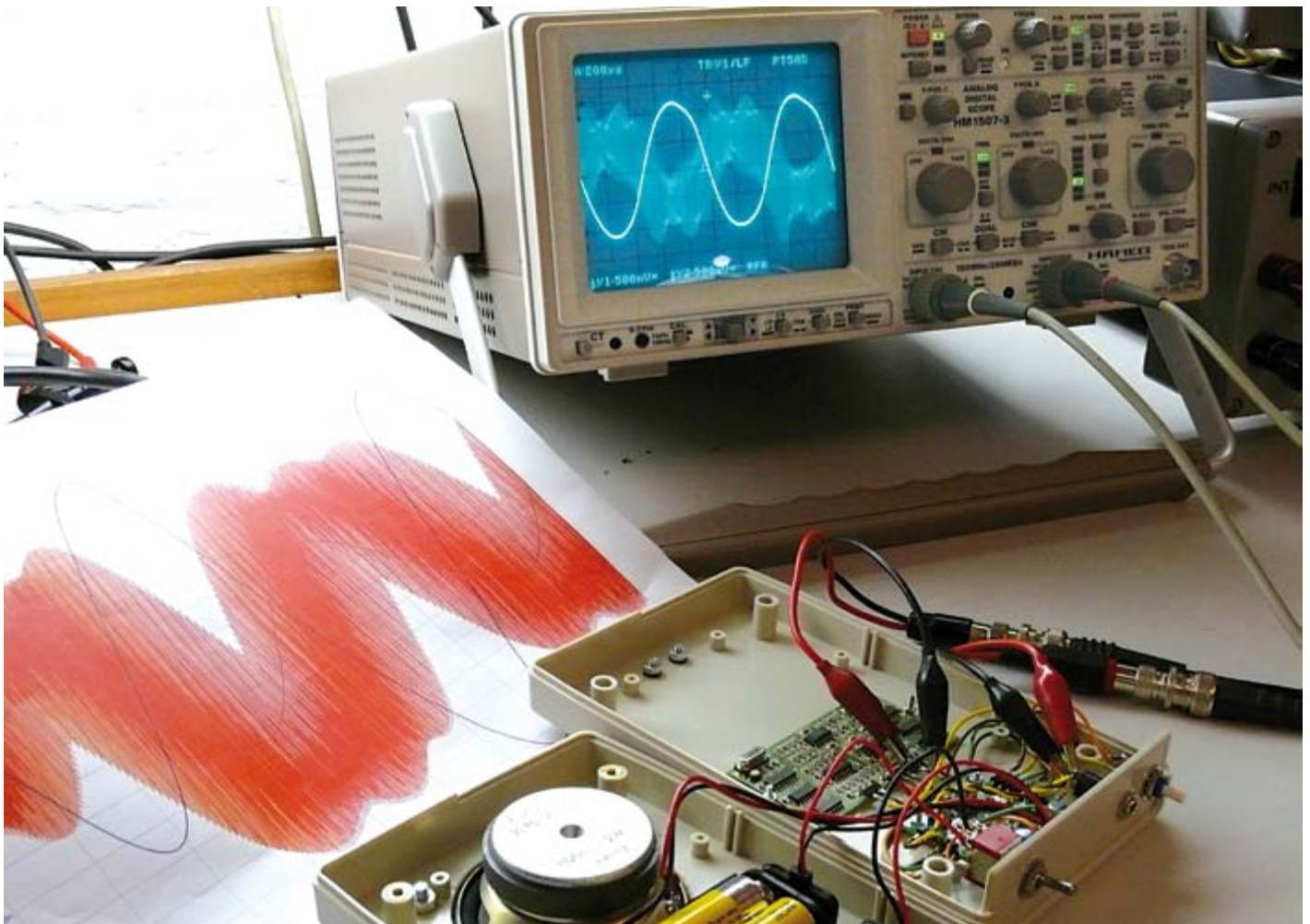
(100500, trad. Cnockaert)



# Mesure virtuelle et prévisions

Thijs Beckers (Rédaction Pays-Bas)

Comme électronicien, vous savez pertinemment bien à quel point la conception d'un circuit peut se révéler compliquée. Mais à présent, on peut faire appel à un logiciel d'ordinateur pour savoir d'avance si le projet fait bien ce qu'on lui demande. À moins que ? Nous avons mis côte à côte les résultats des mesures effectuées sur le matériel du prototype construit et les données issues de la simulation sur un logiciel bien connu. Nous en tirons ici les conclusions.



De nos jours, la conception en électronique se fait sur PC. Tout est virtuel, depuis le dessin du schéma jusqu'au tracé des pistes, en passant par la simulation du fonctionnement du circuit. Le développeur fait confiance en grande partie aux résultats

de la simulation. En grande partie, oui, mais presque toujours, il construit quand même un prototype (matériel) pour confirmer le bon fonctionnement du circuit. En réalité, quelle est la qualité de la simulation ? Nous l'avons expérimentée avec le

Proteus de Labcenter Electronics [1], une suite logicielle renommée pour le dessin des schémas, le tracé des pistes, mais aussi la simulation.

Pour réaliser une simulation, nous avons choisi le schéma du changeur de fréquence



# Peut-on se fier à une simulation de circuit ?

dans la sono de poche à atténuateur de rétroaction (Larsen), le projet paru dans le numéro de février dernier d'Elektor. C'est un schéma qui contient des composants analogiques autant que numériques, un défi à relever pour une simulation, d'autant qu'on y trouve de hautes fréquences de commutation et des décalages de phase. Nous avons sélectionné quelques points intéressants du circuit pour y observer les formes d'ondes ; ils sont repérés sur le schéma de la page suivante par A t/m F. Le plus attrayant, c'est bien sûr le signal de sortie (F), mais les concepteurs aiment aussi savoir ce qui se passe en d'autres points du montage, question de se convaincre que le circuit se comporte exactement comme prévu.

## CAD

Pour la simulation du circuit, nous employons donc la suite logicielle Proteus 7 Professional de Labcenter Electronics. Elle contient en fait deux programmes : ISIS et ARES. ISIS nous permet de dessiner le schéma et de faire tourner des simulations, tandis qu'ARES est destiné au tracé des platines imprimées. Ce dernier ne nous intéresse pas dans le cadre de cet article-ci.

La suite de développement Proteus est spécialisée dans la simulation de systèmes enfouis et offre la possibilité de simuler le code du microcontrôleur dans un environnement SPICE en mode mixte. Proteus appelle cela VSM, Virtual System Modeling. Mais il marche aussi avec des modèles SPICE ordinaires. Ici, avec notre système de décalage de fréquence, nous ne demandons pas tellement de choses différentes au logiciel de simulation, mais ses possibilités étendues, nombreux sont ceux qui les apprécieront.

Avant de pouvoir réaliser une simulation, il nous faut introduire le schéma en ISIS. Autant dire que, malheureusement, force sera de redessiner une nouvelle fois tout le schéma. Les différents programmes de dessin assisté par ordinateur du commerce exploitent chacun leur propre format et ne sont généralement pas en mesure d'en importer d'autres pour les exécuter.

À partir du moment où le schéma est complètement dessiné, nous pouvons y larguer

à qui mieux mieux des sondes et appareils de mesure. On peut théoriquement placer en chaque point du schéma l'arsenal intégral des appareils de mesure, mais naturellement, nous n'en avons pas besoin. Ce n'est qu'aux points vraiment intéressants que nous avons attaché des sondes de manière à visualiser le signal à ces endroits précis.

## Simulation

Les sondes installées, nous allons choisir quelques instruments de mesure virtuels, dans ce cas-ci, trois oscilloscopes et un analyseur FFT (transformation de Fourier rapide). Après avoir indiqué de quelle sonde nous voulons observer le signal, nous lançons la simulation SPICE en plaçant le pointeur de souris dessus, puis en appuyant sur la barre d'espacement. Quelques instants plus tard (selon la puissance de calcul du PC), la tension simulée apparaît à l'écran.

## Détails intéressants

D'autre part, nous avons choisi comme modèle d'amplificateur opérationnel le type « idéal », ce qui permet de ramener d'une centaine à douze le nombre de nœuds nécessaires pour décrire un de ces amplis. De quoi accélérer considérablement la simulation, tout en offrant encore une excellente précision dans la présente application.

Nous avons aussi désactivé la simulation du générateur d'horloge à quartz au niveau composant. Le modèle SPICE du 4060 dispose d'un paramètre (*clock*) pour régler la fréquence de travail de la puce sans se préoccuper du signal d'horloge présent à l'entrée. Nous aurions aussi aimé remplacer le 4060 et les bascules 74HC74 par un générateur d'impulsions pour les commutations nécessaires, mais cela nous aurait trop éloignés du circuit originel.

Des subtilités de ce genre sont très utiles pour obtenir vite de bons résultats. C'est pourquoi il importe de connaître les possibilités de simulation disponibles et savoir quels réglages donnent les meilleurs résultats. Pour les trucs et ficelles, il y a normalement le manuel d'utilisation, la division de soutien technique, sans oublier les différents forums sur lesquels poser ses questions.

## Résultats

Les résultats détaillés de la simulation, vous les trouverez dans le tableau de la page suivante. Nous avons été agréablement surpris par l'excellence de ces résultats. Les valeurs mesurées et celles qui ont été simulées concordent presque parfaitement. Les mesures pratiques s'écartent vraiment très peu des valeurs idéales simulées. Et encore, la cause doit être recherchée dans les tolérances sur les composants utilisés. Entre différents convertisseurs de fréquence construits, les divergences étaient non seulement mesurables, elles étaient également audibles. Certains sonnaient nettement mieux que d'autres.

Donc, chapeau bas envers Proteus, qui, à nos yeux, a réussi le « test » haut la main. Et ce n'est pas uniquement en fonction du produit final (le signal au point F) qui est étonnamment correct, car sur tous les points intermédiaires aussi, où l'on observait des formes d'ondes « étranges », la correspondance était parfaite avec les signaux mesurés. Rien à redire.

## À faire soi-même

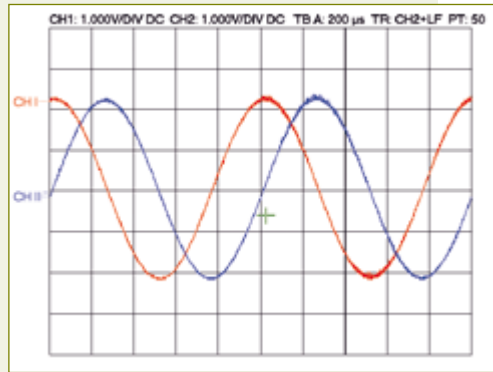
Sur la page Internet réservée à cet article [2], nous avons déposé le schéma dessiné sous ISIS avec les appareils de mesure virtuels, le tout prêt au téléchargement. Il existe aussi une version de démonstration de Proteus 7 Professional à télécharger, de quoi vous permette de vérifier par vous-même les résultats et d'effectuer encore d'autres simulations. La version démo de Proteus ne vous permet pas d'enregistrer ni d'imprimer votre travail et il n'est pas possible non plus de développer vos projets personnels à microcontrôleurs. Mais vous pouvez adapter les programmes (d'exemple) développés sur les microcontrôleurs.

Essayez par exemple de réaliser une simulation de 20 ms ou plus dans laquelle le signal d'entrée et le signal de sortie inversé seront rendus sous forme graphique. Vous verrez que les signaux diffèrent quelque peu en fréquence et que l'un des deux « rattrape » l'autre (d'un double clic sur le titre de l'image d'oscilloscope, on ouvre une autre fenêtre pour le graphique).

(100359)

## Matériel contre logiciel

Dans la page de gauche se trouvent les résultats des mesures réalisées sur le circuit matériel, tandis que dans la page de droite on voit les sorties de simulation à la file. Nous avons indiqué un certain nombre de points (A t/m F) sur lesquels il nous a semblé intéressant d'effectuer des mesures et des vérifications en simulation. C'est ainsi que les signaux en A et en B devraient être déphasés de 90 degrés

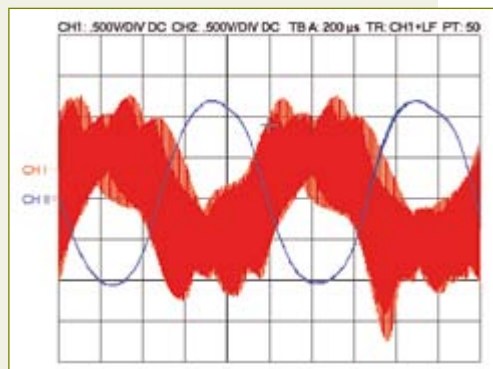


### [1] Signal en A et en B

Les signaux en ces points doivent être semblables au signal d'entrée à la différence près qu'ils ont chacun subi une rotation de phase pour les amener à un décalage de 90 degrés l'un par rapport à l'autre. Autrement dit, quand la tension d'un signal passe par zéro, celle de l'autre est maximale ou minimale, selon l'alternance. À la mesure, cela se vérifie raisonnablement ; on n'a pas parfaitement 90 degrés partout, mais on s'en approche.

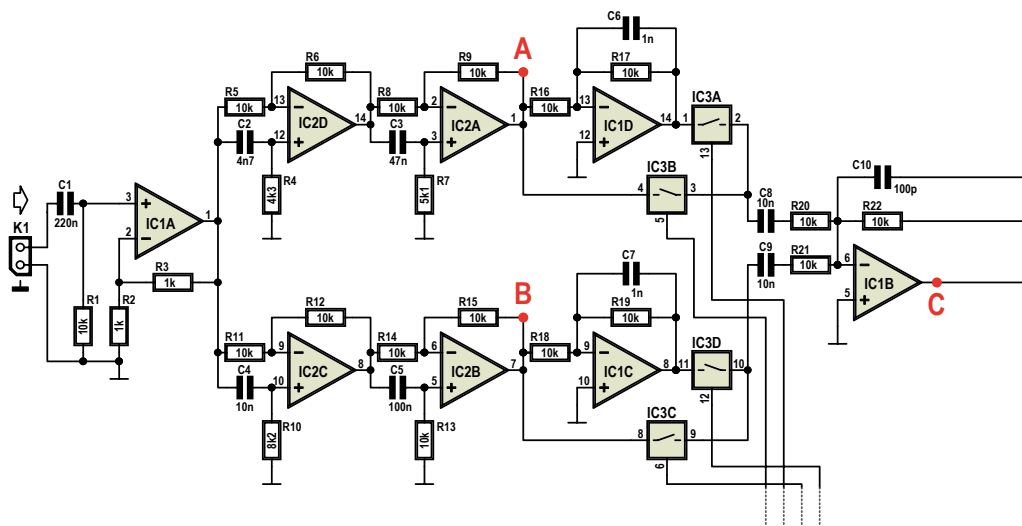
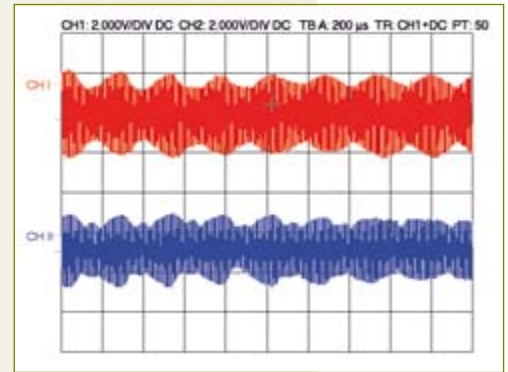
### [3] Signal en E et en F

Au point E, nous pouvons presque retrouver le signal d'entrée (modulé par différents produits de mélange). Au point F, le signal a été débarrassé des signaux HF inutiles et le résultat final du décalage en fréquence est bien visible. La forme sinusoïdale de la sortie est un peu altérée, c'est entre autres la conséquence des tolérances sur les composants utilisés.



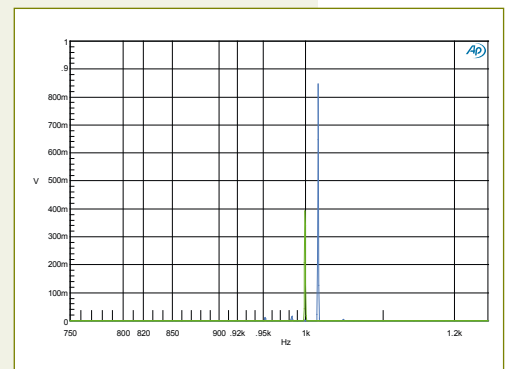
### [2] Signal en C et en D

Au point C, il y a un signal modulé par une onde rectangulaire à haute fréquence. Au point D, on trouve le signal de C filtré. En raison du faible écart entre la fondamentale et la première harmonique et les suivantes, la différence entre C et D n'est pas très apparente.

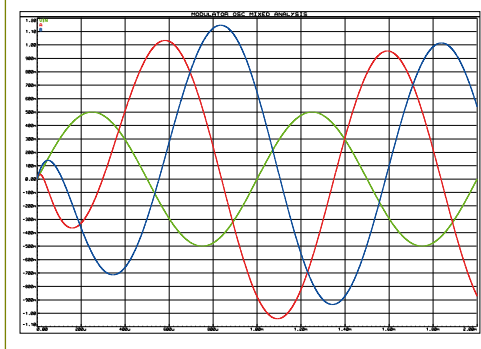


### [4] FFT du signal de sortie

Si nous opérons une analyse FFT sur les signaux d'entrée et de sortie, nous apercevons clairement le décalage en fréquence. Le signal d'origine se situe à 1 kHz, le signal décalé est passé à environ 1,01 kHz, soit une dizaine de hertz plus haut : c'est exactement l'effet recherché pour ce « tueur de la rétroaction ».

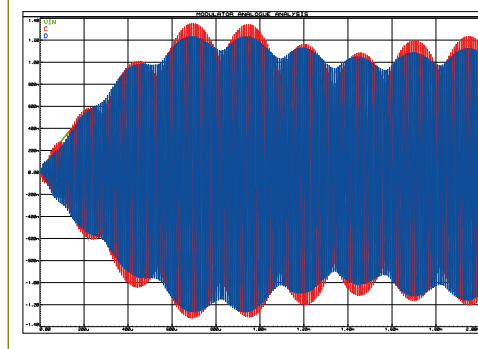


l'un par rapport à l'autre. Les graphes en C et en D représentent le signal modulé, puis le signal modulé et filtré. En E, on voit le signal de sortie sur lequel se superpose un « vilain » signal HF et en F, c'est le signal d'entrée bien « propre » que l'on doit retrouver, semblable mais décalé en fréquence d'une dizaine de hertz.



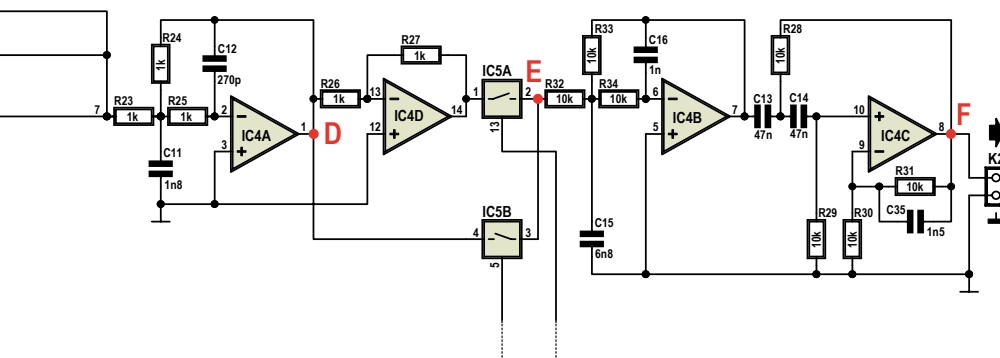
#### [5] Signal en A et B

La simulation, elle aussi, met en évidence le fait que la rotation de phase n'atteint pas partout les 90 degrés. Clairement, le projet de rotation de phase résulte d'un compromis, parce que la largeur de bande dans laquelle le circuit fonctionne parfaitement est limitée.



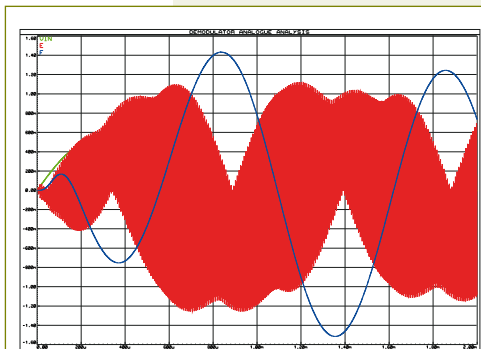
#### [6] Signal en C et en D

Malgré des formes d'ondes biscornues du signal HF, le simulateur SPICE ne se laisse pas prendre au piège et affiche une très forte convergence avec les mesures du signal prises sur le matériel.



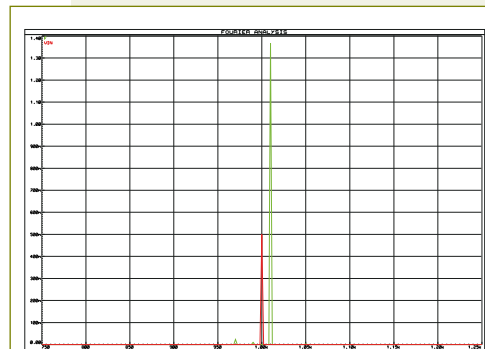
#### [7] Signal en E et en F

Pas davantage de reproches à formuler sur le signal de sortie filtré en E. La seule différence provient de ce que la distortion dans la version matérielle provient de tolérances sur les composants, ce dont le logiciel ne tient évidemment pas compte.



#### [8] FFT du signal de sortie

Même la simulation de la FFT du signal de sortie indique précisément un décalage de 10 Hz... Que demander de plus ?



#### Liens Internet

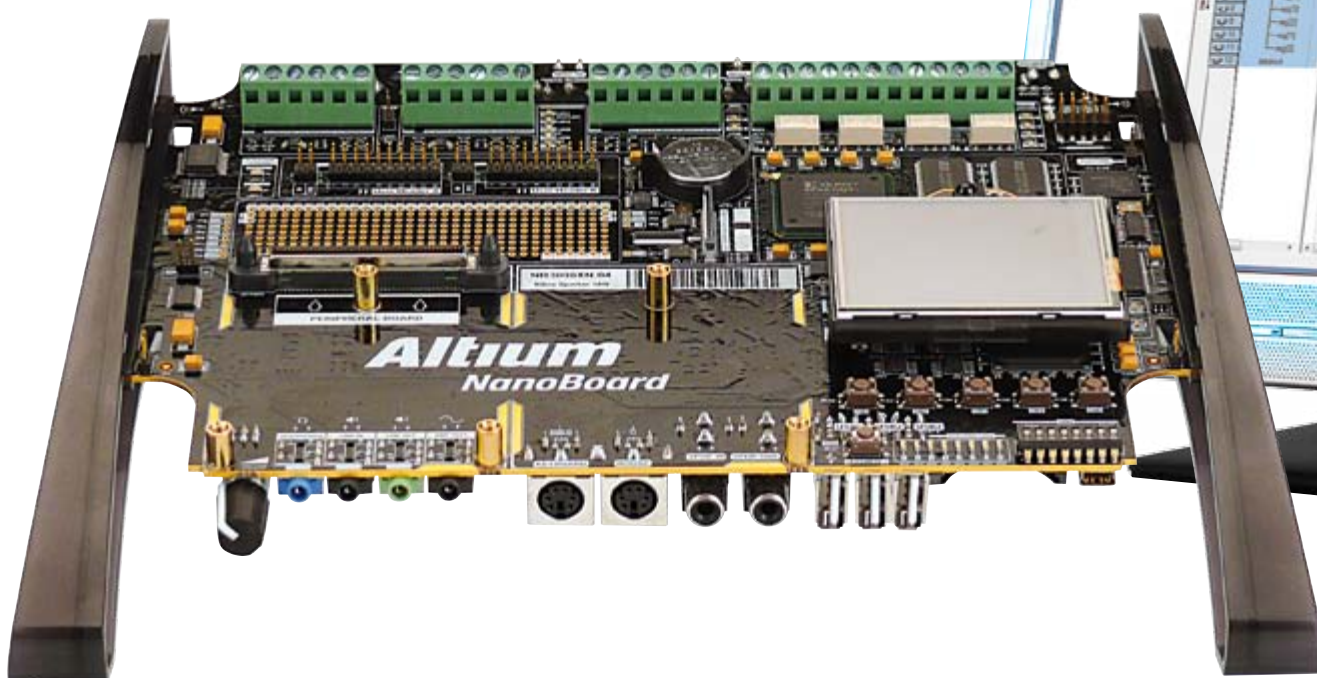
[1] [www.labcenter.com](http://www.labcenter.com)

[2] [www.elektor.fr/100359](http://www.elektor.fr/100359)



# Simulation par FPGA de projets à microcontrôleurs

Paul Goossens (Pays-Bas)



Les simulations sont une composante importante du développement d'un circuit. Un circuit composé uniquement de composants standard peut très bien être simulé avec un logiciel de simulation ordinaire. Dès qu'on introduit un microcontrôleur dans le montage pour le doter d'intelligence, un tel simulateur ne suffit pas le plus souvent. Le comportement du microcontrôleur doit être simulé en combinaison avec le microcode (*firmware*) développé pour lui.

Dès qu'on introduit un FPGA dans un projet, on n'a plus affaire seulement à du matériel. Le FPGA a besoin d'un programme interne pour se rendre utile. Tout se passe comme si le FPGA contenait lui-même du matériel. Pour l'écriture du projet à FPGA, il existe des logiciels spéciaux fournis habituellement par le fabricant du composant. De même pour la simulation du programme interne, un programme spécial est disponible. Les fabricants de FPGA offrent souvent une version gratuite d'un logiciel de simulation professionnel, assorti de quelques limitations mineures. Par exemple, il n'est possible de traiter qu'un nombre limité de lignes de code et souvent la simulation s'exécute moins vite que normalement. Dans le logiciel de simulation utilisé pour cet article, la limite est fixée à dix mille lignes de code. Un projet de plus de dix mille lignes de code est déjà un très gros projet. Même dans ce cas, le programme est

utilisable, à condition de diviser le projet en sections plus petites, qu'on pourra tester une par une.

## Logiciel

Dans nos exemples, nous utilisons le logiciel obtenu gratuitement par le site ouïbe d'Altera. Il s'agit de *Quartus Web Edition* et de *ModelSim Altera Edition*. Voyons d'abord les possibilités offertes par Quartus. Avec ce paquet, on peut non seulement créer un projet, mais aussi le simuler à échelle réduite.

Il y a par ailleurs d'autres fabricants de FPGA qui proposent un paquet de simulation gratuit pour leurs FPGA. Les utilisateurs vraiment exigeants ont le choix entre des simulateurs VHDL, Verilog et mixed-HDL.

# Avec Quartus Web Edition et ModelSim Altera Edition



## La base

La simulation d'un projet FPGA est exclusivement numérique. Dans une telle simulation, notre projet doit être connecté à un code de test qui délivre les stimuli (signaux d'entrée). On peut ensuite visualiser les signaux de sortie du projet sur quelque chose qui ressemble fort à un analyseur logique virtuel.

Nous devons donc créer d'abord des signaux d'entrée adéquats. Dans le simulateur intégré de Quartus, ces stimuli peuvent être dessinés à l'aide d'une interface graphique. Une fois que c'est fait, le simulateur peut exécuter en appliquant à l'entrée du projet les signaux qui viennent d'être définis.

La simulation peut s'effectuer de deux manières. La première est une simulation fonctionnelle qui ne prend pas en compte les temps de propagation dans le FPGA. Cela donne un résultat final évident, dans lequel les signaux ont un comportement idéal. Le plus gros avantage de cette méthode est qu'il suffit de compiler le projet. Le placement, le routage, l'optimisation et le calage temporel peuvent être laissés de côté. Cela fait une différence de temps considérable pour un projet un peu gros !

La **figure 1** montre le résultat d'une telle simulation, avec un simple registre à décalage à une seule sortie. On voit que les signaux de sortie et le registre interne changent de niveau simultanément avec

le front montant de l'horloge. Cela par opposition à la **figure 2**, où le même projet est simulé, mais cette fois avec la simulation temporelle. Cette dernière méthode tient compte aussi des temps de propagation internes du FPGA. Nous devons agrandir fortement pour pouvoir distinguer la différence. Il apparaît alors que la sortie ne prend la nouvelle valeur que 6,006 ns après le front montant de l'horloge. Est-ce lent ou rapide ? Cela tient seulement à la rapidité attendue du projet.

## Optimisation

L'un des premiers pièges qu'on rencontre dans une telle simulation est que parfois un ou plusieurs signaux ne sont plus visibles dans la simulation temporelle, alors qu'ils l'étaient bel et bien dans la simulation fonctionnelle. Qu'est-il arrivé à ces signaux ? Le plus souvent, cela résulte de l'optimisation du projet par le logiciel. N'oubliez pas que le projet a été seulement compilé pour la simulation fonctionnelle. Dans une simulation temporelle, différents pas supplémentaires sont effectués, à l'occasion desquels un grand nombre d'optimisations sont exécutées sur le projet. Une des conséquences peut être que finalement un signal donné n'apparaît plus dans le FPGA. Si vous avez vraiment besoin de ce signal pour votre analyse, vous pouvez lui affecter une sortie supplémentaire de votre projet. Le logiciel considérera alors que ce signal doit être présent physiquement sur une sortie. L'optimisation ne le supprimera plus. Le résultat final peut s'en trouver notablement altéré sur le plan temporel. Le projet ne produira pas d'erreurs. Il occupera moins de place dans le FPGA et très vraisemblablement il pourra fonctionner à une fréquence d'horloge supérieure !

## Plus d'intelligence

Le simulateur intégré de Quartus est, comme on l'a déjà remarqué, très simple d'utilisation. Cela tient aussi au fait que ses possibilités sont limitées. Si on veut davantage de possibilités, on peut se tourner

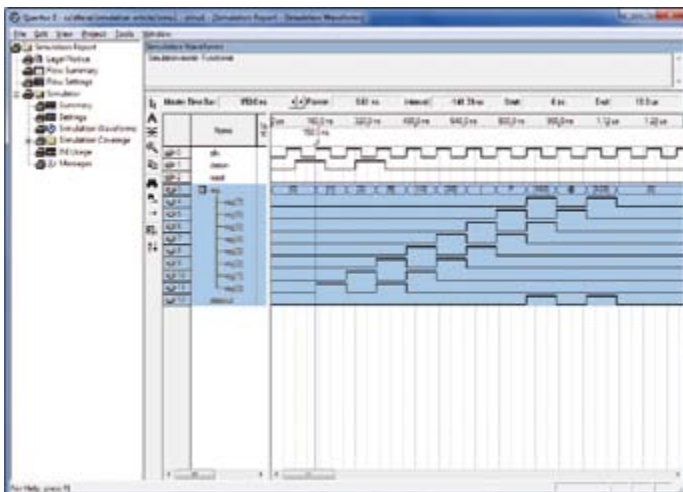


Figure 1. Le résultat de la simulation d'un registre à décalage simple à une seule sortie.

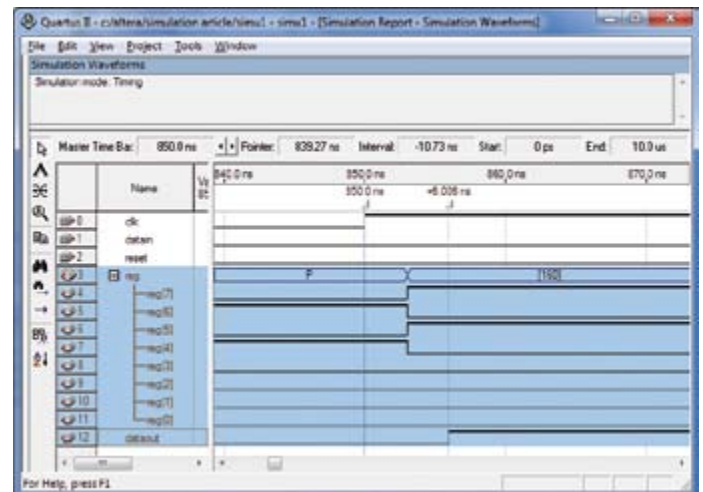


Figure 2. Le même projet qu'en figure 1, mais cette fois avec la simulation temporelle.

## Listing 1

```

Library IEEE;
Use      IEEE.std_logic_1164.all;
Use      IEEE.std_logic_textio.all;
Use      STD.textio.all;

entity test_simu2_file is
end test_simu2_file;

architecture stimulus of test_simu2_file is

    file RESULTS: TEXT open WRITE_MODE is "results.txt";
    procedure WRITE_RESULTS
    (
        clk: std_logic;
        reset : std_logic;
        datain : std_logic;
        dataout : std_logic
    )
    is variable l_out : line;
    begin
        write(l_out, now, right, 15);
        write(l_out, clk, right, 2);
        write(l_out, reset, right, 2);
        write(l_out, datain , right, 2);
        write(l_out, dataout, right, 2);
        writeline(RESULTS, l_out);
    end procedure;

    component simu2 port
    (
        clk      : in STD_LOGIC;
        reset    : in STD_LOGIC;
        datain:   in STD_LOGIC;
        dataout  : out STD_LOGIC
    );
    end component;

    signal clk : std_logic;
    signal reset : std_logic;
    signal datain : std_logic;
    signal dataout : std_logic;

begin

    DUT : simu2 port map
    (
        clk => clk,
        reset => reset,
        datain => datain,
        dataout => dataout
    );

    CLOCK_PROC : process
    begin
        clk <= '1';
        wait for 10nS;
        clk <= '0';
        wait for 10nS;
    end process;

    STIM : process
    begin
        wait until (clk'event and clk='0');
        -- wait for falling edge of clk
        reset<= '0';
        datain <='0';
        wait until (dataout='0');
        -- wait for falling edge of clk
        wait until (clk'event and clk='0');
        -- wait for falling edge of clk
        datain <='1';
        wait;
    end process;

    WRITE_RESULTS
    (
        clk,
        reset,
        datain,
        dataout
    );

end architecture;

```

vers ModelSim. La version gratuite de ModelSim peut effectuer des simulations à l'aide d'un banc d'essai VHDL. Ce banc d'essai met à notre disposition toutes les fonctions offertes par le VHDL. Reprenons le registre à décalage de notre exemple précédent. La partie la plus importante du banc d'essai est reproduite dans le **listing 1**. Nous laissons de côté pour l'instant les lignes imprimées en gras.

Deux *process* sont décrits. Le premier se charge de produire le signal d'horloge. Une grosse différence entre un fichier VHDL destiné à la synthèse et un banc d'essai tient dans la possibilité d'utiliser l'instruction `wait`. La ligne `wait for 10ns` fait que l'exécution du *process* est suspendue pendant 10 ns. Une telle ligne dans un projet qui doit être exécuté finalement dans un FPGA provoquerait un message d'erreur lors de la synthèse. Un FPGA ne contient aucun

composant capable de réaliser cela par lui-même. Pour un simulateur, ça ne pose aucun problème. Ce *process* est répété sans limites, parce qu'aucune « liste de sensibilité » (*stimuli*) n'a été chargée au début du *process*. Dès que le *process* est traité complètement, il démarre à nouveau.

### Interactivité

Le plus gros avantage de l'utilisation d'un banc d'essai est qu'une ou plusieurs sorties du projet à tester peuvent agir sur les signaux d'entrée. Dans le *process* STIM responsable de la création des signaux *reset* et *datain*, nous utilisons un signal interne plus un signal de sortie du projet à tester pour réagir sur les signaux d'entrée.

La ligne `wait until (clk'event and clk='0');` a pour conséquence que le *process* est suspendu jusqu'à ce que le signal *clk*



change d'état ET que sa nouvelle valeur soit « 0 ». En langage clair : attendre le prochain front descendant du signal d'horloge. C'est seulement au moment de ce front descendant que nous obtenons le signal *reset* et que *datain* prend la valeur « 0 ». La valeur initiale de tous les registres internes est « U », pour *Unknown*, inconnu.

Dans la ligne suivante, le process attend que la sortie *dataout* du projet en test passe à « 0 ». Après le premier front descendant suivant, nous faisons passer le signal *datain* à « 1 ». La dernière instruction de ce process est *wait* sans argument. Quelle peut être l'utilité de cette ligne ? Si le process est terminé, il recommencera aussitôt. C'est dû à l'absence de liste de sensibilité. L'instruction *wait* sans argument lance un délai infini et évite que le process se répète.

La **figure 3** montre le résultat de cette simulation. Tous les signaux du banc d'essai sont visibles ici, avec en plus quelques signaux internes du projet à tester (DUT). Tous ces signaux commencent par la valeur « U », puisque le simulateur ne peut pas deviner ce que sera la valeur réelle. En réalité, tous ces signaux devront prendre la valeur

« 0 » ou « 1 ». Nous voyons avec le simulateur si c'est effectivement prévu dans le projet ou si l'état d'un signal est aléatoire. Il se peut aussi avec une optimisation modifiée que le signal démarre avec une autre valeur. Veillez donc à ce que tous les signaux prennent une valeur définie à partir d'un certain moment (par exemple après une remise à zéro).

### Construction du banc d'essai

Un banc d'essai se distingue par différents aspects d'un fichier VHDL ordinaire. À l'aide du listing 1, nous pouvons voir que nous déclarons une entité comme d'habitude. Ce qui est remarquable dans cette déclaration, c'est que cette entité ne comporte ni entrée ni sortie ! Normalement, un projet possède au minimum une entrée et une sortie, pour pouvoir produire quelque chose de sensé. Pour finir, notre projet doit interagir avec son environnement. Un banc d'essai VHDL n'est donc pas un projet ordinaire qui pourrait être programmé dans un FPGA.

Publicité



**NOUVEAU**  
catalogue  
général  
2011

**de 860p en couleurs**

**Connectique • Electricité • Outillage • Librairie technique**  
**Appareils de mesure • Robotique • Vidéo-surveillance • Etc.**

Le **CHOIX** • La **QUALITÉ** • Le **SERVICE**

Coupon à retourner à : **Selectronic BP 10050 - 59891 LILLE Cedex 9**

☐ **EK** ☐ OUI, je désire recevoir le "**NOUVEAU Catalogue Général 2011**" **Selectronic** à l'adresse suivante (ci-joint 12 timbres-poste au tarif "lettre" en vigueur ou 8,00€ en chèque) :

☐ Mr ☐ Mme : ..... Prénom : .....

N° : ..... Rue : .....

Ville : ..... Code postal : ..... Tél : .....

"Conformément à la loi informatique et libertés n° 78.17 du 6 janvier 1978, vous disposez d'un droit d'accès et de rectification aux données vous concernant"



**Selectronic**  
L'UNIVERS ELECTRONIQUE  
B.P 10050 - 59891 LILLE Cedex 9  
**Tél. : 0 328 550 328**  
Fax : 0 328 550 329  
**www.selectronic.fr**

**PARIS**  
11 place de la Nation  
Tél. : 01.55.25.88.00

**LILLE (Ronchin)**  
ZAC de l'Orée du Golf  
16, rue Jules Verne  
59790 RONCHIN

Nos magasins

### Répertoire des annonceurs

BETA LAYOUT	<a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a>	25
EBCONNECTIONS	<a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a>	77
EUROCIRCUITS	<a href="http://www.eurocircuits.fr">www.eurocircuits.fr</a>	19
HAMEG	<a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a>	77
IMPRELEC		77
L'IMPULSION	<a href="http://www.limpulsion.com">www.limpulsion.com</a>	77
LEXTRONIC	<a href="http://www.lextronic.fr">www.lextronic.fr</a>	88
LINEAR AUDIO	<a href="http://www.linearaudio.net">www.linearaudio.net</a>	77
MIKROELEKTRONIKA	<a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a>	2
NXP CONTEST	<a href="http://www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge/">www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge/</a>	61
PICO	<a href="http://www.picotech.com/scope2017">www.picotech.com/scope2017</a>	31
RS COMPONENTS	<a href="http://www.rswww.fr/edp">www.rswww.fr/edp</a>	27
SELECTRONIC	<a href="http://www.selectronic.fr">www.selectronic.fr</a>	41

### Réservation d'espaces publicitaires

Réservez dès aujourd'hui votre espace publicitaire dans le magazine *Elektor* du mois de Novembre 2010 !  
Date limite de réservation : le 21 Septembre 2010

Pour toute information concernant la publicité aussi bien dans notre magazine que sur notre site internet [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) contactez :

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

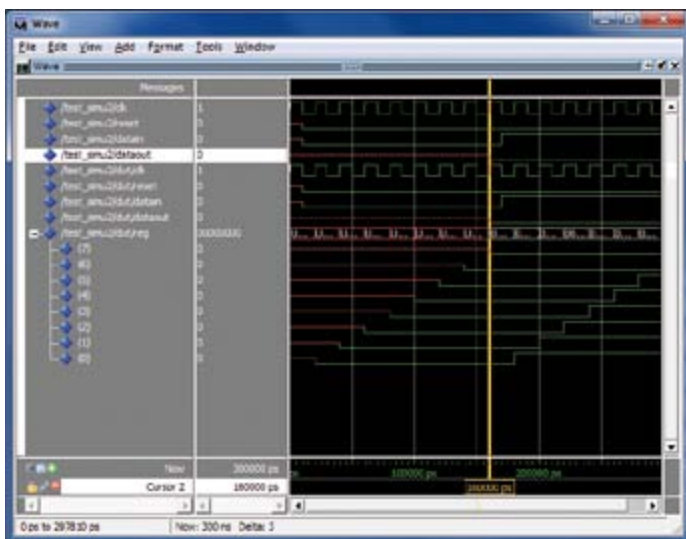


Figure 3. Le résultat de la simulation avec ModelSim. Tous les signaux du banc d'essai et tous les signaux internes du projet sont visibles ici.

Le projet à examiner est déclaré comme un composant, dans notre exemple le projet « simu2 ». Tous les signaux nécessaires sont déclarés aussi.

Dans le bloc architecture, nous plaçons un composant de type « simu2 » avec le nom DUT (pour *Device Under Test*, mais tout autre nom conviendrait aussi). Les deux process suivants décrivent les signaux d'entrée du projet.

## Plus de possibilités

Dans les bancs d'essai VHDL, il est possible aussi d'utiliser des fichiers. Ainsi, nous pouvons, pendant la simulation, créer automatiquement un fichier et y stocker chaque variation des signaux dans un format texte ordinaire. La lecture d'un fichier fait aussi partie des possibilités.

Dans le dernier exemple, nous montrons comment toutes les variations des signaux peuvent être stockées dans un fichier texte. Les adjonctions faites pour cela dans le listing 1 sont imprimées en gras. Le **listing 2** montre le résultat dans le fichier texte.

Les fonctions relatives à l'utilisation des fichiers se trouvent dans la bibliothèque `std::logic_textio` et celle-là est déclarée de la

façon habituelle. Un fichier est déclaré dans l'architecture. La procédure `WRITE_RESULTS` se charge de l'écriture des informations dans le fichier. Cette procédure s'explique d'elle-même, à un détail près. Nous utilisons dans cette procédure une variable nommée `now`. Il s'agit d'une variable spéciale de VHDL. Elle contient le temps actuel (simulé). L'invocation de la procédure se fait dans toute la suite du listing. Cette procédure est appelée dès qu'un des process exécute une instruction `wait` ou qu'un process arrive à sa fin.

## En conclusion

Les simulations de projets FPGA sont d'autant plus importantes que les projets sont plus complexes. Les bancs d'essai VHDL offrent beaucoup plus de possibilités que nous ne pouvons en décrire ici, mais les fonctions présentées dans cet article offrent la possibilité d'exécuter rapidement de grandes simulations.

Pour les étudiants et les débutants, ces simulations offrent une possibilité peu coûteuse d'expérimenter à volonté l'électronique numérique, même sans recourir à un quelconque matériel (si on ne compte pas l'ordinateur...).

(100370, trad. Brodier)

Les fichiers de simulation utilisés dans cet article pour Quartus Web Edition et ModelSim Altera Edition sont disponibles en téléchargement sur le site d'Elektor (100370-11).

## Liens Internet

[www.altera.com/products/software/quartus-ii/web-edition/qts-we-index.html](http://www.altera.com/products/software/quartus-ii/web-edition/qts-we-index.html)

[www.altera.com/products/software/quartus-ii/modelsim/qts-modelsim-index.html](http://www.altera.com/products/software/quartus-ii/modelsim/qts-modelsim-index.html)

### Listing 2

		90 ns	0	0	0	U		190 ns	0	0	1	0
0 ns	U	U	U	U				200 ns	1	0	1	0
0 ns	1	U	U	U				210 ns	0	0	1	0
10 ns	0	U	U	U				220 ns	1	0	1	0
10 ns	0	0	0	U				230 ns	0	0	1	0
20 ns	1	0	0	U				240 ns	1	0	1	0
30 ns	0	0	0	U				250 ns	0	0	1	0
40 ns	1	0	0	U				260 ns	1	0	1	0
50 ns	0	0	0	U				270 ns	0	0	1	0
60 ns	1	0	0	U				280 ns	1	0	1	0
70 ns	0	0	0	U				290 ns	0	0	1	0
80 ns	1	0	0	U				300 ns	1	0	1	0



## Un emballage à toute épreuve

L'électronique compte souvent parmi les passe-temps d'une personne travaillant à Elektor – et celle-ci est souvent confrontée à des incidents intéressants faisant partie du quotidien d'un concepteur.

Par exemple : un de nos collègues a commandé quatre (4) puces échantillons auprès d'Analog Devices pour un de ses projets. Qui fut étonné une semaine plus tard ? Notre collègue qui venait de recevoir un paquet faisant bien ses 30 litres. Le carton de 1,3 kg contenait deux boîtes.

Chacune d'elles englobait à son tour l'emballage plastique habituellement utilisé pour y loger des puces. Les tubes en matière plastique, longs d'un peu plus de 50 cm, contenaient finalement les puces – volume total environ 1 centimètre cube !

Les autocollants nous ont informé que le paquet s'est offert un voyage des Philippines en France. Il est heureux que notre collègue n'ait dû payer ni les échantillons ni les frais d'expédition...

(100240, trad. Softcraft)



## Des hôtes pour Elektor

Il est heureux que le siège d'Elektor soit situé aux Pays-Bas, à proximité de la frontière allemande (et d'une autoroute). Cela le rend facilement accessible à nos hôtes allemands. Par exemple Harry Sievers, Franz Schmidt et Patrick Ruffer de Distributor CS&S electronic, une entreprise spécialisée dans les fabricants coréens ([www.csselectronic.com](http://www.csselectronic.com)). Les bagages des visiteurs contenaient quelques cartes à cette occasion. Elles étaient équipées de contrôleurs compatibles ARM de TeleChips. Grâce à leurs capacités multimédia, ces composants sont destinés principalement au grand marché des appareils de divertisse-

ment et de communication. Hélas, les dispositions de licence strictes des différents codecs empêchent la réalisation rapide d'un lecteur Elektor multimédia. Mais ce n'est qu'un début, continuons le combat !

(090928, trad. Softcraft)



## Caisse à bricolage. Pollution ou récupération ?

Le formulaire de contact sur notre site (Home › Service › Vos questions) permet de poser des questions techniques sur les projets et les produits Elektor (et bien entendu de nous transmettre vos commentaires sur les articles de notre magazine). Les questions d'ordre général sur l'électronique sont plus à leur place dans notre forum des lecteurs, mais il y a bien sûr des exceptions. Ainsi, un lecteur nous écrit : « Je n'ai trouvé dans le forum aucune réponse à une question qui me tracasse depuis longtemps. Je ne suis certainement pas le seul à disposer encore d'une caisse à bricolage débordant de vieux composants... Est-il alors possible de mélanger les composants conformes et non-conformes RoHS et, si oui, quels sont les points dont il faut tenir compte ? Quelle est l'expérience acquise par le labo d'Elektor dans ce domaine ? »

Réponse d'Antoine Authier, directeur du laboratoire d'Elektor : « Cela dépend si les cartes sont destinées ou non à la vente. Si, comme le labo d'Elektor, on équipe des cartes à des fins commerciales, il faut, à quelques exceptions près, n'utiliser que des

composants conformes RoHS et de la soudure sans plomb. Qui, en revanche, soude dans un but purement privé, peut se débarrasser de son stock d'anciens composants en les mélangeant à des composants conformes RoHS. »

Antoine recommande alors la soudure au plomb plus facile à effectuer, surtout pour le soudeur du dimanche. La soudure sans plomb a un point de fusion plus élevé. On pourrait donc supposer que les composants compatibles RoHS particulièrement sensibles à la température devraient tolérer des températures légèrement supérieures à celles des composants traditionnels. Cela, hélas, n'est pas toujours le cas et la transition a causé moult casse-tête chez les assembleurs. Les amateurs, par contre, ne peuvent en général pas déterminer si précisément les valeurs exactes de la température et du temps de soudure. Tout ce qu'il a été possible jusqu'alors de souder raisonnablement bien (en tant que composant traditionnel) pourra l'être aussi en tant que composant conforme RoHS.

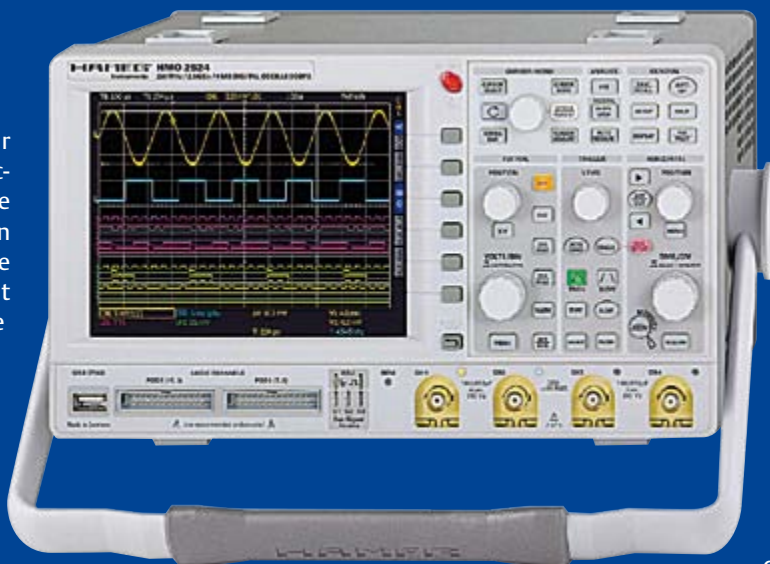
(100220, trad. Softcraft)



# À la loupe : Hameg HMO2524

Harry Baggen (Elektor Pays-Bas) & Ton Giesberts (Labo d'Elektor)

Un oscilloscope est, pour un concepteur en électronique, quelque chose comme une extension du cerveau. Dès qu'une section de matériel est construite, elle doit être soumise à des mesures. C'est alors que l'oscilloscope se révèle un outil indispensable (en plus du multimètre, tout aussi indispensable). On l'utilise pour vérifier « comme ça » si un oscillateur oscille bien ou si un signal est présent à un point donné du circuit, mais aussi pour effectuer des mesures précises sur des formes d'ondes complexes. Aujourd'hui s'ajoutent à cela toutes sortes de signaux de bus des circuits à microcontrôleur. On peut utiliser pour eux un analyseur logique spécial ou bien un oscillos-



nirs à beaucoup d'électroniciens. Cette entreprise allemande a été l'une des premières à mettre sur le marché des oscilloscopes convenables à un prix abordable, bien avant qu'arrive la concurrence de Chine et d'autres pays asiatiques. Les prix étaient tels que l'achat d'un oscilloscope était possible même pour des amateurs. Depuis lors, l'entreprise s'est spécialisée dans des appareils de bon rapport qualité-prix et de grande fiabilité. La bonne

réputation des produits Hameg est confirmée par le fait que le fabricant renommé d'appareils de mesure Rhode & Schwarz a pris le contrôle de l'entreprise en 2005 pour compléter le segment inférieur de sa propre gamme. Quant à la qualité (et au prix) de l'appareillage R&S, les lecteurs d'Elektor n'ont vraisemblablement rien à dire, c'est le top !

## un oscilloscope capable de traiter aussi bien des signaux numériques qu'analogiques

cope capable de traiter aussi bien des signaux numériques qu'analogiques.

Il y a quelque temps, Elektor a reçu de Hameg la proposition de tester un des nouveaux oscilloscopes de la gamme. Bien sûr, le labo d'Elektor est toujours d'accord. Surtout quand il s'agit d'un des modèles les plus chers de Hameg. Rendez-vous a été pris et quelques semaines plus tard M. Grimm est arrivé au château d'Elektor avec un oscilloscope flamant neuf et les accessoires nécessaires. Il y a eu une démonstration détaillée des possibilités de l'oscilloscope, ensuite de quoi il a été abandonné aux mains de l'équipe de concepteurs.

La marque Hameg rappellera de bons souve-

Ces dernières années, Hameg a étendu sa gamme vers le haut avec des modèles plus puissants et plus chers, entre autres pour s'accorder avec les produits qu'offre le grand frère R&S. C'est justement un de ces modèles que nos développeurs doivent mettre à l'épreuve pour un certain temps : le HMO 2524.

Il s'agit ici d'un puissant oscilloscope numérique à quatre canaux avec une bande passante de 250 MHz et une fréquence d'échantillonnage en temps réel de 2,5 Gé/s (gigaéchantillons par seconde) en mode deux canaux. Le prix de la version de base de cet oscilloscope tourne autour de 3300 € (hors taxes). Cet appareil peut aussi être utilisé comme analyseur logique à 16 canaux. Des options logicielles sont



également disponibles pour les bus comme I<sup>2</sup>C, SPI et RS-232. Naturellement, nous disposions pour notre test de quelques sondes (*pods*) numériques, pour effectuer des mesures sur les bus numériques, et les options logicielles ad hoc étaient activées dans l'appareil. Nous ne manquions pas non plus de divers types de sondes et nous avons en plus une sonde active avec une capacité de 0,9 pF seulement (adaptée à des mesures jusqu'à 1 GHz).

Ce qui saute aux yeux dès la mise sous tension de l'oscilloscope, c'est l'écran lumineux et clair avec une résolution de 640 x 480 pixels et éclairage à LED, un plaisir à regarder ! Nous avons dans le laboratoire divers oscilloscopes numériques à tout faire, dans la gamme de prix de 1000 à 3000 €, mais aucun ne peut s'aligner ici.

On est submergé par le nombre de réglages et il faudra y consacrer beaucoup de temps avant de maîtriser toutes les finesses. La convivialité laisse un peu à désirer. Avec toutes ces possibilités, en cas d'utilisation épisodique, il est difficile de s'y retrouver dans les menus, même pour les réglages simples. Le fonctionnement n'est pas très intuitif.

Lors de nos premiers essais de mesures, Ton, qui a plus de vingt ans d'expérience et a travaillé avec bon nombre d'oscilloscopes, a tout de même eu besoin d'un certain temps et de parcourir plusieurs menus avant de finir par trouver les bons réglages et d'obtenir un signal de mesure clair sur l'écran. La qualité de la restitution, après toute cette peine, est vraiment remarquable. En plus, l'oscilloscope réagit rapidement aux changements de réglages, chose qui n'est pas si évidente avec pas mal d'oscilloscopes numériques. Mais un oscilloscope avec autant de possibilités vous oblige à lire au moins une bonne fois le mode d'emploi (ce que nos concepteurs — comme beaucoup d'autres utilisateurs d'appareils complexes — ne font que rarement).

Le nombre de possibilités est presque infini. Ainsi existe-t-il de nombreuses options de déclenchement, un gros tampon de 4 Méch où on peut retrouver les signaux de différentes façons, une fonction FFT (transformée de Fourier rapide) très pratique,

une foule de mesures par curseurs et des fonctions mathématiques qu'on peut programmer soi-même.

Et nous n'avons encore rien dit du traitement des signaux numériques, lequel consiste à mesurer simultanément 16 signaux avec un maximum de 1,25 Géch/s, ici aussi avec des possibilités de déclenchement très étendues. C'est ici que les sondes spéciales sont nécessaires pour amener les signaux à mesurer sur les connecteurs de l'oscilloscope. Suivant le type de bus sur lequel vous mesurez, il peut être nécessaire d'installer du logiciel supplémentaire (disponible pour I<sup>2</sup>C, SPI, UART/RS-232). Autant de signaux simultanés sur l'écran imposent de fortes exigences à l'affichage. Pour garder l'ensemble clair, Hameg a mis en œuvre une fonction de défilement très pratique qui permet de faire glisser une image virtuelle plus grande que l'écran lui-même. Cela nous convient fort bien !

La nouvelle gamme d'oscilloscopes Hameg, qui se situe du point de vue du prix bien au-dessus des instruments analogiques-numériques existants, peut certainement, quant aux prestations, affronter la concurrence de produits comparables d'autres fabricants d'oscilloscopes comme Agilent, LeCroy et Tektronix. Le HMO 2524 est un appareil de mesure excellent et fiable, pour les mesures analogiques comme numériques. Mais si vous acquérez un tel appareil, il faut que vous ayez aussi des applications qui utilisent les multiples possibilités et que vous investissiez le temps nécessaire pour tout maîtriser (c'est vrai aussi pour tous les autres oscilloscopes de cette classe).

Hélas, l'oscilloscope doit retourner chez Hameg. Nous regretterons surtout le piqué et la luminosité de l'écran. Ne pourrions-nous pas le troquer contre quelques-uns des autres oscilloscopes que nous avons encore ici et là ?

(100420, trad. Brodier)

#### Lien Internet

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

## Que mesurez-vous ?

Thijs Beckers (Elektor Pays-Bas)

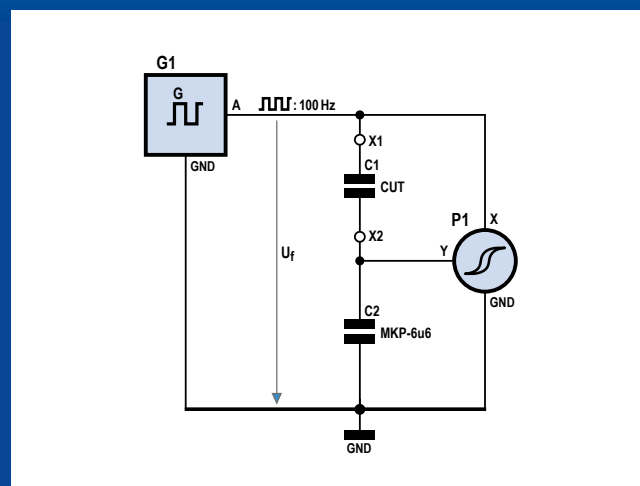
Nous recevons à la Rédaction un courrier assez considérable de lecteurs et d'auteurs qui nous envoient des idées et des projets de circuits électroniques. Nous les examinons tous et jugeons vite s'ils sont utilisables et susceptibles de fonctionner convenablement, auquel cas, ils sont sélectionnés et le travail peut commencer sérieusement. C'est ce qu'il est advenu pour un envoi à propos du choix du condensateur le mieux approprié au domaine audio. À première vue, la méthode décrite nous a semblé prometteuse : sans instrument de mesure spécial ou onéreux, elle vous permettrait de comparer qualitativement des condensateurs et d'en sélectionner le meilleur. Voilà bien un sujet intéressant. La méthode est la suivante.

La figure jointe indique le mode opératoire pour la mesure. Le circuit du haut teste les condensateurs bipolaires. Celui du bas



s'occupe des électrolytiques polarisés et dispose d'une tension de polarisation pour la mesure. Le condensateur du bas (C2, C4) sert toujours de référence et celui du haut (C1, C3) est soumis à l'examen : CUT = *condensator under test*. Mesurer sous une tension continue un condensateur électrolytique polarisé permet d'éviter une distorsion (supplémentaire) lorsque le condensateur se retrouve en tension inverse, ce qui risque de se produire dès qu'on lui applique un signal audio. Une polarisation préalable suffisamment haute empêchera donc l'apparition d'une tension négative à ses bornes.

Le générateur fournit une tension rectangulaire qui se répartit sur les deux condensateurs. Cette tension sur chacun des condensateurs est alors visualisée sur un oscilloscope. En faisant travailler l'oscilloscope en mode X-Y, on obtient des figures spécifiques qui dépendent des différences entre les condensateurs. Une diagonale « parfaite » signifie que les deux condensateurs sont identiques, donc que le « CUT » présente la même qualité que le condensateur de référence. Toute déviation par rapport à la diagonale, telle que l'hystérésis, l'asymétrie ou la non-linéarité, dénote un manquement par rapport à la référence. On pense à une résistance série plus élevée, une absorption dans le diélectrique ou toute autre non-linéarité. Inutile de préciser qu'il faut être sûr que le condensateur de référence utilisé soit bien d'une qualité irréprochable.



différence de capacité et que nous n'avons aucun moyen de diagnostiquer, sans appareillage coûteux, si la dérive provient d'une différence de capacité, nous avons dû, à notre grand regret, refuser le circuit. La difficulté avec ce genre de montage, c'est que vous ne pouvez pas voir de quelle différence il s'agit et que finalement, vous ne savez pas ce que vous êtes occupé à mesurer. Cela rend naturellement la méthode impropre à

## il n'est pas possible d'établir la qualité d'un condensateur au moyen d'un appareillage bon marché

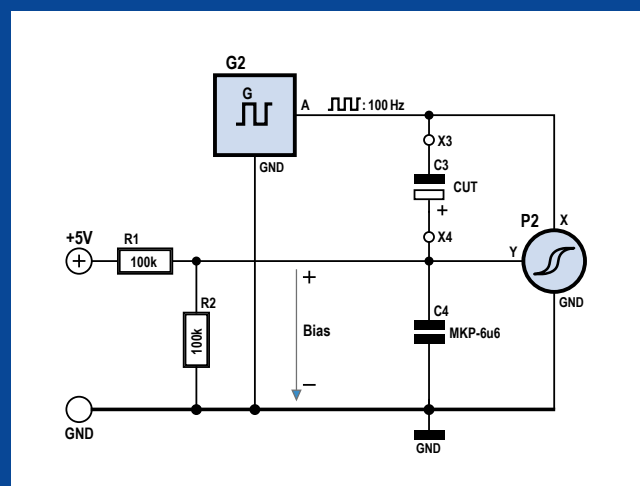
Au cours des essais au banc de mesure, l'idée nous a enthousiasmés. Il y avait effectivement des différences marquantes à observer entre les divers types de condensateurs. Nous avons vu nettement des déformations de non-linéarité sur la diagonale quand nous comparons un petit condensateur au tantale à un modèle MKT et les dissemblances entre un MKT et un MKP étaient beaucoup moins nettes qu'entre un MKP et un tantale, mais encore bien décelables.

Ce que nous avons nous-mêmes découvert au fil des mesures, c'est qu'une disparité de capacité aussi faisait croire à une anomalie au point de vue de la qualité. En comparant à un condensateur WIMA MKP de 4,7  $\mu$ F (comme référence) un MKT de 4,7  $\mu$ F, nous avons aperçu que la différence devenait plus faible (l'oeil dans la diagonale s'amenuisait) quand on plaçait un MKP de 100 nF en parallèle sur le MKT... Idem avec un électrolytique de 1  $\mu$ F en parallèle sur le MKT, la différence avec le condensateur de référence devenait plus petite. Et lors de mesures en ondes carrées à plus haute fréquence (quelques centaines de kHz), il se passait des choses très étranges sur l'écran, aux extrémités de la diagonale apparaissaient des excroissances bizarres qui n'avaient rien à voir avec des différences entre condensateurs, probablement causées par des inductances parasites dans le montage de mesure.

Vu qu'une (petite) différence de capacité occasionne déjà une pareille dérive, qu'il n'est pas possible de distinguer si nous avons affaire à un mauvais condensateur ou simplement à une

déterminer la différence de qualité entre des condensateurs. Nous en avons conclu que, malheureusement, jusqu'à présent, il n'est pas possible d'établir la qualité d'un condensateur au moyen d'un appareillage bon marché. Il nous reste cependant nos oreilles pour tester les condensateurs qui sont intercalés dans la voie du signal, en se fiant à ce qui demeure le plus important dans les circuits audio : la qualité du son.

(100482)



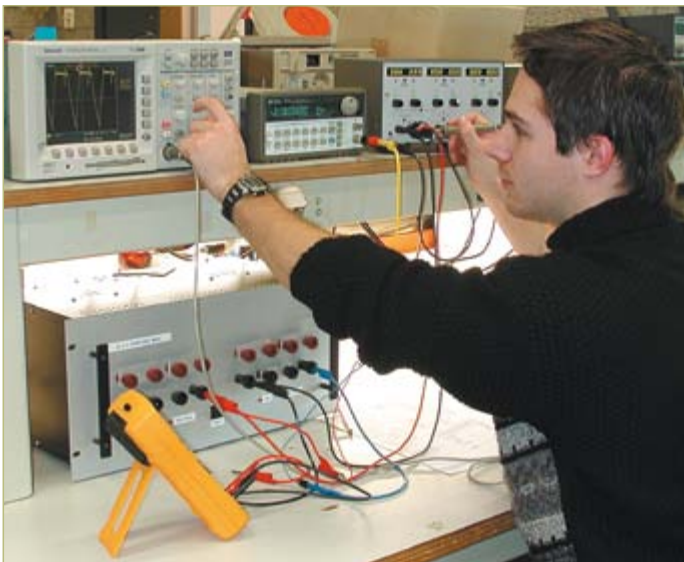


# Faites parler vos alimentations

## Tester des alimentations avec des moyens simples

Harry Baggen (Elektor Pays-Bas) et Ton Giesberts (Labo d'Elektor)

Comment savoir si une alimentation (de laboratoire) est vraiment stable ? Une bonne impression du comportement du régulateur de l'alimentation peut être obtenue en connectant une charge dynamique à la sortie. Ceci peut se faire avec seulement quelques composants.



Outre les paramètres comme la tension et le courant de sortie, le bruit, le ronflement et l'impédance de sortie, il est important de savoir si une alimentation reste stable avec des charges dynamiques. Un test simple est de charger l'alimentation avec un banc de résistances qui peut être commuté entre deux valeurs. Les fabricants d'alimentations utilisent souvent des charges de 10 % et 90 %

de la puissance maximale, avec une fréquence de commutation de quelques dizaines d'hertz (40 Hz par exemple). Sur un oscilloscope on visualise ce qui se passe à la sortie pour se faire une idée de la stabilité de l'alimentation. Le signal carré que l'on observe ainsi montre en général des dépassements dus au régulateur, à l'inductance du câblage interne et externe et peut-être encore à un filtre de sortie.

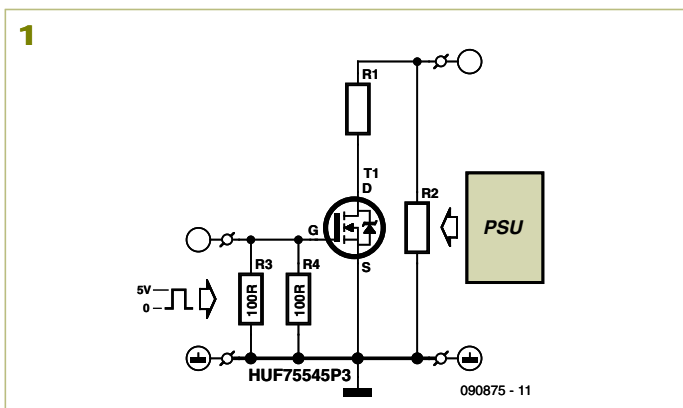
Normalement ce test est répété à seulement quelques fréquences de commutation différentes, mais les ingénieurs du laboratoire d'Elektor qui ont testé de nombreuses alimentations au fil des années, savent qu'il peut être intéressant de vérifier le comportement d'une alimentation à des fréquences plus élevées. Tout ce qu'il faut pour cela est un générateur de fonctions capable de produire un signal carré et le circuit de la **figure 1**. Ainsi vous pouvez mesurer jusqu'à quelques mégahertz, ce qui donne une bonne idée des performances d'une alimentation. Souvent on tombe sur une résonance où l'alimentation n'est plus stable et il est intéressant de savoir à quelle fréquence cette résonance se manifeste.

Le circuit est vraiment très simple. Le MOSFET de puissance utilisé est un exemplaire capable de supporter 80 V/75 A et il a une  $R_{on}$  de seulement 10 m $\Omega$  ( $U_{GS} = 10$  V).

La sortie de l'alimentation est chargée par R2, dimensionnée de façon à laisser passer 10 % du courant maximal ( $R2 = U_{max}/0,1I_{max}$ ). R1 aura une valeur qui permet de faire passer 8/10 du courant maximale ( $R1 = U_{max}/0,8I_{max}$ ). L'ensemble consomme donc 0,9  $I_{max}$  quand le MOSFET conduit. Arrondissez les valeurs calculées des résistances aux valeurs les plus proches de la série E12 et assurez-vous qu'elles peuvent dissiper la puissance débitée (utilisez un ventilateur si besoin). Si les courants de sortie sont intenses, équipez le MOSFET d'un petit radiateur.

La grille du MOSFET est connectée à la masse par deux résistances de 100  $\Omega$  en parallèle, ainsi la sortie du générateur voit une charge de 50  $\Omega$ . Réglez la tension de sortie du générateur de manière à obtenir des impulsions de 5 à 10 V et démarrez les tests. Commencez par une fréquence basse et augmentez-la doucement en gardant un œil sur l'oscilloscope. Aller de plus en plus loin, vous aurez peut-être une surprise... Attention quand même, la rédaction ne peut pas être tenue pour responsable d'éventuels dommages causés à l'alimentation testée !

(090875-l)



# Système de vision pour petit microcontrôleur

## Bien voir avec peu de pixels



Source : Maas Digital LLC

André Thiriot (France)

Le système de vision décrit dans cet article trouve son originalité dans la méthode mise au point pour réaliser l'acquisition des images vidéo, une méthode parfaitement compatible avec la faible puissance de calcul du microcontrôleur utilisé et la faible vitesse d'échantillonnage qu'offre son convertisseur analogique numérique intégré.

Le montage associe un microcontrôleur et une caméra vidéo noir et blanc miniature, réalise l'acquisition et le traitement en temps réel d'images vidéo de très faible résolution. Cette caractéristique permet d'utiliser un microcontrôleur à faible coût. Une très faible résolution d'image n'est pas synonyme de performances médiocres et s'avère être d'ailleurs largement suffisante dans les applications comme :

- la surveillance de présence d'objet par comparaison d'une image avec une image de référence stockée en EEPROM
- la détection de mouvement par comparaisons de deux images successives stockées en RAM
- la reconnaissance de formes simples par corrélation avec des images stockées en EEPROM
- la détermination des coordonnées d'un spot lumineux (tri et sélection du groupe de pixels le plus lumineux) pour piloter ou asservir la position d'un système
- etc.

### Le signal vidéo noir et blanc

La caméra vidéo est un capteur qui décompose l'image en 625 lignes ou, plus exactement, en deux trames de 312,5 lignes entrelacées, cette disposition permettant de réduire le scintillement de l'image à l'écran. Chaque ligne est balayée par un pinceau électronique qui vient moduler l'amplitude d'une tension en fonction de la luminosité. Des signaux de synchronisation sont superposés afin d'indiquer le début d'une nouvelle trame et le début de balayage d'une nouvelle ligne (**figure 1**).

## Caractéristiques techniques

- Microcontrôleur PIC16F690
- Image vidéo N & B de 18 x 16 pixels
- 4 niveaux de gris
- Éclairage du sujet par LED
- Commande de relais
- Comparaison d'image
- Détection de mouvement
- Liaison série
- Difficulté de la réalisation : moyenne

L'amplitude du signal vidéo est de 1 V. La plage de tension comprise entre 0 et 0,3 V est réservée au codage de signaux de synchronisation (synchro ligne et synchro trame). La plage qui s'étend de 0,3 V à 1 V permet le codage du niveau de luminosité : une tension de 0,3 V correspond au noir tandis qu'une tension de 1 V correspond au blanc.

La durée de balayage utile d'une ligne est de 52  $\mu$ s, durée à laquelle il convient de rajouter la durée de 5  $\mu$ s du top de synchro ligne et les durées des deux temps morts de 5  $\mu$ s et 2  $\mu$ s qui encadrent le signal utile et permettent de délimiter chaque ligne. La durée totale du signal de codage d'une ligne est donc de 64  $\mu$ s.

Les lignes, séparées par leur signal de synchronisation, se succèdent les unes aux autres pour constituer

les trames, elles-mêmes séparées par des signaux de synchronisation de trame. Ces signaux de synchronisation de trame sont composés d'une succession de tops de synchro ligne qui ont la particularité de posséder un rapport cyclique différent, ce qui permet de les différencier (**figure 2**).

Sur chaque trame de 312,5 lignes, seules 288 lignes sont utiles (lignes 23 à 310 pour la trame impaire et lignes 336 à 623 pour la trame paire), les autres lignes servant au codage des synchros trames.

### Quelques calculs avant de se lancer

L'opération d'acquisition d'une image consiste à échantillonner le signal vidéo en synchronisant la séquence d'échantillonnage sur les synchros trames et les synchros lignes.

L'acquisition, le stockage et le traitement d'une image vidéo requièrent des ressources importantes. Prenons comme exemple une image au standard VGA (480 lignes de 640 pixels) qui serait élaborée à partir d'un signal vidéo. L'acquisition de 640 pixels en 52  $\mu$ s implique une fré-

quence d'échantillonnage de 640 / 52  $\mu$ s, soit plus de 12 MHz.

Le stockage d'une image VGA en 16 couleurs codées sur 4 bits nécessite un espace mémoire de  $640 \times 480 \times 4 = 1228800$  bits, soit 153600 octets.

Enfin, le traitement numérique d'une image en temps réel requiert une vitesse de calcul élevée. Ainsi, pour réaliser une simple comparaison de deux images VGA (soustraction pixel par pixel), il faut effectuer  $640 \times 480 = 304200$  opérations. Si l'on souhaite, par exemple, réali-

ser ce traitement en moins de 10 ms, cela implique un temps de calcul élémentaire de 10 ms / 304200 soit 33 ns.

Un système de traitement d'image nécessite en général des ressources que ne peut offrir un microcontrôleur simple. Par contre,

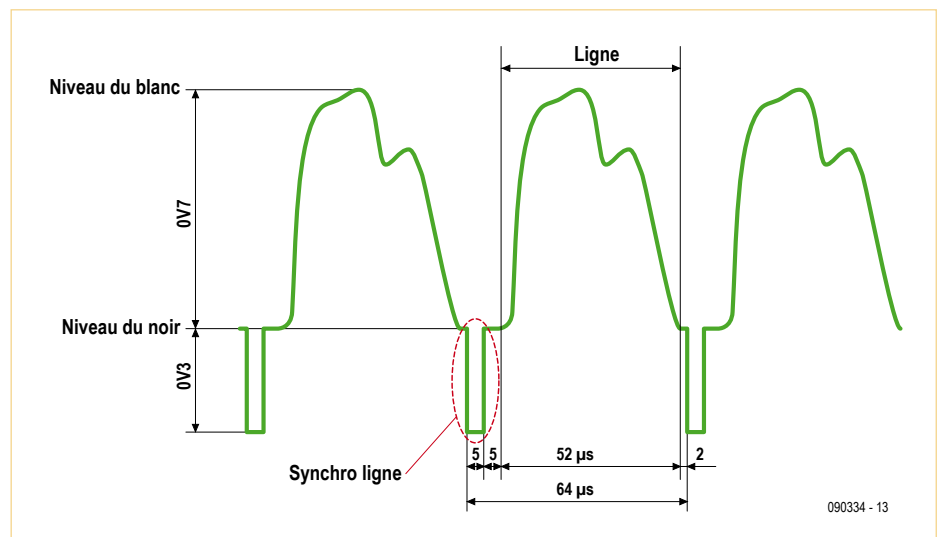


Figure 1. Le signal vidéo noir et blanc.

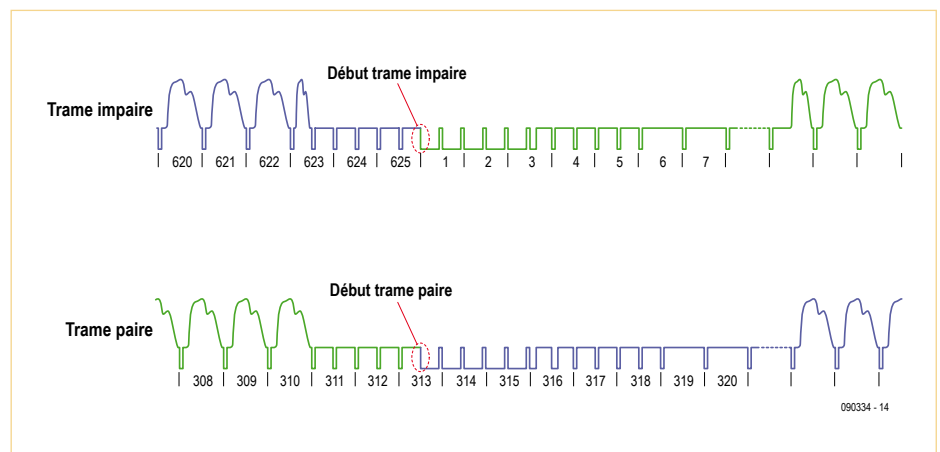


Figure 2. La différence entre deux lignes.



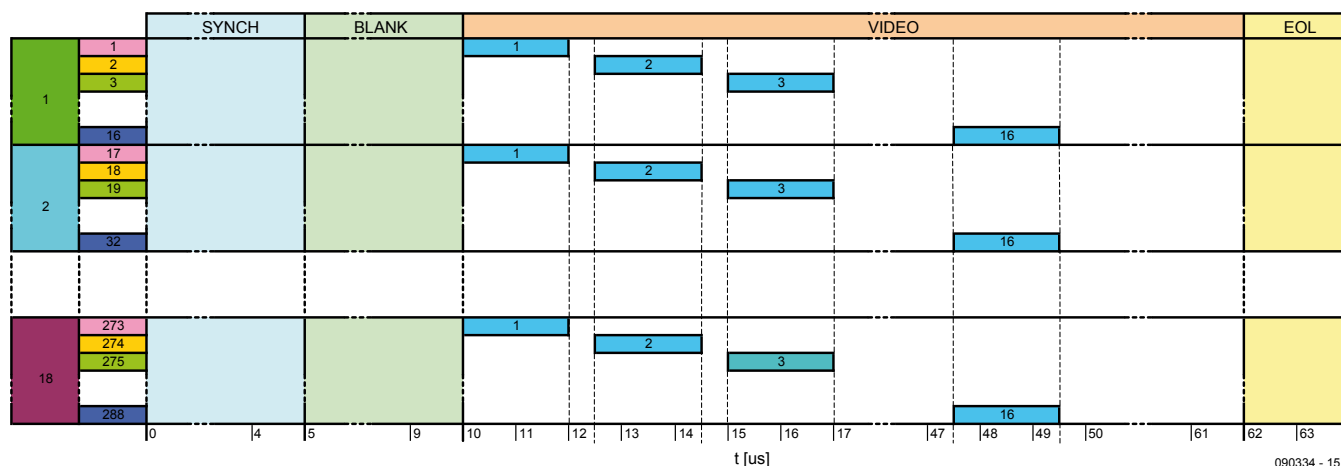


Figure 3. Le chronogramme de l'échantillonnage. Chaque cellule correspond à l'un des points de l'image. Les cases en bleu clair symbolisent la durée de la conversion analogique numérique et traduisent ainsi la durée minimale à respecter entre deux échantillonnages successifs. On distingue la trame sous-échantillonnée qui constituera l'image très faible résolution.

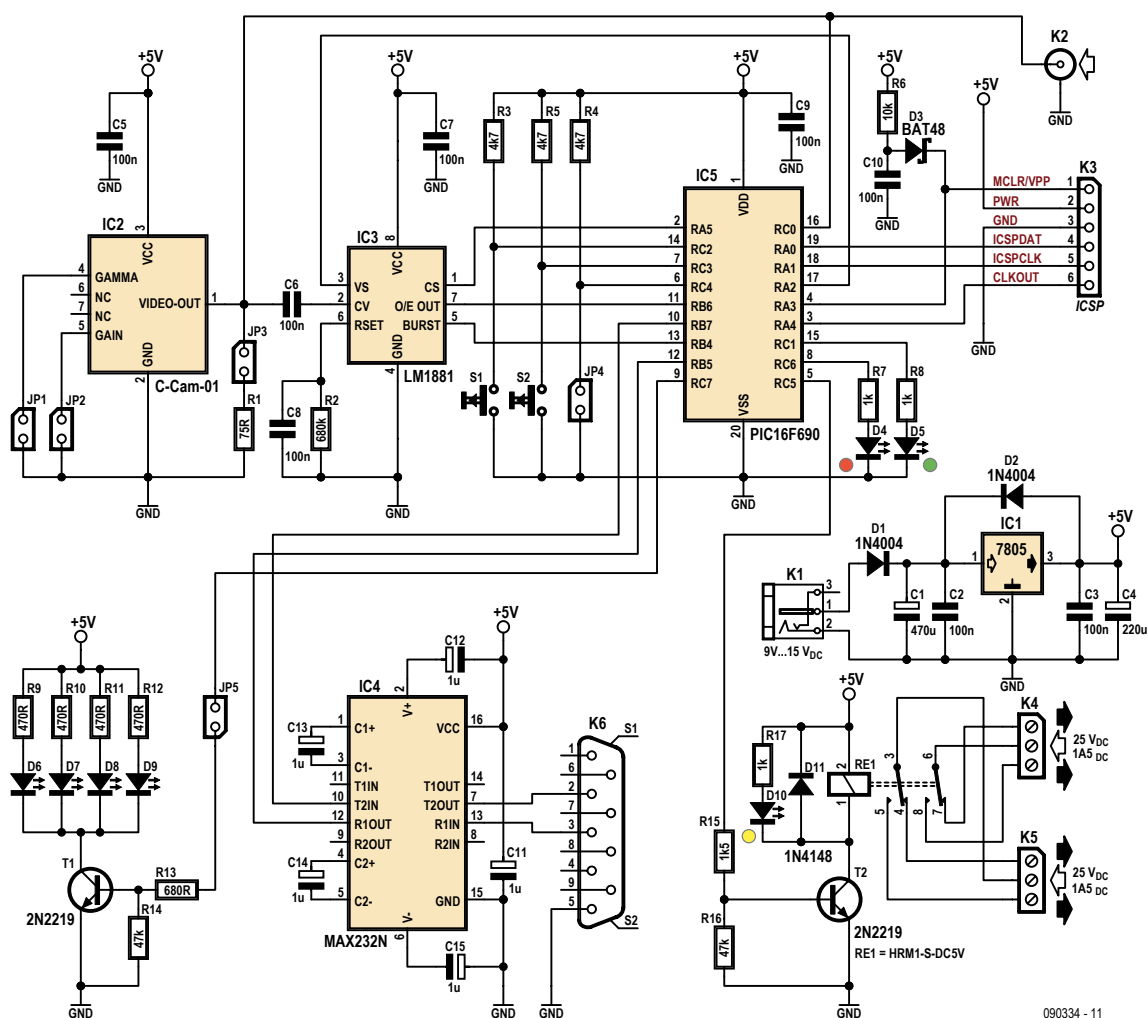


Figure 4. Le schéma électrique du montage. Quelques CI adéquats et le tour est joué.

si on peut se satisfaire de performances moindres, un micro comme le PIC16F690 peut faire l'affaire. Cadencé à 8 MHz il offre un temps de cycle d'instruction de 0,5  $\mu$ s, il peut faire une conversion A/N en 24  $\mu$ s. Il possède 256 octets de RAM, 256 octets d'EEPROM et 4096 mots de mémoire Flash. Au vu de ces caractéristiques, on conçoit que les images devront être de taille modeste pour pouvoir être traitées par ce microcontrôleur.

### Méthode proposée

Le temps de conversion de 24  $\mu$ s ne permet pas d'échantillonner à une fréquence de 12 MHz. En revanche, ce temps est du même ordre de grandeur que les 64  $\mu$ s de durée d'une ligne. De ce simple constat vient alors l'idée de n'acquérir qu'un seul point par ligne, en décalant régulièrement le moment de l'échantillonnage par rapport au début de la ligne. Ce sous-échantillonnage permet alors de constituer une image très faible résolution, compatible avec les ressources dont dispose le microcontrôleur.

L'échantillonnage d'un point par ligne implique un nombre de points de l'image inférieur ou égal au nombre de lignes, soit 288 pixels. Une image de 18 lignes de 16 points ( $18 \times 16 = 288$ ) permet de conserver des proportions à peu près identiques entre la largeur et la hauteur de l'image (**figure 3**).

L'espace mémoire nécessaire au stockage de l'image dépend du nombre de pixels, mais également de la résolution de la luminosité des pixels. Un codage du niveau de luminosité sur deux bits permet de distinguer quatre niveaux de gris, ce qui suffit pour les applications envisagées. Ainsi, une image occupera  $2 \times 288 = 576$  bits, soit 72 octets. Cette faible taille autorise le stockage de trois images dans la mémoire RAM et trois autres encore dans l'EEPROM.

### Description du schéma

Le montage (**figure 4**) s'architecture autour du microcontrôleur PIC16F690 (IC5) de Microchip [2], choisi pour son faible coût et le prix très accessible du *Starter Kit PIC-kit 2* (ou 3) utilisé pour mettre au point le

logiciel. Le connecteur à six contacts K3 est prévu pour le raccordement de l'outil de développement ou de programmation du micro. La diode D3 protège le montage contre la tension de programmation  $V_{pp}$  de 13 V. Avant de connecter le programmeur, décocher l'option *Power target circuit from MPLAB ICD 2* (**figure 5**) dans les paramètres du programmeur. Ceci permet d'alimenter le circuit normalement et d'utiliser le programmeur en même temps. Le capteur d'image IC2 est une caméra CMOS miniature noir et blanc alimentée en 5 V. Le signal délivré est conforme à la description donnée plus haut. L'acquisition du signal vidéo est réalisée par le CAN interne du micro par sa broche 16 (AN4). Le cavalier JP1 permet d'activer la correction du gamma, tandis que JP2 permet de sélectionner le gain d'amplification d'image de la caméra.

## Détection de mouvement par comparaison d'images

La prise cinch (K2) permet de raccorder un moniteur vidéo afin de visualiser l'image prise par la caméra, ou bien de connecter une caméra externe : cette dernière option permet d'évaluer le montage à peu de frais en réalisant l'économie de la caméra CMOS qui dans ce cas ne sera pas câblée sur le circuit imprimé. JP3 doit être positionné pour charger la sortie vidéo de la caméra avec une résistance de 75  $\Omega$  quand la prise K2 n'est pas utilisée.

IC3, le classique circuit LM1881 [3], associé au réseau R2 / C8, se charge d'extraire les synchros trame (VS) et les synchros ligne (CS) du signal vidéo ainsi que le signal de parité (O/E OUT) utilisé par le micro pour synchroniser les dates d'échantillonnage de l'image vidéo. Ces signaux sont reliés respectivement aux ports RA2, RA5 et RB6 du micro. Les LED D6 à D9, commandées par le port RC7 (si JP5 a été positionné), permettent d'éclairer la zone dont l'image doit être acquise.

L'interface série asynchrone disponible sur le microcontrôleur est mise à profit pour



Figure 5. Les paramètres du programmeur. Décocher la case *Power target circuit from MPLAB ICD 2*.

remonter les informations de l'image sur une liaison série. La conversion électrique au standard RS-232 est assurée par IC4. Le relais RE1 offre la possibilité de commander un système extérieur, une alarme par exemple. Il est commandé par le port RC5.

La LED D10 permet de voir si le relais colle ou pas.

L'alimentation est fournie au montage par un bloc secteur (9 à 15 V / 200 mA), raccordé sur le connecteur K1. L'alimentation issue du bloc est filtrée puis régulée par le régulateur de tension linéaire IC1.

### Le logiciel

L'utilisation d'un microcontrôleur implique un logiciel. Pour des raisons de performance, le logiciel a été écrit entièrement en assembleur. Le détail des fonctions (paramètres et procédures) est donné dans le code source du programme, richement commenté, disponible en téléchargement libre sur [1].

Les principales fonctions du logiciel sont réparties en macros et en sous-programmes : l'utilisation de sous-programmes a été privilégiée afin d'économiser la mémoire programme, mais la mise en place de macros (voir **tableau 1**) s'est avérée nécessaire lorsque le temps d'exécution s'est révélé critique, notamment lors de la phase d'acquisition de l'image, dont les étapes de codage des niveaux de gris prennent du temps.

Les phases d'échantillonnage du signal vidéo et de codage du pixel en niveaux

**Tableau 1. La liste des fonctions disponibles pour la gestion du système de vision.**

Type	Nom	Fonction
Macro	MACRO_LineSync	Attente synchro ligne
Macro	MACRO_DPixelAcquisition2Bits	Lancement acquisition pixel n et conversion pixel n-1 en niveaux de gris
Fonction	Start	Programme principal composé de la phase d'initialisation et de la boucle principale
Fonction	BinASCII	Conversion décimale vers ASCII : renvoie les codes ASCII des 3 digits de la valeur décimale à convertir (Centaines, Dizaines, Unités)
Fonction	Bin2Colour2Bits	Converti un niveau de gris (0 à 3) en code ASCII servant à le représenter (32, 176, 177, 178)
Fonction	CharTrans	Transmission d'un caractère sur la liaison série
Fonction	PictureRamToEeprom	Copie de l'image stockée en RAM vers l'EEPROM
Fonction	PictureEepromToRam	Copie de l'image mémorisée en EEPROM vers la RAM
Fonction	PictureCompare	Comparaison des deux images stockées en RAM et en EEPROM
Fonction	PixelGroupDistCalc	Calcule la distance (valeur absolue de l'écart de niveau de luminosité) entre 4 groupes de 2 pixels
Fonction	PictureAcquisition	Acquisition d'une image de 288 points organisée en 18 lignes de 16 pixels codés sur 4 niveaux de gris
Fonction	DecimalValueTransmission	Transmission sur la liaison série des 3 codes ASCII représentant les 3 digits d'une valeur décimale
Fonction	PictureTransmissionBIT	Transmission sur la liaison série de l'image stockée en RAM, chaque pixel étant représenté par le caractère ASCII correspondant à son niveau de gris

## Liste des composants

### Résistances (5 %, 0,25 W) :

R1 = 75  $\Omega$   
R2 = 680 k $\Omega$   
R3 à R5 = 4k7  
R6 = 10 k $\Omega$   
R7, R8, R17 = 1 k $\Omega$   
R9 à R12 = 470  $\Omega$   
R13 = 680  $\Omega$   
R14, R16 = 47 k $\Omega$   
R15 = 1k5

### Condensateurs :

C1 = 470  $\mu$ F / 25 V, électrolytique, radial, diamètre 10 mm  
C2, C3, C5 à 10 = 100 nF, polyester (MKT) au pas de 5,08 mm  
C11 à 15 = 1  $\mu$ F / 16 V, électrolytique, radial, diamètre 5 mm  
C4 = 220  $\mu$ F / 25 V, électrolytique, radial, diamètre 8 mm

### Semi-conducteurs :

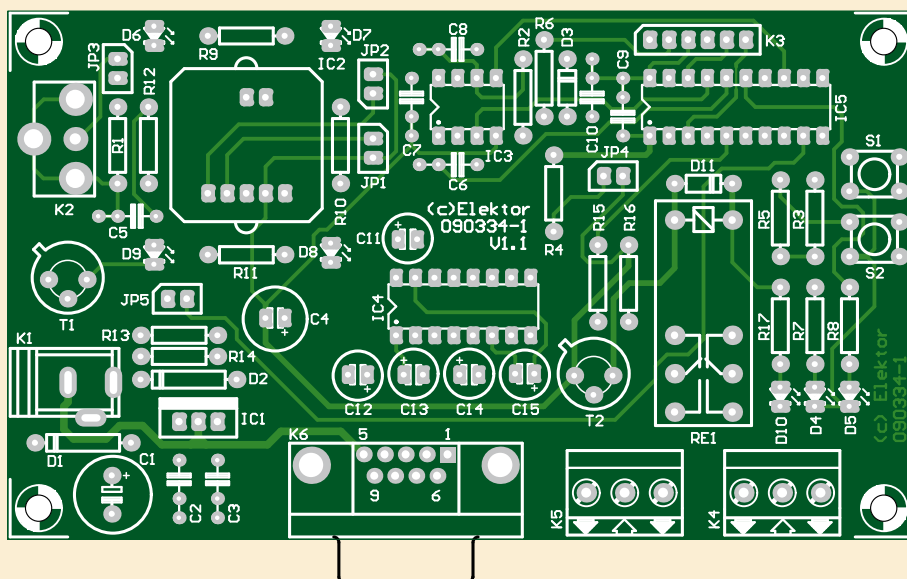
D1, D2 = 1N4004  
D3 = diode schottky BAT48, DO-35  
D4 = LED rouge, faible courant, 3 mm  
D5 = LED verte, faible courant, 3 mm  
D10 = LED jaune, faible courant, 3 mm  
D6 à D9 = LED infrarouge, QED222 (p. ex. Farnell réf. 1652526)  
D11 = 1N4148  
IC1 = 7805, TO-220  
IC2 = module caméra compacte C-MOS IR (CCIR), p. ex. Conrad réf. C-Cam-01 150001  
IC3 = LM1881N/NOPB, DIP-8 (p. ex. Farnell réf. 1564700)

IC4 = MAX232N, PDIP-16  
IC5 = PIC16F690-I/P, DIP-20 (p. ex. Farnell réf. 1103406)

### Divers :

RE1 = Relais Multicomp HRM1-S DC5V (p. ex. Farnell réf. 9479937)  
JP1 à JP5 = barrette à 2 contacts au pas de 2,54 mm + cavalier  
K1 = Connecteur d'alimentation 2,1 mm, horizontal pour montage sur CI  
K2 = Connecteur RCA pour montage sur CI

K3 = barrette à 6 contacts mâles au pas de 2,54 mm  
K4, K5 = Bornier à vis à 3 contacts au pas de 5 mm  
K6 = Connecteur sub-D à 9 contacts, femelle, horizontal pour montage sur CI  
S1, S2 = Bouton-poussoir, p. ex. Tyco Electronics FSM4JH (Farnell réf. 1555982)  
Supports pour IC3, IC4 et IC5 (respectivement 8, 16 et 20 broches)  
Platine EPS 090334-1 (voir [1])





de gris ont été optimisées : le codage en niveaux de gris de chaque pixel est effectué pendant que le CAN se charge de réaliser la conversion du pixel suivant, ce qui permet d'économiser le temps de latence de 24  $\mu$ s dû à l'opération de conversion.

Le logiciel de base illustre les possibilités offertes par le système de vision. Ce logiciel réalise les opérations suivantes :

- acquisition et stockage d'une image de 288 pixels en RAM
- émission de l'image au format ASCII sur la liaison série
- comparaison de l'image stockée en RAM avec l'image stockée en EEPROM
- remontée sur la liaison série des résultats de comparaison des images
- commande des LED d'éclairage

Les deux images stockées en RAM et en EEPROM sont comparées pixel par pixel. La méthode de comparaison utilisée consiste à cumuler les

Un appui sur le bouton S2 permet de mémoriser en EEPROM la dernière image préalablement acquise et stockée en RAM, un appui sur le bouton S1 permet de remonter l'image mémorisée en EEPROM sur la liaison série. La LED D5 flashe lors d'un appui sur un des deux boutons-poussoirs, la LED D4 signale le début et la fin d'acquisition de l'image. D10 s'allume quand le relais est activé.

JP4 autorise l'utilisation des LED d'éclairage par le logiciel. JP5 autorise l'utilisation des LED d'éclairage par le matériel, la différence est subtile.

### Conclusion

Bien que modeste, ce montage permet d'envisager de nombreuses expérimentations et même des applications pratiques. Ainsi, le logiciel de détection de présence

d'objet a été expérimenté par l'auteur qui cherchait un moyen de détecter à distance la présence de courrier et de colis dans une boîte aux lettres et non pas l'évènement lié à leur introduction dans la boîte. Pour ce faire, une mire

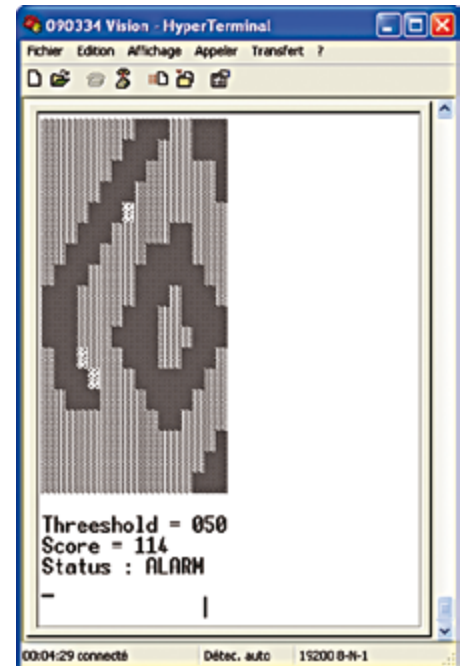


Figure 6. L'image vidéo dans HyperTerminal.  
Devinez-vous de quoi il s'agit ?

(Un petit carré dans un carré plus grand.)

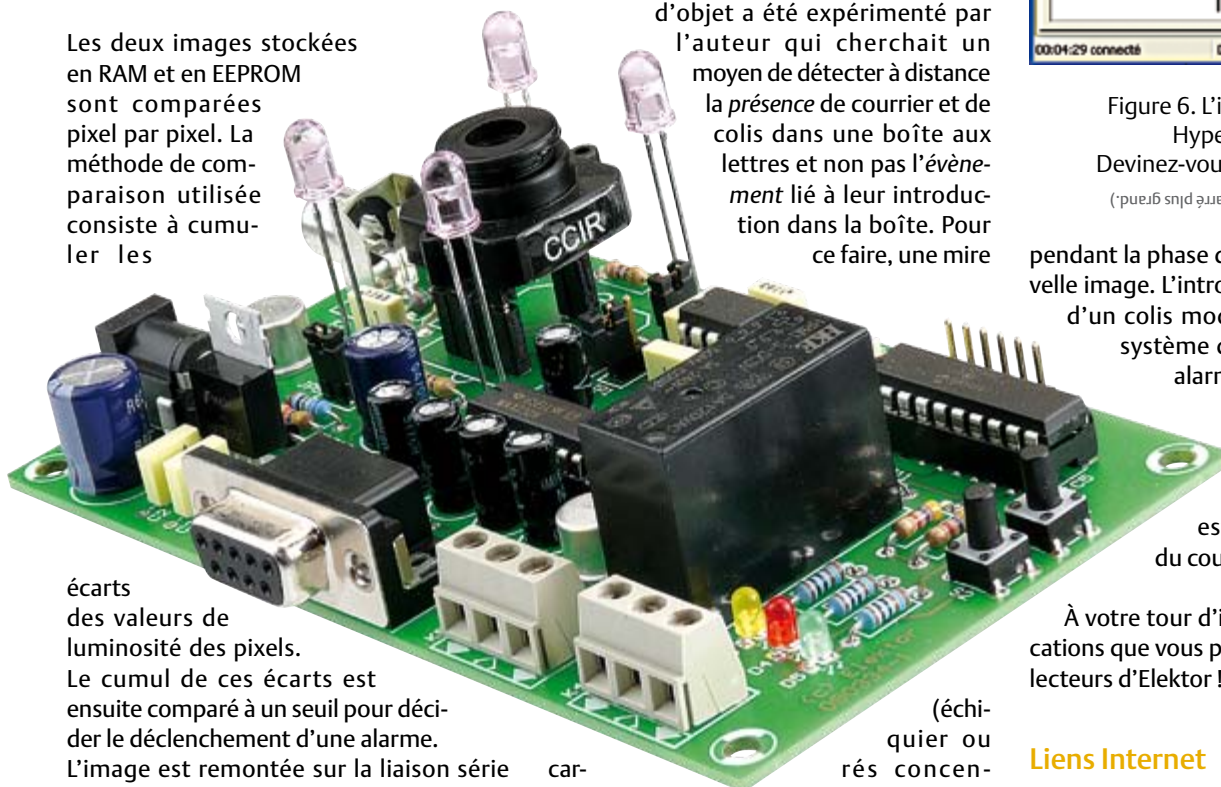
pendant la phase d'acquisition d'une nouvelle image. L'introduction d'une lettre ou d'un colis modifie l'image vue par le système qui déclenche alors une alarme qui persiste tant que l'objet introduit reste en place dans la boîte. Cette alarme disparaît lorsque la boîte est vidée lors de la levée du courrier.

À votre tour d'imaginer d'autres applications que vous pourrez partager avec les lecteurs d'Elektor !

(090334)

### Liens Internet

- [1] [www.elektor.fr/090334](http://www.elektor.fr/090334)
- [2] [ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41262E.pdf](http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41262E.pdf)
- [3] [www.national.com/ds/LM/LM1881.pdf](http://www.national.com/ds/LM/LM1881.pdf)



écarts des valeurs de luminosité des pixels. Le cumul de ces écarts est ensuite comparé à un seuil pour décider le déclenchement d'une alarme. L'image est remontée sur la liaison série au format ASCII (19200 bauds, 1 bit de start, 8 bits de données, pas de parité, 1 bit de stop) de sorte qu'un simple terminal (type HyperTerminal) permet de visualiser l'image (figure 6). Les quatre niveaux de gris que peut prendre chaque pixel sont codés au moyen des quatre codes ASCII étendus de valeur 32, 176, 177 et 178.

car- triques) est placée au fond de la boîte tandis que le système de vision, placé en haut de la boîte, surveille cette mire à intervalles réguliers et la compare avec une image de référence mémorisée en EEPROM lors de l'installation du système. La boîte aux lettres, étanche à la lumière du jour, est éclairée par les LED du montage

(échi- quier ou rés concen- trées)

# LabVIEW Embedded pour $\mu$ C ARM

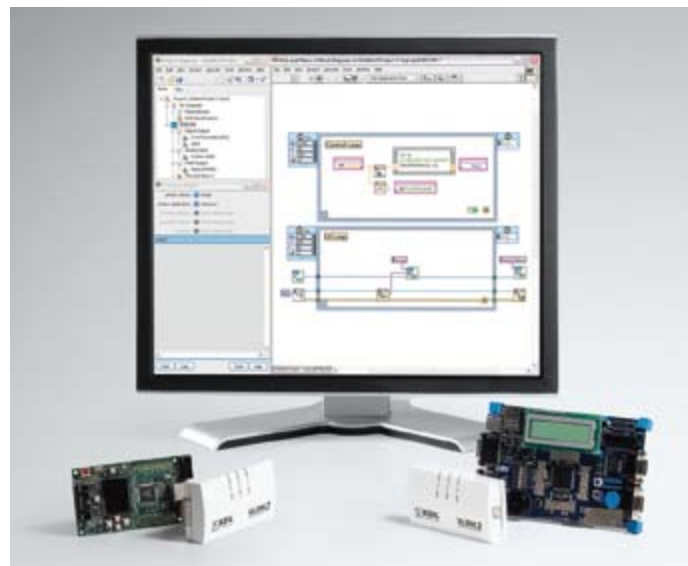
Clemens Valens (Elektor France)

Si vous pensez que LabVIEW sert uniquement à réaliser de jolies interfaces homme-machine pour des bancs de mesure, cet article est pour vous. Si vous êtes intéressé par la programmation facile des microcontrôleurs puissants, continuez à lire aussi. Même si vous n'avez aucune idée de ce que c'est LabVIEW, ne tournez pas la page, car l'outil vaut le détour.

LabVIEW est le produit phare de National Instruments. Conçu comme outil pour le pilotage des bancs de mesure et la visualisation de données, LabVIEW a beaucoup évolué en trente ans et est devenu un langage de programmation graphique puissant et unique : c'est le seul outil sur le marché qui permet de développer une application sur ordinateur, FPGA ou microcontrôleur avec le même langage et les mêmes méthodes de programmation. C'est ce que l'on appelle un langage multiplateforme.

Un programme « écrit » en LabVIEW Embedded pour ARM se présente comme n'importe quelle autre application écrite en LabVIEW, avec une face avant et un diagramme (ce sont les termes employés par NI). Dans le cas d'une application embarquée, la face avant peut représenter les périphériques de la carte, comme un interrupteur ou une LED, mais aussi des éléments de débogage comme des variables. Dans LabVIEW Embedded la face avant ne sert que pour la simulation et le débogage de l'application.

Pour vous donner une idée à quoi ressemble un programme LabVIEW pour ARM, regardez les photos d'écran qui illustrent cet article. Il s'agit d'une application toute simple qui compare une tension



(provenant du potentiomètre de la carte) multipliée par deux à une valeur de seuil (*threshold*). Si la valeur est au-dessus de ce seuil, une LED est allumée. La tension multipliée par deux est aussi renvoyée sur la sortie analogique (n'oubliez pas d'enlever le cavalier du haut-parleur).

Les blocs en magenta (**figure 1**) sont les E/S élémentaires qui correspondent à une broche du micro. LabVIEW en offre quelques-unes de prédéfinies, comme les LED, mais vous pouvez ajouter les vôtres, par exemple pour un relais. La LED verte dans le diagramme est un élément qui figure sur la face avant (**figure 2**). Elle suit la LED1 de la carte. Sur la face avant se trouvent aussi les cases *threshold* et *output*. Ce sont des variables du programme qui ne sont pas accessibles sur la carte, mais qui peuvent être modifiées ou visualisées pendant le débogage. Les cases « 2 » et « 100 » sont des constantes et les triangles sont des opérations mathématiques ou logiques.

Le grand rectangle gris représente une boucle (notez la flèche dans le coin en bas à droite). Tout ce qui est dans le rectangle est répété jusqu'à ce que la boucle soit terminée. Ici la boucle ne se termine jamais, car la condition d'arrêt (l'hexagone rouge) est fermée grâce

## Que contient le kit ?

- DVDROM avec LabVIEW et le module LabVIEW Embedded pour ARM : ce sont les outils de NI qui permettent de programmer graphiquement une carte à microcontrôleur ARM.
- Keil  $\mu$ Vision RealView kit de développement pour microcontrôleur : c'est un environnement de développement intégré (EDI) classique pour la programmation d'un microcontrôleur en C/C++, assembleur... L'EDI s'appelle  $\mu$ Vision, la chaîne d'outils c'est RealView.
- Adaptateur ULINK2 USB-JTAG pour programmer le micro et

déboguer l'application.

- Carte d'évaluation à microcontrôleur ARM. Il y a deux modèles : le MCB2370U de Keil à base de LPC2378 (ARM7TDMI-S) de NXP ou le EK-LM3S8962 (Cortex-M3), pur sang Texas Instruments.
- Notice et deux câbles USB.

Prix du kit présenté : 8 949 €

Plus d'information : [www.ni.com/arm/f](http://www.ni.com/arm/f)

LabVIEW Embedded existe aussi pour DSP et pour microprocesseurs à 32 bits.

## LabVIEW, $\mu$ Vision & RTM

$\mu$ Vision RealView peut être déployé sans LabVIEW et permet de développer « à l'ancienne » des applications pour d'autres cartes ou votre propre matériel à  $\mu$ C ARM. Au moment d'écrire cet article, RealView supportait plus de 260 processeurs au cœur d'ARM7, ARM9 ou Cortex-M3. Le kit inclut une licence illimitée dans le temps avec support technique de Keil d'un an (renouvelable).

LabVIEW Embedded pour ARM, par contre, nécessite l'utilisation de  $\mu$ Vision (fourni avec le kit), sauf en mode simulation. Le lien entre

LabVIEW pour ARM et  $\mu$ Vision est RTM de Keil, un système d'exploitation temps réel pour microcontrôleur. Le programme en LabVIEW est traduit en un programme en C qui s'appuie lourdement sur RTM. C'est ce programme qui est compilé par RealView en exécutable pour le micro. Sans les bibliothèques RTM (ou compatibles, il suffit de les écrire...), cela ne marchera pas. Notez que les sources de votre programme LabVIEW traduit en C sont accessibles pour inspection.

à la case verte qui a comme valeur Faux (*False*) où il faut avoir un Vrai (*True*) pour sortir. La boucle est cadencée par le petit métronome qui fait en sorte qu'elle est exécutée toutes les 100 ms.

LabVIEW est multitâche, ce qui explique pourquoi le système d'exploitation temps réel RTM de Keil (voir encadré) est nécessaire pour produire l'exécutable du micro. Pour illustrer l'aspect multitâche,

LabVIEW) donne une taille d'un peu plus de 34 ko. Une application qui ne consiste qu'en une boucle infinie vide résulte en un exécutable de 14 ko et la compilation est aussi longue.

L'intérêt de LabVIEW Embedded se trouve bien sûr dans des applications plus complexes. De nombreuses fonctions (DSP, TCP/IP, port

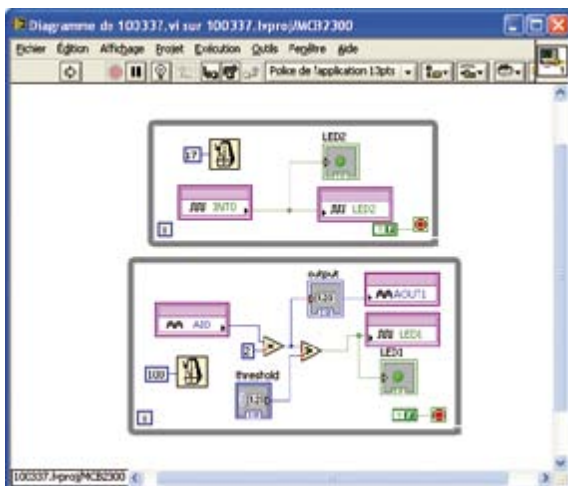


Figure 1. Diagramme de l'application de test.



Figure 2. La face avant de l'application de test pendant le débogage.

une deuxième boucle a été rajoutée qui scrute continuellement le bouton-poussoir de la carte et qui allume la LED2 quand on appuie sur le bouton. Les deux boucles sont exécutées indépendamment l'une de l'autre.

La compilation de cette simple application est étonnamment longue et prend plus d'une minute sur l'ordinateur de test (pourtant un ordinateur portable récent : Intel Pentium T4200 @ 2 GHz, 4 Go RAM, Windows XP Pro SP3). Ceci est dû au compilateur C qui a beaucoup de fichiers à traiter. L'exécutable produit est au format ELF. L'outil *arm-elf-size* (qui fait partie de la chaîne d'outils pour ARM GNU et pas de

série, math...) sont disponibles, prêtes à l'emploi. S'il vous manque une fonction, vous pouvez la créer ou l'importer à partir d'une DLL d'une tierce partie (la vôtre par exemple). LabVIEW Embedded s'adapte à votre matériel, la carte d'évaluation incluse dans le kit n'est qu'un exemple.

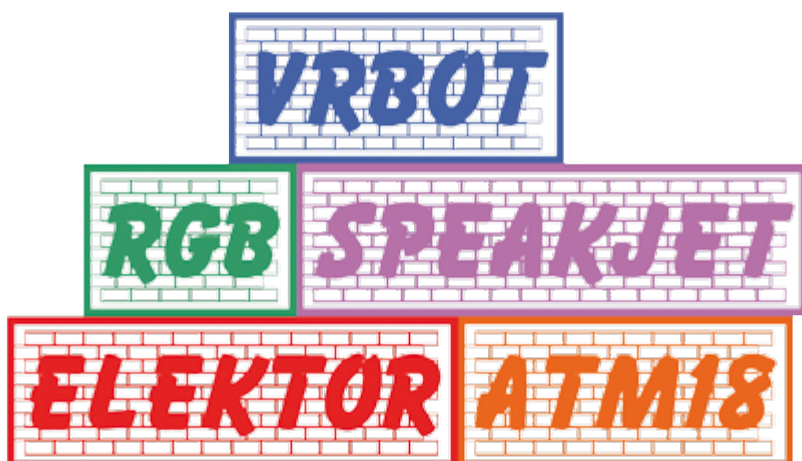
### Pensez au clic droit !

Le fait que LabVIEW est un langage de programmation graphique ne veut pas dire que c'est enfantin, même si NI a fait un gros effort de tout bien expliquer (parfois en français, parfois en anglais). Lisez donc la petite notice fournie dans le kit et n'oubliez jamais que le clic droit peut vous être utile à tout moment.

Une fois que vous maîtrisez LabVIEW Embedded, vous disposez d'un outil extrêmement puissant. Prévoyez tout de même un ordinateur performant, sinon vous perdez le temps gagné pendant la programmation en attendant la compilation.

(100337)





# Talk Show

## visualisez vos paroles

Grégory Ester (France)

Vous aimeriez équiper votre projet de la reconnaissance vocale, un synthétiseur

de voix ou encore un pixel RVB géant ? Nous vous proposons les briques, assemblez-les comme vous l'entendez, et pour le coup ce n'est rien de le dire !

Depuis le n° 358, une multitude d'applications basées sur l'utilisation de la platine ATM18 a largement coloré les pages du magazine. Vous pouvez à ce propos retrouver sur [1] dans la sous-rubrique « NUMERO 358 » les liens menant vers **toutes** les références des montages basés sur les microcontrôleurs AVR d'Atmel publiés dans Elektor depuis janvier 2008 et même découvrir la petite nouvelle : Minimod18 et son ATmega328 dotée des principaux périphériques lui permettant de communiquer sans complexe avec le monde extérieur.

Aujourd'hui, il ne s'agit pas dans cet article d'entrer dans le détail d'une mise en œuvre complexe. Non ! Bien au contraire. Laissons pour une fois l'aspect structurel et mathématique de côté afin de s'attarder à la mise en œuvre de modules « prémoulés ».

De nos jours, les efforts constants des fabricants à nous proposer des modules prêts à l'emploi permettent de s'affranchir du matériel pour se consacrer un peu plus à l'assemblage de ces briques et à leur programmation. Maintenant on peut facilement créer, assembler, désassembler, associer des fonctions pour réaliser son jouet du moment.

Bien entendu, il ne faut jamais perdre de vue que l'électronique ne laisse pas place au hasard et que la rigueur reste le maître mot. S'inscrire en s'amusant n'a jamais été incompatible, n'est-ce pas ? Pour ce jeu de construction, j'ai voulu mettre en œuvre la reconnaissance vocale ainsi que la restitution d'effets sonores et de mots.

Pour développer un peu plus le côté ludique, j'ai ajouté le pilotage d'un module RVB... sans les mains donc. Voici les briques (faciles à trouver [3]) que nous allons utiliser :

- **VRbot** : module de reconnaissance vocale.
- **Speakjet** : platine permettant de générer des messages vocaux et des sons complexes.
- **BlinkM MaxM** : module de trois LED RVB de 10 mm à haute luminosité conçu pour être piloté via un bus I<sup>2</sup>C.

L'ensemble repose sur de solides fondations : ATM18, le LCD bifilaire [2] et l'ensemble des développements logiciels déjà parus et téléchargeables gratuitement (BASCOM-AVR ou AVR-GCC) et qui peuvent servir de bases à modifier ou à enrichir au besoin.

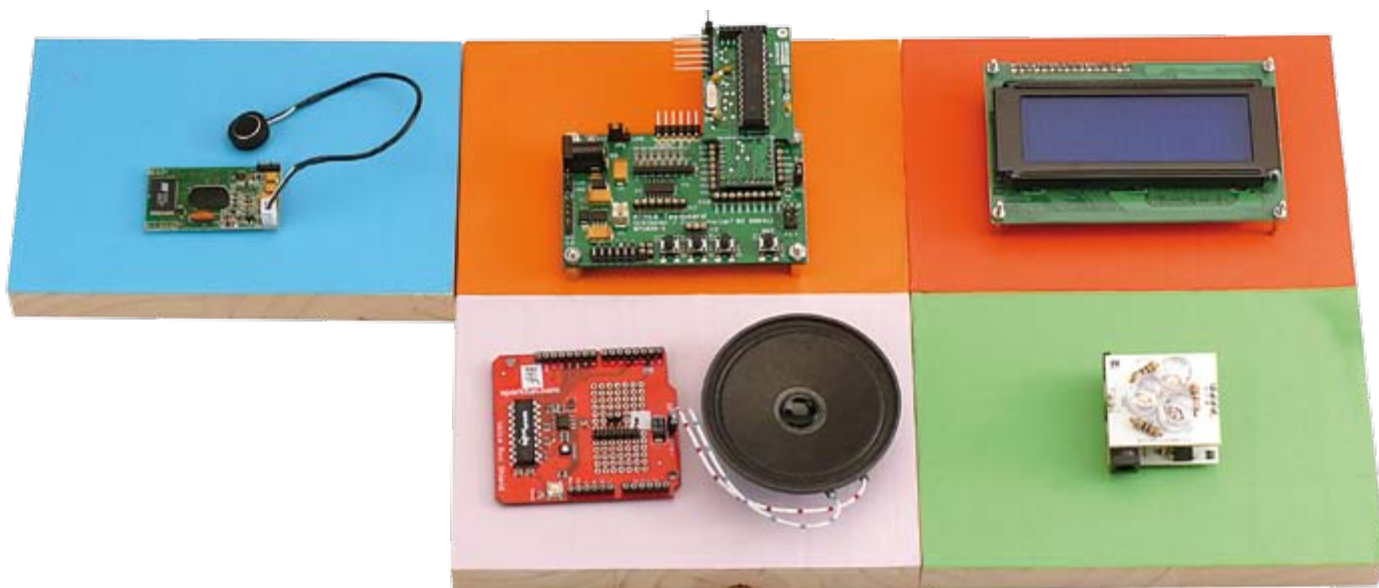
### Une troisième main, ça vous dirait ?

Que pensez-vous de l'aptitude de réagir à des commandes vocales pour remplacer l'appui sur un bouton-poussoir pendant que vos deux seules pauvres petites mains sont occupées à saisir des pointes de touche pour des mesures de précision ?

Le module de reconnaissance vocale VRbot permet de réaliser ce rêve. La reconnaissance est quasiment « monolocuteur » (SD : *Speaker Dependent*), c'est-à-dire que le timbre de voix est pris en compte dans la reconnaissance vocale. Prononcez « Sésame ouvre-toi » et VRbot vous répondra à vous, rien qu'à vous ! Par défaut VRbot

Tableau 1. Le vocabulaire de VRbot, réparti sur sept groupes. Les mots en *cursive* sont à prononcer « à l'anglaise ».

Groupe	nombre de mots	mots
SD1	11	<i>Red, Green, Blue, Mood light, Seasons, Thunderstorm, S.O.S., Black, Hue cycle, Virtual candle, White flash</i>
SD2	6	Gauche, Droite, Haut, Bas, Avant, Arrière
SD3	8	Action, Marche, Tourne, Cours, Regarde, Attaque, Stop, Bonjour
SD4	4	Elektor, VRBOT, CC2, Adelek
SI1	8	<i>Action, Move, Turn, Run, Look, Attack, Stop, Hello</i>
SI2	6	<i>Left, Right, Up, Down, Forward, Backward</i>
SI3	11	<i>Zero, One, Two, Three, Four, Five, Six, Seven, Eight, Nine, Ten</i>



propose également 25 mots préenregistrés dans un mode « multi-locuteur » (SI : *Speaker Independent*).

Un ensemble de mots est mémorisé par l'utilisateur dans des groupes. Au démarrage, maintenir appuyé le bouton-poussoir S1 de la platine ATM18 (connecté à PB0) permet de naviguer dans un menu afin de choisir un des sept groupes : SD1 à SD4 (SPEAKJET\_VRBOT\_TEST\_SD.bas) et SI1 à SI3 (SPEAKJET\_VRBOT\_TEST\_SI.bas). Le programme boucle sur le test choisi et vous permet de tester l'ensemble des mots du groupe et de constater le cas échéant l'action engendrée.

Vous avez quelques secondes pour vous exprimer. Si VRbot comprend ce que vous dites, il affiche le mot prononcé sur le LCD bifilaire. S'il entend du bruit ou si le mot est mal prononcé ou n'existe pas dans sa mémoire, il affichera *What ??* Si vous tardez trop à parler pendant que vous en avez la possibilité, il affichera *Too late*.

VRbot ne parle pas français, par conséquent j'ai décidé de lui apprendre quelques mots dans la langue de Molière (SD2 et SD3 dans **tableau 1**). Dans le groupe SD4, je lui ai également soufflé quatre nouveaux mots : Elektor, VRbot, CC2, Adelek. Le premier groupe (SD1), quant à lui, contient le nom des ambiances lumineuses qu'il faudra prononcer pour piloter le module RVB.

Nous allons nous attarder sur la manière d'apprendre à VRbot un des mots du groupe SD1. Pour ce faire, nous allons utiliser le fameux cordon ombilical USB / sériel TTL 5 V [4] qui nous permettra de relier le module au PC sur lequel vous aurez préalablement installé VRbot GUI (V1.1.5) [5]. Connectez le module au cordon USB/TTL en respectant les couleurs comme sur la **figure 1**. Vous obtenez ainsi une liaison série croisée. Enfichez l'autre extrémité sur un port USB libre de votre PC.

Démarrez le logiciel VRbot GUI et choisissez le langage dans lequel vous souhaitez prononcer les mots des groupes SI. Sélectionnez le port COM adéquat et établissez la liaison (*connect*), le logiciel importe automatiquement les mots déjà enregistrés. Un indicateur d'avancement vous indique la progression de l'importation. À noter que par défaut VRbot est configuré à 9600 bauds.

Cliquez maintenant sur le groupe que vous souhaitez enrichir en

vocabulaire. Sélectionnez *add command* que vous nommerez WHITE\_FLASH (par exemple) pour l'index 10 du groupe 1 (SD1). La **figure 2** indique que la commande a été créée, mais pas encore enregistrée (*Trained: 0*). Ce n'est pas à ce stade de l'opération qu'il

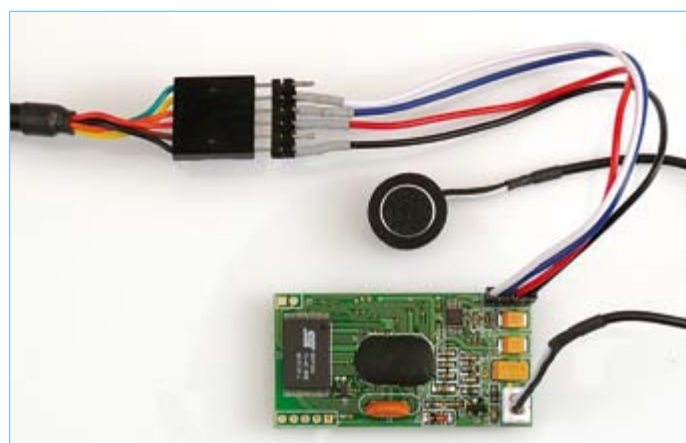


Figure 1. VRbot et la liaison USB. N'oubliez pas de connecter un microphone.

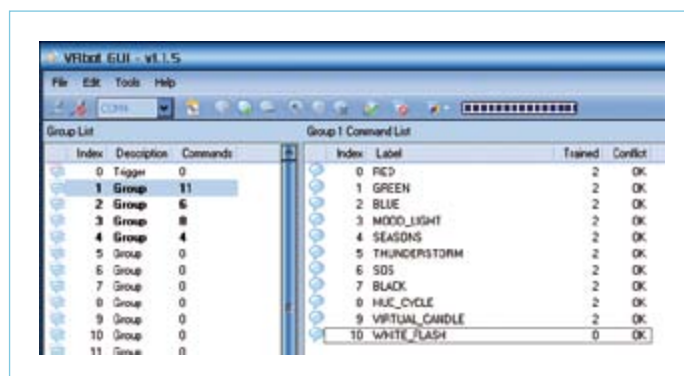


Figure 2. Onze ambiances lumineuses. La dernière n'a pas encore été apprise (*Trained = 0*).

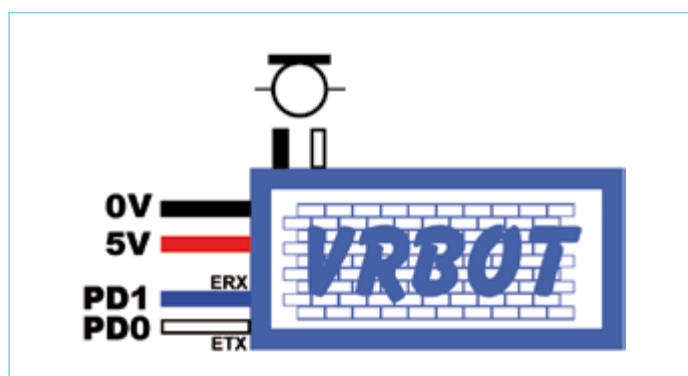


Figure 3. Voici comment relier VRbot à la carte ATM18. Connectez le bouton-poussoir S1 de la platine ATM18 à PB0.

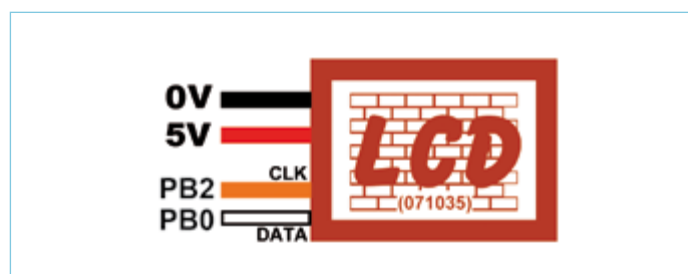


Figure 4. Le branchement du LCD bifilaire, comme décrit dans [2].

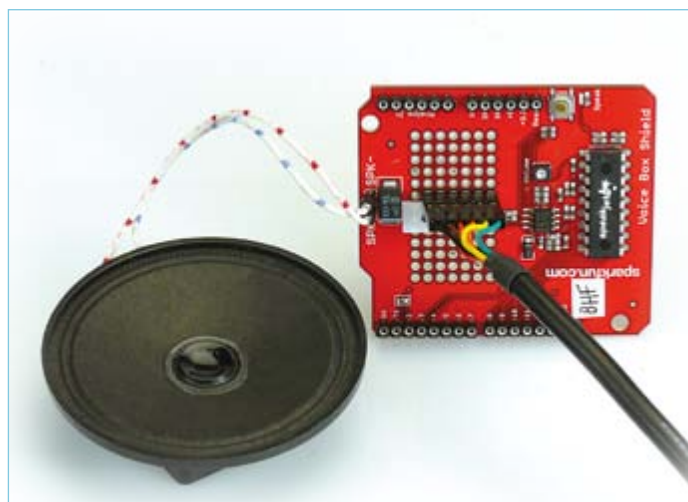


Figure 5. Speakjet et la liaison USB. C'est une connexion unidirectionnelle, ce module loquace est un peu snob et ne parle pas à l'ordinateur.

faut rester muet d'émotion, vous allez devoir parler : soprano ou ténor, peu importe ! Il faut seulement que vous répétiez deux fois de suite (*train command*) à une distance d'environ 40 cm du micro et sur la même intonation le même mot afin que la commande puisse ensuite être reconnue au sein du système. Une fois les groupes créés, vous pouvez vous amuser à les tester (*tool* puis *test group*), si le mot est reconnu il est mis en surbrillance clignotante verte. À ce stade, le module VRbot est prêt à être intégré au système. La **figure 3** vous indique le brochage à respecter pour la connexion à la platine ATM18, la **figure 4** montre la même chose pour la connexion du LCD bifilaire.

### Speakjet...

... utilise une technique de synthèse vocale basée sur les « phonèmes », comme le fait un être humain. Les phonèmes sont les briques qui permettent de construire les mots. Un allophone est une variation sonore possible d'un phonème. Les phonèmes mis bout à bout forment des mots ou des phrases. Ainsi, 72 éléments sonores sont utilisables et c'est là dedans que nous allons piocher pour pouvoir construire le mot Elektor. Il est également possible de jouer sur une multitude de paramètres afin d'ajouter une émotion, une déformation argotique ou une interrogation en fin de phrase, etc. Il faut donc raisonner en termes de sons émis par notre bouche tout en considérant également que le son sera prononcé différemment en fonction de la position dans le mot et de l'influence des voyelles environnantes. Par exemple, le B de *book* ne se prononcera pas de la même façon que le B de *baby*.

Les nuances sont nombreuses, mais la documentation technique du composant est bien fournie et vous sera d'une aide indispensable. Vous pourrez y lire des explications sur l'utilisation des diphtongues, des silences, des tonalités stressantes ou relaxantes.

Un peu plus ludique est la possibilité de produire 43 effets sonores (alarme, sons bio...) et 12 fréquences DTMF.

Nous allons donc mettre en œuvre la platine à base du circuit intégré Speakjet. Le logiciel *Phrase-A-Lator* [6] permet de communiquer directement avec le module afin de tester les mots du dictionnaire intégré ou ceux de votre composition ainsi que les sons. Il est également possible de contrôler des événements en fonction de l'état de certaines entrées, de mettre en mémoire EEPROM des mots afin de pouvoir les rappeler très simplement par la suite en quelques lignes de code. Une petite zone pastillée vous permettra de souder très rapidement une rangée adjacente de six picots mâles, ce qui vous permettra de programmer directement la platine en uti-

Tableau 2. Voici la constitution de quelques autres mots.

And	\SLOW \AY \SLOW \NE \OD
ATM18	\EYIY \IY \TU \IY \IY \EH \EH \MM \NTF#2 \EYIY \P4 \TT \IY \NE
Present	\PO \FAST \RR \EY \SE \EH \NE \TT
Speakjet	\SE \PE \SLOW \IY \EK \JH \EH \TT
VRbot	\SLOW \VV \SLOW \IY \P6 \P6 \AWRR \P6 \P6 \BO \OH \TT



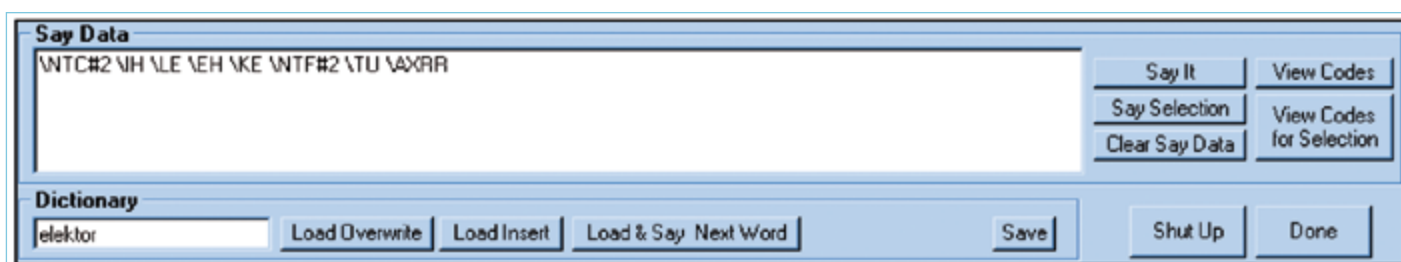


Figure 6. Faites-lui dire ce que vous voulez.

lisant une fois de plus le cordon USB/série TTL 5 V. Pour cela il faut souder trois fils comme le montre la **figure 5** : TxD du cordon USB/série TTL (broche 4, orange) sera relié à la broche « 2 » de la platine Speakjet à côté de la broche « TX », le +5 V (broche 3, rouge) et la masse (broche 1, noire) seront prélevés du port USB depuis le même connecteur afin d'alimenter la platine.

Après avoir installé le logiciel Phrase-A-Lator, connectez l'ensemble sur un port USB libre de votre PC. Un *ready* prononcé façon robotique vous signale alors que l'ensemble est prêt. Démarrez le logiciel, sélectionnez le port COM et cliquez sur *Test serial connection*, un nouveau *ready* vous indique que la liaison est opérationnelle. Cliquez maintenant sur *Phrase-A-Lator* et composez le mot *Elektor* en vous inspirant de la **figure 6**. Cliquez sur le bouton *say it?* Ça y est, il l'a dit !

Le **tableau 2** montre la construction des autres mots du message d'accueil « *Elektor and ATM18 present Speakjet and VRbot* », prononcé à la mise sous tension du système *Talk Show*.

Il faudra mettre les mots en mémoire EEPROM pour pouvoir les rappeler par la suite grâce à quelques lignes écrites en BASCOM-AVR. La procédure est simple. Démarrez le logiciel *Phrase-A-Lator*, puis sélectionnez *EEPROM editor*. Lors de l'édition du dernier mot, en l'occurrence « *Elektor* », reportez-vous à la **Figure 7** pour les quatre

étapes qui aboutissent à l'enregistrement dans l'EEPROM de l'ensemble des mots. Il faudra veiller à ranger tous les termes dans les bons emplacements de la mémoire EEPROM.

Un simple clic sur *view codes* vous permet de générer une partie du code nécessaire pour compléter le programme en BASCOM-AVR (**figure 8**). Cliquez sur le bouton *save* afin de sauvegarder votre composition dans le dictionnaire.

Enfin, la **figure 9** montre comment connecter le module *Speakjet* à la carte *ATM18*. Utilisez la bonne broche « 2 », celle à côté de la broche « TX ».

### Afficheur à 1 mégapixel

La dernière brique que nous allons employer (**figure 10**) intègre trois LED RVB de 10 mm à haute luminosité. La **figure 11** montre comment connecter ce mégapixel à la carte *ATM18*.

L'ensemble est conçu pour être piloté via un bus I<sup>2</sup>C. Il est possible de commander le mélange des couleurs de manière très précise sur 3 x 8 bits en synthèse additive. Mais ce n'est pas tout, ce pixel géant possède de nombreuses possibilités de paramétrage telles que la génération de séquences d'affichage différentes en mode autonome, le choix de la durée de transition, l'éclairage aléatoire, etc.

Au démarrage et en guise de test, c'est le rouge d'*Elektor* qui annoncera

## Résumé du fonctionnement de Talk Show

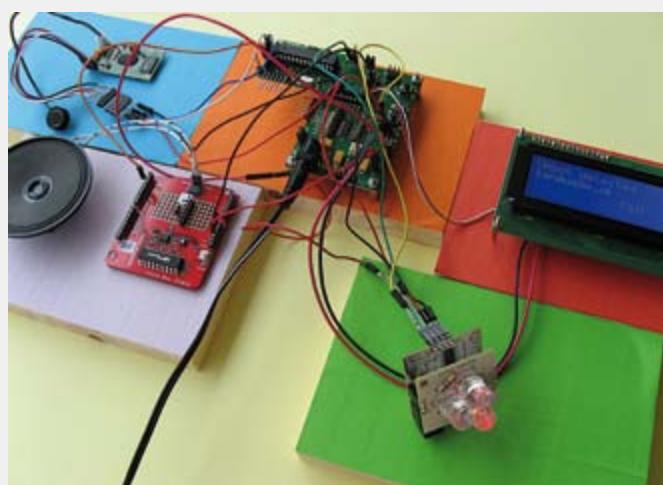
Au démarrage, *ready* est prononcé ; *Speakjet* est donc prêt à parler. L'adresse I<sup>2</sup>C du module RVB est détectée automatiquement. L'écran d'accueil s'affiche et son texte est prononcé par *Speakjet* en même temps. S'ensuit l'affichage du nombre de mots contenus dans les quatre premiers groupes SD de *VRbot* (**tableau 1**).

Lemaintien de S1 appuyé, accompagné d'un joli son cristallin, vous permet de naviguer dans un menu afin de choisir le groupe à tester. Par défaut, le groupe SD1 ou SI1 est actif (en fonction du programme chargé).

Parlez quand on vous le propose. Si vous tardez, la réponse est « *Too late* » ; si vous écorchez le mot ou s'il y a du bruit environnant, la réponse est « *What ???* » Si le mot prononcé est reconnu (« *Fine !!!* »), il est affiché et le cas échéant, l'évènement est déclenché. En l'occurrence, les ambiances lumineuses (SD1) sont activées et diffusées par *BlinkM MaxM* ou « *Elektor* » est prononcé (SD4).

S1 maintenu enfoncé permet de retourner dans le menu principal, sinon bouclage infini sur le test du groupe choisi.

Notez que si un problème survient lors de la détection du module *VRbot*, une superbe alarme générée par *Speakjet* se déclenche et le message *YOU MUST RESET !!!* est affiché. Dans ce cas, appuyez sur le bouton-poussoir S4 (RST) de votre platine *ATM18* (reset µC) ou patientez dix secondes pour un redémarrage du programme.



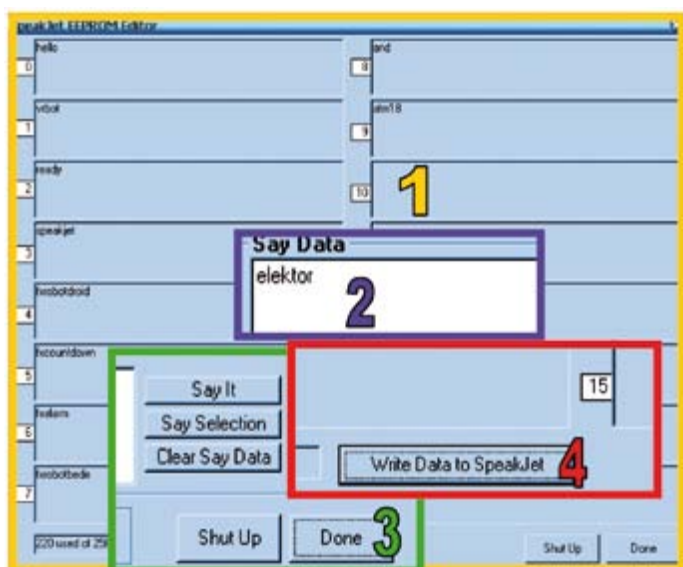


Figure 7. Terminez par « Elektor » pour pouvoir enfin enregistrer les mots dans la mémoire EEPROM (étape 4).  
À ce propos, avez-vous testé le numéro 7 (*fxrobotbede*) ?  
Cela vous rappelle-t-il quelque chose ?

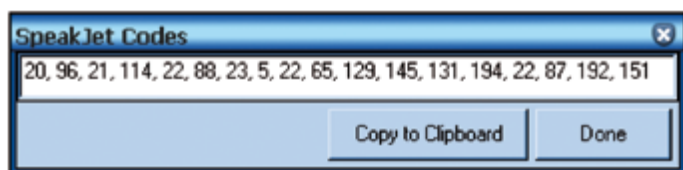


Figure 8. Le code généré pour le mot « elektor ». Les valeurs signifient que le volume (20) est réglé à 96, *speed* (21) à 114, *pitch* (22) à 88, *bend* (23) à 5 suivi de 22 et 65 (règle la fréquence à C#2), 129 (\IH), 145 (\LE), 131 (\EH), 194 (\KE), 22 et 87 (règle la fréquence à F#2), 192 (\TU) et pour finir 151 (\AXRR).

la couleur (en décimal : 217 / 0 / 0). Notre « pixel intelligent » devra ainsi exécuter des scripts prédéfinis. Prononcez une des onze ambiances du groupe SD1 pour la voir apparaître sur les LED RVB : nuit d'orage, bougie virtuelle, quatre-saisons... c'est selon l'humeur.

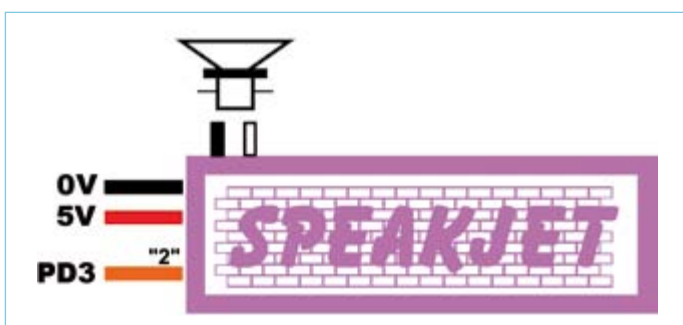


Figure 9. Le branchement de Speakjet. Notez que la broche nommée « 2 » se trouve à côté de la broche nommée « TX ».



Figure 10. L'afficheur à 1 mégapixel BlinkM MaxM est étonnamment puissant, il génère une source lumineuse 1000 fois supérieure à celle d'une LED haute luminosité standard ! Il est donc **impératif** de **ne jamais** regarder **directement** la source lumineuse sous risque de **graves séquelles oculaires**.

P.-S. L'auteur a utilisé la version ATM18-DIP (090896) comme publiée dans le numéro double 2010 à la place de la carte contrôleur ATM18 (071035-91) (100360)

## Liens Internet

- [1] Liste projets ATM18 : [www.adelek.fr](http://www.adelek.fr)
- [2] LCD bifilaire : [www.elektor.fr/071035](http://www.elektor.fr/071035)
- [3] Modules : [www.lextronic.fr](http://www.lextronic.fr)
- [4] Câble USB / Sériel TTL : [www.elektor.fr/usb-ttl](http://www.elektor.fr/usb-ttl) (080231-71)
- [5] VRbot : [www.tigal.com/1770](http://www.tigal.com/1770)
- [6] Speakjet : <http://www.magnevation.com/> (rubrique Download)
- [7] BlinkM MaxM : [www.sparkfun.com/commerce/product\\_info.php?products\\_id=9000](http://www.sparkfun.com/commerce/product_info.php?products_id=9000)
- [8] Logiciel : [www.elektor.fr/100360](http://www.elektor.fr/100360)

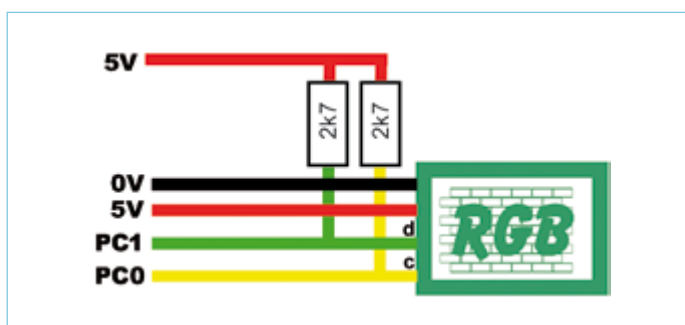


Figure 11. Le branchement du pixel géant.

# NXP mbed DESIGN CHALLENGE



## What TECHNOLOGY can you *SET FREE?*



The mbed Microcontroller, based on the NXP LPC1768, lets you work with an ARM Cortex-M3 in a 0.1" DIP form-factor. Combined with the <http://mbed.org> website, featuring the mbed "Cloud" Compiler, it is an ideal platform for rapid prototyping with microcontrollers.

Starting September 21, NXP and ARM/mbed challenge you to revolutionize the way people build prototypes! Build a reusable library, component interface, reference design or product prototype that can be shared on <http://mbed.org> to help others build their prototypes even faster, and you could be walking away with part of a prize pool worth \$10,000!

Join the Challenge by registering at  
[www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge!](http://www.circuitcellar.com/nxpmbeddesignchallenge!)

Apply for a free NXP sponsored mbed Microcontroller kit while supplies last.\*

NXP mbed Design Challenge empowered by:



\*No purchase necessary. See website for details.



# Construire un panneau à messages défilants en une journée avec la plateforme de prototypage rapide mbed

Clemens Valens (Elektor France)

Quand mon ami Grégory m'a montré un panneau à LED bicolores de 64 × 32 pixels qu'il avait acheté sur Internet pour environ 50 \$, j'en ai immédiatement commandé un aussi. Voilà une formidable opportunité de tester le module mbed à processeur ARM qui trainait chez moi. Ce projet allait-il être aussi facile que ce que l'équipe mbed veut nous faire croire ?

Le premier contact que j'ai eu avec mbed a été un article de Tom Cantrell dans Circuit Cellar n° 227. J'ai été immédiatement séduit par le concept et ai voulu l'essayer. Grâce à mes relations, j'ai pu m'introduire dans le programme de bêta test et obtenir quelques modules. Ces modules en version bêta étaient basés sur le processeur ARM7 LPC2368 de chez NXP. Peu après la mise en ligne de mbed, le module à base de ARM Cortex-M3 utilisant un LPC1768 a été présenté, j'ai réussi à m'en procurer un également. Tout ce qu'il me restait à faire était de leur trouver une application. Pour ceux qui n'ont pas lu l'article de Tom Cantrell (aucune excuse : il peut être téléchargé gratuitement [1]), je vais tout d'abord expliquer brièvement le concept mbed.

## Donc mbed c'est quoi au juste ?

mbed (prononcer « aimebed ») est une plateforme de prototypage rapide pour processeurs ARM, développée et maintenue par ARM. Bien que deux modules mbed différents existent, tous deux basés sur des puces NXP, je ne pense pas que l'on puisse encore acheter la version ARM7. On peut probablement s'attendre à d'autres modules utilisant des puces d'autres fabricants que NXP, mais pas dans l'immédiat.

À première vue, un module mbed ressemble à n'importe quelle autre carte d'évaluation pour microcontrôleur. C'est petit (25 × 53 mm), ça a 40 pattes (au pas de 2,54 mm) et il n'y a pas grand-chose sur la carte à part le processeur, cinq LED, un bouton-poussoir et un connecteur USB. Voilà pour le dessus de la carte ; eh oui, en la retournant vous découvrirez un second processeur, un transceiver Ethernet (DB83848) et une mémoire flash de 16 Mbit à liaison série (AT45DB161). Le second processeur, un ARM7 LPC2148 (renommé « mbed interface » sur l'actuel module à LPC1768), est quasiment aussi puissant que le processeur principal, voilà où se cache l'innovation.

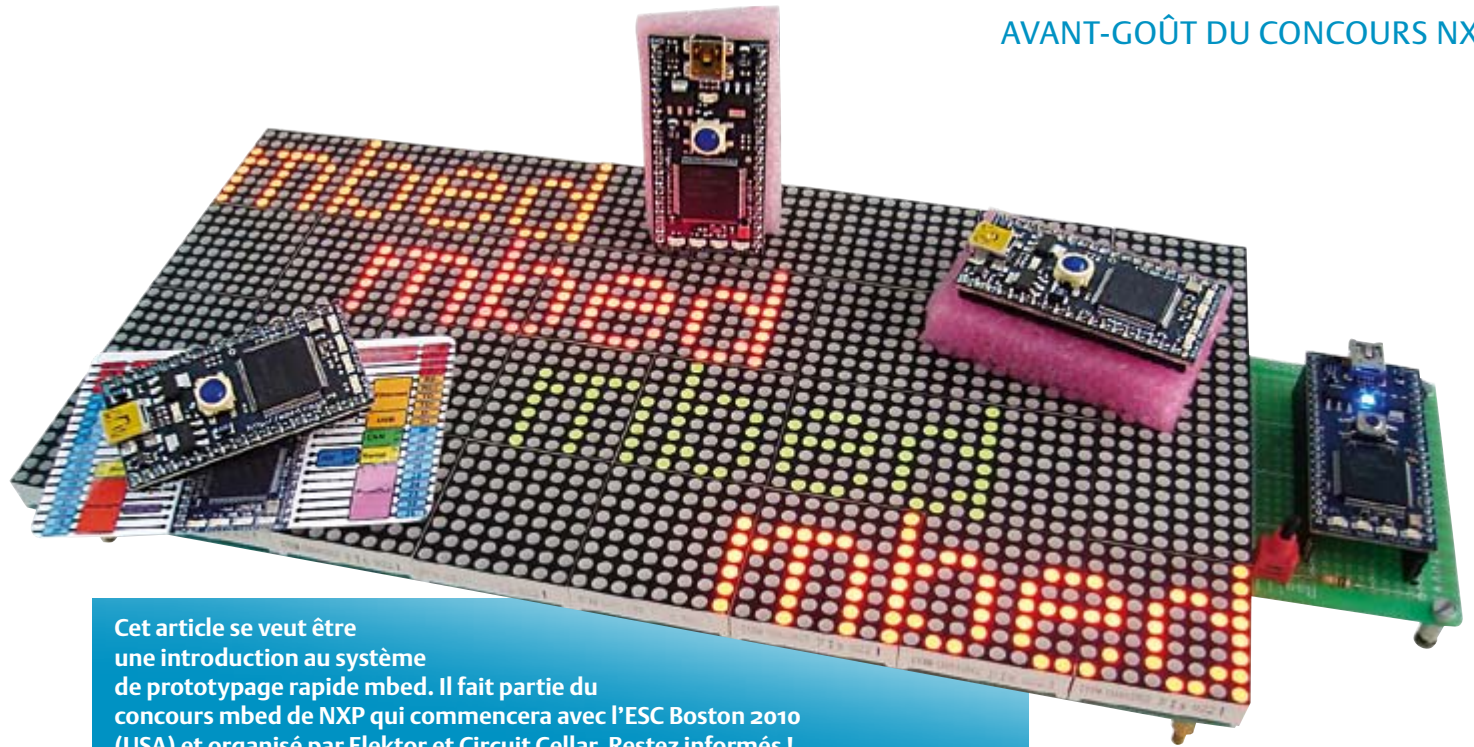
Le « mbed interface » fait en sorte que le module soit reconnu par votre ordinateur comme un périphérique de stockage de masse (MBED) contenant un fichier HTML. Lorsque vous ouvrez ce fichier, vous êtes directement redirigé vers la page de *login* de mbed (si vous êtes connecté à internet, bien évidemment), voir **figure 1**. Après la création d'un compte, vous pouvez immédiatement commencer à programmer étant donné que le compilateur (gratuit et



Figure 1. Voici la page web visible à l'ouverture du fichier HTML du module mbed. Créez un compte et c'est parti !

non limité) vous attend en ligne. C'est bien ça, il n'y a rien à installer ! *Plug and play*, vous pouvez démarrer en moins de cinq minutes. Mais ce n'est pas tout. L'équipe mbed s'est occupée de la partie difficile pour vous en développant une bibliothèque qui supporte tous les périphériques du processeur et même plus. L'Arduino a probablement été une source d'inspiration, étant donné que certains concepts similaires ont été implémentés comme les DigitalIn/Out et les AnalogIn/Out. Cette bibliothèque vous permet de vous concentrer sur votre application au lieu d'avoir à vous préoccuper de détails barbares inhérents à la programmation bas niveau des registres. Un vrai gain de temps étant donné que les processeurs ARM disposent d'une grosse quantité de registres.

Lorsque votre code source en ligne compile sans erreurs, vous pouvez télécharger l'exécutable correspondant. Vous le sauvegardez sur le lecteur MBED et appuyez sur le bouton reset de la carte. La puce « mbed interface » va maintenant programmer le processeur mbed et votre application va démarrer. Facile hein ? Une fois votre projet terminé, vous pouvez le télécharger sous forme de fichier zip



Cet article se veut être une introduction au système de prototypage rapide mbed. Il fait partie du concours mbed de NXP qui commencera avec l'ESC Boston 2010 (USA) et organisé par Elektor et Circuit Cellar. Restez informés !

pour archivage ou autre.

Si votre programme ne se comporte pas comme prévu, vous êtes malheureusement plus ou moins seul. Il n'y a pas de débogueur disponible, bien que vous puissiez ajouter un port série afin d'afficher des messages de débogage dans un terminal sur l'ordinateur hôte. Le site web mbed [2] est partie intégrante (et non des moindres) du concept. En plus du compilateur, vous y trouverez un manuel détaillé sur les fonctions de la bibliothèque mbed (le Handbook), des exemples de projets (le Cookbook), un blog, un forum et plus encore. Vous pouvez publier vos projets aussi bien qu'importer ceux des autres utilisateurs. Tout est communautaire et ouvert. La seule chose qui n'est pas ouverte est la bibliothèque, ce qui est bien sûr très décevant.

Pourquoi ? Parce qu'il est vraiment difficile de déterminer si la bibliothèque est efficace, buggée, ou adaptée ou pas à ce que vous essayez de faire. Elle implémente les fonctions les plus courantes, utiles dans beaucoup de cas, mais ne vous permet pas d'exploiter le processeur en détail. Compréhensible, puisque si elle le permettait, elle serait bien plus difficile à utiliser, mais ennuyeux pour ceux qui ont besoin de savoir ce qu'elle fait exactement au niveau des bits et des registres. Bien sûr, vous pouvez faire de la rétro-ingénierie sur l'exécutable ou inspecter les registres, mais le concept n'a alors plus grand-chose de « rapide ». Et à chaque mise à jour de la bibliothèque, il faut tout recommencer.

Tant que je suis en train de critiquer, laissez-moi dire que la LED bleue de mise sous tension brille tellement qu'elle me fait mal aux yeux, même en plein jour. Quand les concepteurs comprendront-ils enfin qu'il n'est pas nécessaire de faire passer 10 mA à travers une LED (moderne) ? Une lueur sympa aurait été plus que suffisante. Bien que le processeur ait 100 pattes, le module n'en a que 40. Elles ont été choisies de sorte que tous les périphériques intégrés dans le micro soient accessibles, mais pas tous en même temps. Si vous avez, par exemple, besoin de trois ports série, vous ne pourrez pas bénéficier d'un bus I<sup>2</sup>C également. L'alimentation (0 V, 4,5 à 14 V en entrée, USB 5 V en sortie et 3V3 en sortie), l'interface Ethernet et le port USB possèdent des pattes dédiées, il y a une entrée de reset et deux pattes IF (pour le port USB de l'interface mbed ; vous n'êtes pas censé les utiliser). Les 25 autres pattes peuvent être utilisées comme E/S ou allouées à une autre fonction.

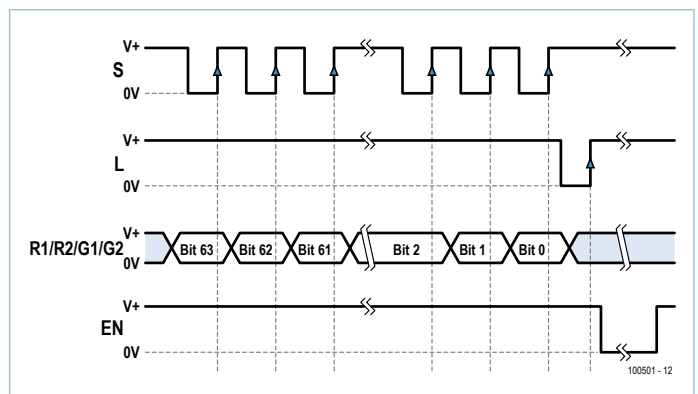


Figure 2. Les chronogrammes du panneau à LED 32 lignes ont l'air plutôt simples. Il y a toutefois une petite subtilité autour des mots de données 4 bits R1/R2/G1/G2 : R1/G1 contrôlent les 16 lignes du haut, R2/G2 les 16 du bas. Par conséquent, ce schéma ne doit être répété que 16 fois pour afficher les 32 lignes.

Le signal EN commande l'allumage des LED. L'activer (état bas) pendant un moment après l'écriture d'une ligne donne de meilleurs résultats que de l'activer simplement tout le temps.

## Passons à l'application

Le but de ce projet était de construire un panneau à messages permettant la saisie de manière simple. Facile aujourd'hui rime souvent avec USB, voilà pourquoi j'ai fini par utiliser le module mbed. Étant donné que le module se présente également comme un périphérique de stockage de masse de 2 Mo, il serait vraiment facile de charger les messages sous forme de fichiers textes créés sur un ordinateur. Ce serait là une interface utilisateur confortable et intuitive que même les non-électroniciens peuvent comprendre.

Le manuel de l'afficheur (DE-DD103\_Ver1.0\_EN.pdf [6]) m'a appris que j'allais devoir faire du *bit-banging* étant donné que son interface série n'est pas standard (comme SPI ou autre). La figure 2 montre les chronogrammes. L'afficheur possède 32 lignes de 64 LED bicolores, soit un total de 4096 LED ! L'adressage des 64 lignes (32 lignes

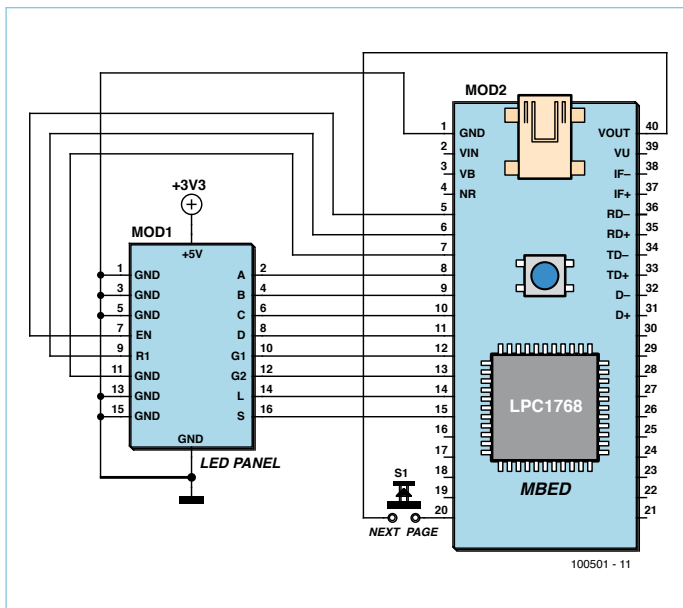


Figure 3. Le schéma du circuit est très simple étant donné qu'aucun composant spécial n'est nécessaire pour contrôler le panneau à LED. Notez que dans cette configuration basique le module mbed est alimenté par le bus USB, alors que le panneau à LED nécessite sa propre alimentation ; il consomme plus que le mbed ne peut fournir. Notez également que bien que le panneau soit spécifié pour 5 V, il tournera avec 3V3 sans aucun problème. Le panneau alimenté en 5 V commandé par le mbed 3V3 fonctionnera bien aussi.

bicolores) est un peu étrange ; le bus d'adresses ne fait que 4 bits et donc ne permet d'adresser que 16 lignes. Ce problème a été résolu par le fabricant en séparant l'afficheur en deux afficheurs de 16 lignes et en utilisant un bus de données de 2 bits. Les deux afficheurs de 16 lignes sont adressés en parallèle et les deux bits de données permettent l'allumage des LED rouges et vertes pour la ligne. L'afficheur n'a assez de mémoire que pour deux lignes, la même ligne de chaque demi-afficheur. Cela veut dire qu'il doit être constamment rafraîchi afin d'afficher un message ou une image. Un avantage de cette technique est que l'afficheur ne consommera pas dans les 40 A quand toutes les LED sont allumées. Après l'écriture d'une ligne, il convient de l'activer à l'aide du signal EN. La longueur de ce signal détermine la luminosité de l'afficheur, mais influence donc également la fréquence de rafraîchissement. Cela aura un effet sur le scintillement et sur la vitesse de défilement étant donné que le défilement n'est pas géré par un timer séparé et dépend directement de la fréquence de rafraîchissement.

## Un peu de hardware

La manière dont l'afficheur a été relié au module mbed est visible en **Figure 3**. Comme la plupart des pattes du mbed peuvent être utilisées comme E/S, j'ai tout simplement commencé à la première disponible (patte 5). Plus tard, j'ai ajouté une fonction spéciale sur bouton-poussoir relié à la patte 20 simplement parce qu'elle était la plus proche du bouton.

Pour des raisons de compatibilité, l'afficheur est alimenté sous 3V3 au lieu des 5 V spécifiés ; parce que le mbed utilise du 3V3 et que l'afficheur le permet. Dès que j'ai eu dompté l'afficheur, je l'ai alimenté sous 5 V et ça marchait très bien, avec l'avantage d'une luminosité bien plus grande. Il était alimenté par une alim de laboratoire

étant donné qu'il peut consommer jusqu'à plusieurs ampères quand toutes les LED sont allumées, le mbed ne peut fournir tant de courant. Le module mbed est, de son côté, alimenté par le port USB. J'ai eu un peu de mal à implémenter le protocole de communication série, qui n'est pourtant pas si compliqué, pour la simple raison que son manuel comporte une erreur. Dans le tableau des pages 8 et 9 que j'utilisais, les numéros de pattes des signaux « L » et « S » sont inversés par rapport au brochage visible juste au dessus. Le code d'exemple provenant du document fonctionnait bien, mais pas le mien. Très frustrant. Une fois ce problème éliminé, tout s'est déroulé sans encombre et j'ai rapidement été capable d'allumer n'importe quel pixel de l'afficheur, ce dans chacune des quatre couleurs disponibles (rouge, vert, orange et noir).

À ce stade, il est intéressant de noter que la bibliothèque mbed possède des fonctions de gestion de *pin* et de *bus*. Cela paraît logique d'utiliser la fonction *BusOut* pour les bus d'adresses et de données, mais il s'est avéré que la fonction *bus* est bien plus lente que la fonction *pin*. J'ai par conséquent fini par utiliser quatre appels à *DigitalOut* pour le bus de données et un appel à *BusOut* pour le mot d'adresse qui évolue bien plus lentement. La raison de cet écart de performance serait probablement très claire si seulement le code source de la bibliothèque avait été publié.

## Points & polices

Il était maintenant temps de commencer à écrire des caractères sur l'afficheur. Les caractères ont besoin d'une police et transformer une police en points est un travail barbant et fastidieux. Préférant laisser les autres faire ce travail pénible, je me suis tourné vers Internet. Pas mal de gens ont travaillé sur ces problématiques et créé des utilitaires pour le faire automatiquement, après une dizaine de minutes j'étais en train de jouer avec The Dot Factory [4] (**figure 4**). Cet utilitaire conçu pour Windows rend facile la conversion de n'importe quelle police installée sur votre PC en code source et fichier d'en-tête C. Sélectionnez la police, réglez quelques options et cliquez sur le bouton *Generate*. La seule chose étrange est que l'on ne peut pas sauvegarder les fichiers ; il faut faire un copier/coller. C'est un inconvénient mineur pour un bon outil gratuit, j'ai donc créé les fichiers sans me plaindre et les ai incorporés à mon projet. L'ajout du code permettant d'afficher des caractères n'importe où a été plutôt direct lui aussi.

## Lecteur de fichiers INI

L'étape suivante était d'ajouter un moyen de mettre les messages sur le système. Il s'agissait là du principal critère qui m'avait fait choisir un module mbed : il possède une interface USB et la bibliothèque mbed fournit un système de fichier pratique. Et pratique il était. Tout ce que j'ai eu à faire pour le faire fonctionner a été d'ajouter une ligne de code à mon programme :

```
LocalFileSystem local («local»);
```

Maintenant mon programme pouvait lire les fichiers copiés vers le périphérique de stockage de masse MBED depuis mon PC. J'avais décidé d'utiliser un fichier type INI pour stocker mes messages. Je voulais aussi



plusieurs pages, parcourir celles-ci serait possible grâce au bouton poussoir. Chaque page serait une section du fichier INI et il serait possible de spécifier par section le texte pour chaque ligne. Avec ma police Arial 8 points j'avais de la place pour quatre lignes par page sans caractères débordant d'une ligne à l'autre. Je me suis à nouveau tourné vers Internet afin de chercher une bibliothèque C pour fichiers INI facile à utiliser. Il n'y a que l'embarras du choix, j'en ai choisi une plus ou moins aléatoirement : inih [5] ça serait. Cela s'est avéré être un très bon choix : il s'agit d'une bibliothèque très facile à utiliser et son intégration au projet ne m'a pas pris plus de cinq minutes.

## Fin de la journée

J'en étais à un point où les fonctionnalités commençaient à s'accumuler. Tout d'abord le défilement des messages : gauche, droite et sans défilement. Puis une vitesse de défilement réglable. Ce fut assez difficile. Pas tant à implémenter, mais à regarder : les pixels bavaient. Les caractères étaient flous et la lecture de l'afficheur inconfortable. Cette fonctionnalité a donc été mise de côté, mais une autre a vite été trouvée : à chaque ligne sa couleur et sa position (x,y) de départ. J'ai essayé beaucoup de choses, mais me suis au final arrêté sur les fonctions mentionnées ci-dessus plus le changement de page. Journée terminée.

## Problèmes d'outils

Construire cette application m'a pris une journée de travail. Je n'ai pas tout fait d'un trait, mais j'aurais pu si mon agenda me l'avait permis. L'utilisation du module mbed en lieu et place d'une quelconque autre carte à microcontrôleur a permis de sauver énormément de temps, tout comme la bibliothèque mbed. Je n'ai pas eu à inspecter un seul registre ARM et je n'ai pas eu non plus à consulter la fiche technique du processeur ou son manuel de programmation. Le peu d'expérience mbed que j'avais avant de commencer ce projet a probablement aidé un peu : je savais quoi attendre de la bibliothèque. La seule chose qui m'a fortement retardé a été les pannes du serveur mbed. Cela m'est arrivé une fois durant mon projet et a duré quelques heures, de quoi vous rendre fou ! Imaginez-vous en train de programmer le sourire aux lèvres et d'un coup : paf ! Plus d'outils... Et personne sur qui râler (c'est quoi déjà le numéro du SAV mbed ?).

Un autre inconvénient est que le compilateur ou le serveur a l'air de se retrouver bloqué de temps en temps. C'est plutôt ennuyeux dans la mesure où cela entraînera probablement la perte de ces modifs intelligentes que vous veniez d'ajouter à votre code. Ce qui se passe exactement je n'en sais rien, mais vous devez fermer et rouvrir la fenêtre du compilateur sans pouvoir sauvegarder votre travail. L'équipe mbed devrait ajouter à l'environnement un système de sauvegarde temporaire permettant la récupération en cas de malheur ; cela m'est arrivé plusieurs fois.

Notez que vous n'êtes pas obligé d'utiliser le compilateur en ligne. L'exécutable que vous téléchargez et programmez dans la cible est un binaire ordinaire, pas de format propriétaire ici. Si vous pouvez produire un tel fichier avec une chaîne de compilation que vous possédez déjà, vous pouvez alors utiliser le mbed. La bibliothèque mbed peut aussi être utilisée étant donné qu'un fichier en-tête et une archive binaire (.ar) peuvent être téléchargés. Ce n'est pas la

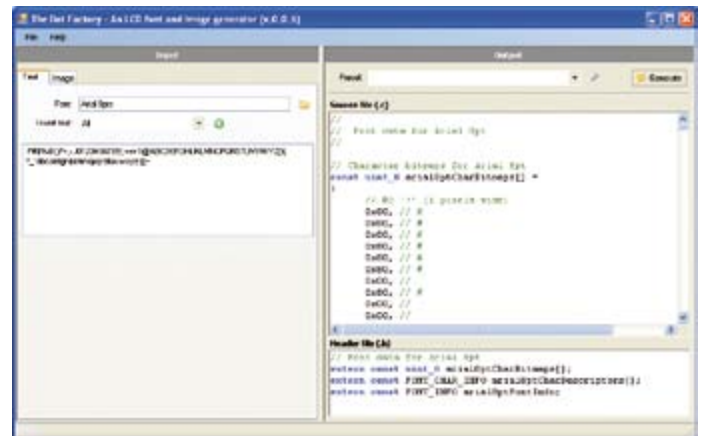


Figure 4. The Dot Factory : comment l'auteur a-t-il pu oublier d'implémenter la sauvegarde dans un fichier ??

méthode facile et puis (c'est compréhensible) pas vraiment supportée par l'équipe mbed. Cependant, certains ont trouvé comment faire du mbed offline.

Dans le même registre, vous n'avez pas besoin d'une carte mbed pour lancer l'exécutable. N'importe quelle carte à base de LPC1768 peut être utilisée, ce qui veut dire que vous n'êtes pas obligé d'inclure un module mbed dans votre produit.

## Conclusion

Lorsque j'ai réalisé ce projet, j'utilisais un mbed bêta à LPC2368, mais pour cet article je devais utiliser le mbed à LPC1768. Le passage d'un module à l'autre s'est avéré extrêmement facile ; tout ce que j'ai dû faire c'est sélectionner le bon mbed dans une liste déroulante du menu du compilateur. Le code recompilé a alors fonctionné de suite et sans aucune modification.

Globalement, je pense que mbed est plutôt cool. Ce projet met en valeur une toute petite partie de la puissance de mbed, l'interface Ethernet vaut le détour aussi. Bien que je ne recommanderais pas mbed pour faire du développement logiciel professionnel ou grand public étant donné que l'on a peu ou pas de contrôle sur les outils et la bibliothèque (que se passe-t-il si ARM ferme le robinet ?) et qu'il n'y a pas de débogueur, il s'agit là d'un outil formidable pour assembler rapidement une *proof of concept*. C'est aussi génial pour les projets réalisés en un exemplaire où vous avez besoin d'un peu plus de puissance que ce que fournit, par exemple, un Arduino. Chapeaux bas à l'équipe de mbed qui nous fournit là un outil formidable !

(100501, trad. Kévin Petit)

## Liens & références

- [1] *Easy (E)mbed, An Alternative Approach to Embedded Programming*, Tom Cantrell, Circuit Cellar #227, juin 2009, pp 68-72. (Téléchargement gratuit sur [www.circuitcellar.com/archives/viewable/Cantrell-227.pdf](http://www.circuitcellar.com/archives/viewable/Cantrell-227.pdf)).
- [2] [mbed.org](http://mbed.org)
- [3] Panneau à LED : [www.sureelectronics.net/goods.php?id=718](http://www.sureelectronics.net/goods.php?id=718)
- [4] The Dot Factory : [www.pavius.net](http://www.pavius.net)
- [5] INI Not Invented Here : [code.google.com/p/inih/](http://code.google.com/p/inih/)
- [6] Code source : [www.elektor.fr/100501](http://www.elektor.fr/100501)

# Nos élèves ingénieurs et pilotes

Arnaud Sivert et Thierry Lequeu (IUT de l'Aisne)

Pour motiver ses étudiants, le département Génie Électrique et Informatique Industrielle de l'IUT de l'Aisne (Soissons) réalise des véhicules électriques (vélo, scooter, kart). Ces prototypes participent

à différents challenges tels que le Festival Pédagogique de Kart Électrique. Trente écoles de tous niveaux (lycée, IUT, école d'ingénieur) se rencontrent et partagent leurs innovations et passions dans une ambiance survoltée proche des compétitions de Formule 1 ! Le challenge est une grande aventure qui récompense les efforts de toute l'année.



Les karts électriques sont évalués sur différentes épreuves : meilleur temps « départ arrêté » sur 50 m, meilleur temps au tour, course de dix minutes et course d'endurance de deux heures. Un jury international évalue aussi les réalisations et les créations (varia-

teur, instrumentation électronique, chargeur de batterie, châssis...). Ce jury incite les étudiants à travailler énormément pour optimiser et achever leurs prototypes. Les étudiants doivent faire des compromis entre consommation, puissance, accélération maximale, poids, prix, etc. Tous les types de moteurs sont présents avec des puissances de 6 à 16 kW (CC, asynchrone ou synchrone). Certains karts ont même deux moteurs et deux variateurs pour une puissance maximale de 32 kW (43 CV).

L'alimentation électrique peut se faire à partir de 4 à 6 batteries de plomb 12 V, pouvant fournir 600 A maximum et 200 A en nominal. Elles permettent une autonomie de 15 à 30 minutes. Il y a aussi des batteries lithium de 72 V qui sont rechargées par un chargeur de 10 A à 80 A connecté sur le secteur et commandé par microcontrôleur.

De nombreux karts ont un dispositif à microcontrôleur avec afficheur LCD pour mesurer la consommation énergétique, les tensions des batteries et la

vitesse. Certains possèdent même un module radio XBee qui émet toutes les données en temps réel vers un ordinateur dans les stands.

Le prix d'un kart électrique varie entre 2 000 à 13 000 € en fonction des choix







techniques et de la puissance. Les meilleurs bolides sont capables d'accélérer de 0 à 100 km/h en 3,5 s, ce qui est équivalent à un kart thermique.

L'IUT de l'Aisne participe également au challenge de la traversée des Alpes [1] avec un vélo électrique équipé d'un moteur roue sans balais de 500 W nominal, commandé par un variateur 54 V / 500 W capable de fournir 1 500 W maximum en accélération. Les performances du vélo électrique sans pédaler sont de 42 km/h sur du plat et de 30 km/h avec une pente de 7 %. Avec des batteries Li-Po de 5 Ah l'autonomie est de 25 km.

La réalisation de tous ces véhicules est pluridisciplinaire (électronique, électrotechnique, informatique, automatique) et les étudiants en génie mécanique travaillent sur la réalisation de châssis. Toutes les informations de nos projets sont disponibles sur le site web créé par les étudiants et aussi sur le site de l'Association e-Kart [3]. Bon à savoir pour ceux qui veulent se lancer dans le kart électrique : le site e-Kart propose de nombreux matériels à des tarifs préférentiels à travers d'un catalogue bien garni.

(100231)

[1] [www.pile-au-methanol.com](http://www.pile-au-methanol.com)

[2] [www.aegeii.fr](http://www.aegeii.fr)

[3] [www.e-kart.fr](http://www.e-kart.fr)



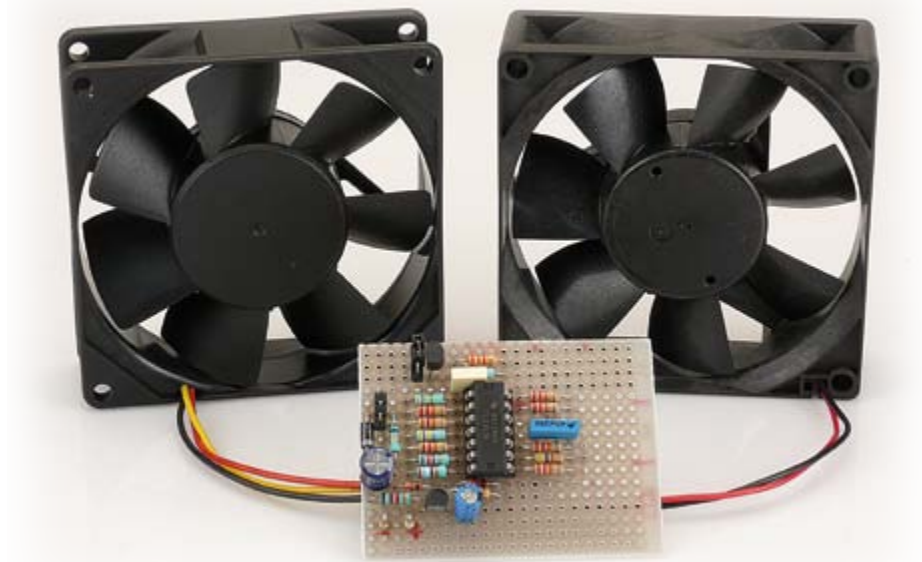


# Ventilo 2Be3

## Tachymètre pour ventilateur 2 fils

Volker Schmidt (Allemagne)

Peut-on remplacer un ventilateur à trois fils par un ventilateur à deux fils, plus répandu ? Que nenni : la carte mère conclura à un ventilateur défectueux et renverra un message d'erreur. La parade consiste à générer un signal tachymétrique, mais comment faire ?



Les ventilateurs à trois fils sont généralement connectés au moyen d'une masse, une tension d'alimentation continue provenant de la carte mère, et un signal impulsif provenant du ventilateur, de fréquence proportionnelle à sa vitesse de rotation. Ce signal qui n'est autre que le 3<sup>e</sup> fil permet ainsi à la carte mère de détecter un ventilateur bloqué. Intervenir sur le connecteur en y câblant un oscillateur à fréquence fixe permet de faire passer un ventilateur à deux fils pour un ventilateur à trois fils. L'inconvénient est que l'on perd la fonction d'alarme puisque si le ventilateur bloque, l'oscillateur continue de délivrer ses impulsions. Il est nécessaire de générer des impulsions liées à la vitesse de rotation.

### Principe de fonctionnement

Le circuit détecte les fluctuations du courant consommé par le moteur du ventilateur. Par chance, le courant se trouve périodiquement interrompu du fait de la commutation des enroulements comme montré à l'oscillogramme de la **figure 1**. La mesure du courant se fait par l'entremise de la résistance R1 sur la **figure 2**, aux bornes de laquelle se développe une faible chute de tension. Cette chute de tension est ampli-

fiée environ 21 fois par l'amplificateur différentiel construit autour de IC1A qui délivre une tension de sortie référencée par rapport à la masse virtuelle élaborée par T1. Un dérivateur-comparateur suivi d'un monostable délivre une impulsion exploitable par le circuit de gestion.

### Réalisation

Comme on peut le constater sur la **figure 2**, le circuit se compose essentiellement de l'ampli op quadruple (impérativement un TL074) encadré par quelques composants passifs, trois diodes, une diode Zener et deux transistors bipolaires.

La résistance R1 dont question plus haut fait 1  $\Omega$ , une valeur qui ne réduira pas trop la puissance appliquée sur le ventilateur. L'amplificateur différentiel construit autour de IC1A transforme chaque coupure de courant en une tension positive. IC1 doit être un TL074, un ampli-op capable de traiter une tension de mode commun en entrée qui s'étend jusqu'au rail positif. Le condensateur C1 extrait la composante variable et la section IC1B, montée en comparateur, délivre des impulsions rectangulaires (**figure 3**). Ces impulsions parviennent à la section IC1C câblée en monostable. Chaque flanc montant en sortie de IC1B donne lieu à

### Mesures

Le circuit a été testé avec un ventilateur à deux fils de marque Canon, type CF80-T211N1D. Lorsque nous alimentons le montage en +12 V, tout se passe bien. Le rapport cyclique de la sortie tachymétrique de notre circuit est légèrement inférieur à 50 % lorsque C2 a une valeur de 56 nF. Lorsque nous diminuons la tension d'alimentation, la durée du palier haut de

l'impulsion reste identique et c'est la durée du palier bas qui augmente.

Pour le TL074, lorsque la tension d'alimentation diminue de 12 V à 8 V, sa tension d'alimentation négative reste relativement constante (D4, diode Zener 6,8 V), et c'est sa tension d'alimentation positive qui diminue. Nous remarquons que pour des ventilateurs appelés à tourner lentement, la tension d'alimentation peut tomber aussi bas que 6 V. Compte tenu de D4 (diode Zener 6,8 V), il

un palier haut en sortie de IC1C d'une durée égale à :

$$t = R9 \times C2 \times \ln(1 + R11/R10)$$

Compte tenu de la valeur des composants utilisés, cette durée s'établit à une grosse milliseconde.

Pour être compatible avec tous les circuits de gestion, JP1 permet de choisir entre deux formats de signaux tachymétriques. En position haute, JP1 sélectionne le signal disponible en sortie du monostable. Il ne s'agit pas d'un signal à collecteur ouvert. En position basse, JP1 sélectionne un signal équivalent, mais à collecteur ouvert. La section IC1D procure une inversion logique qui neutralise l'inversion logique induite par le transistor T2, à collecteur ouvert.

Le transistor T1 élabore la masse virtuelle. Le montage est alimenté en 12 VDC par l'entremise de la broche médiane de K1. La diode D3 protège le montage contre une éventuelle erreur de polarité. Le condensateur C3 agit en réservoir, et c'est aux bornes de celui-ci que le montage ainsi que le TL074 reçoivent leur tension d'alimentation. La diode Zener D4 définit un potentiel de 6,8 V par rapport au négatif. Le transistor T1 est câblé en émetteur suiveur, qui délivre une tension d'environ 6 V par rapport au négatif, avec le condensateur C4 en guise de réservoir. Sur le schéma, nous constatons que l'émetteur de T1 débouche sur une masse. Il ne faut pas confondre cette masse avec le négatif. Cette masse, c'est T1 qui la définit, et rien d'autre. D'où le nom de masse virtuelle. Nous remarquons l'importance de cette masse virtuelle, qui sert à référencer les potentiels traités par les sections IC1A, IC2A, IC3A et IC4A. L'ampli op se trouve dès lors alimenté par des ten-

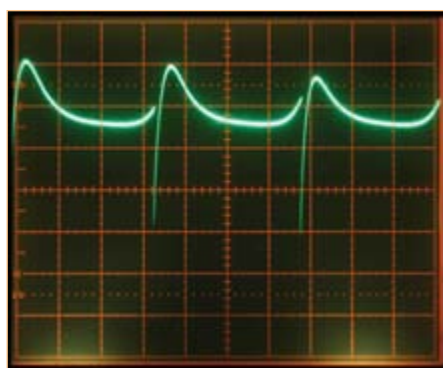


Figure 1. Oscillogramme montrant les interruptions de courant.

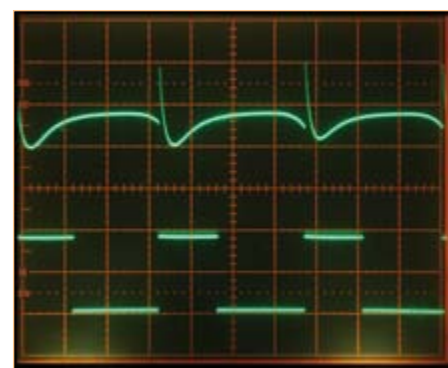


Figure 3. Signal tel qu'il se présente en sortie de l'amplificateur différentiel (trace du haut) et signal tachymétrique résultant (trace du bas).

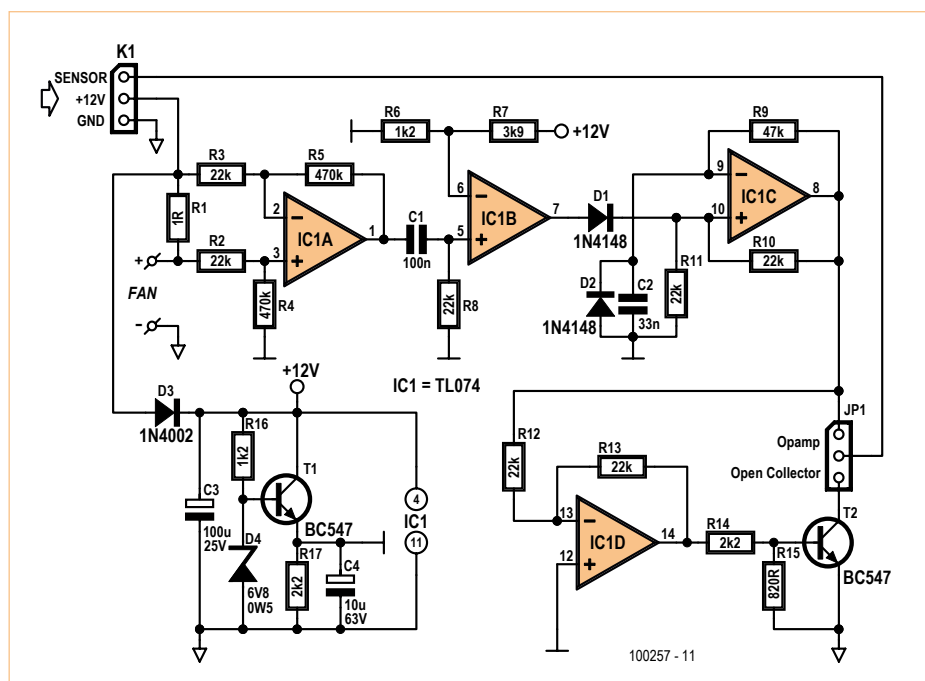


Figure 2. Le schéma du montage.

sions symétriques d'environ +6 V et -6 V, centrées sur la masse virtuelle.

Par les temps qui courent, une carte mère gère et impose la vitesse de rotation des

ne reste plus de potentiel d'alimentation au niveau du TL074 pour le traitement des signaux situés au-dessus de la masse virtuelle. Il convient dans ce cas de mieux symétriser la masse virtuelle, par exemple en remplaçant D4 par une résistance de 1,8 kΩ ou 2,2 kΩ. Cette modification permet un fonctionnement correct entre 12 V et 6 V. En dessous de 5,5 V, pas de miracle, le TL074 se retrouve sous-alimenté. Nous nous sommes amusés à relever la période

de rotation des ventilateurs en fonction de leur tension d'alimentation. Pour le ventilateur à deux fils Canon CF80-T211N1D, la période du signal tachymétrique qui est généré par notre circuit est de 4,15 ms à 12 V (241 Hz) ce qui ne représente pas la vitesse de rotation puisqu'il faut tenir compte du nombre de commutations par tour, au niveau du bobinage. Cette période passe à 8,4 ms sous 6 V. À titre de comparaison, nous avons mesuré le fil jaune (sortie tachymétrique) d'un ventilateur à trois

fils de marque Sunon, type KDE1208PTB1-6A, lorsqu'alimenté par une tension DC variable. Le fil jaune délivre des impulsions d'une période de 5,9 ms à 12 V et 10,8 ms à 6 V.

Ces deux ventilateurs tiraient un courant moyen de 18,7 mA sous 12 V et 9,4 mA sous 6 V.

Ton Giesberts (Labo Elektor)

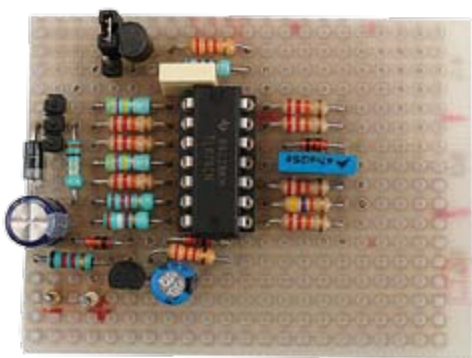


Figure 4. Prototype câblé sur une plaque d'expérimentation.

ventilateurs qui lui sont connectés. La carte mère alimente chaque ventilateur séparément, au moyen d'une tension continue qui s'établit à 12 V lorsque la pleine vitesse est requise. Cette tension tombe à une valeur inférieure lorsqu'il s'agit de réduire la vitesse de rotation. C'est là que notre montage va ressentir une difficulté. Le comportement dépendra du *firmware* de la carte mère.

### Pratique

Un minimum d'attention est requis lors de la mise en fonction du dispositif. La **figure 4** recense les connexions à établir :

- +12 V au niveau de K1, qui provient de la carte mère.
- Signal tachymétrique au niveau de K1, qui provient du montage et qui est mis à la disposition de la carte mère. Ce signal est souvent repéré « Sensor » ou « Rotation » sur la carte mère.
- Masse au niveau de K1, qui provient de la carte mère.
- Le ventilateur 2 fils se branche à part, au moyen des cosses repérées +FAN et -FAN. Noter que la cosse -FAN est au même potentiel que la masse au niveau de K1.

Le montage a été testé avec succès avec les ventilateurs à deux fils à moteur MagLev de Sunon. Si l'on utilise d'autres ventilateurs, il convient de vérifier qu'aux bornes de R1 se développe une chute de tension d'environ 200 mV crête à crête. Si ce n'est pas le cas, il peut être nécessaire de modifier la valeur de R1. Une autre approche consiste à modifier le rapport des résistances R5/R3 et de R4/R2 qui ici s'élevait à environ 21.

Si l'on utilise des ventilateurs à très faible vitesse de rotation, il peut être nécessaire d'allonger la période du monostable en augmentant la valeur de C2 ou de R9.

(100257, trad. Cnockaert)

Publicité

# Eau de pluie Récupération & Utilisation

## ➡ Les microcontrôleurs au service de l'écologie

Le confort de l'eau au robinet ne va pas de soi ; les eaux pluviales peuvent dévaster et même tuer. Apprenons à domestiquer l'eau de pluie pour profiter de ses bienfaits. Alimentez en eau de pluie un deuxième circuit domestique réservé aux activités d'extérieur (arrosage, voiture), aux WC et au lave-linge ! Cet ouvrage aborde le thème de l'eau sous ses aspects quantitatif et qualitatif. Il détaille les éléments d'une installation de récupération... Il rappelle les règlements car l'utilisation des eaux de pluie n'est autorisée que sous certaines conditions. Idem pour le crédit d'impôt soumis à des obligations légales (loi LEMA de 2006). La deuxième partie du livre décrit six réalisations électroniques pour améliorer une installation domestique de gestion des eaux pluviales : pluviomètre à transmission haute fréquence, jauge numérique à ultrasons, compteur de consommation, pH-mètre, conductivimètre, unité de pompage radiocommandée.



160 pages  
17 x 23,5 cm  
ISBN 978-2-86661-176-7  
27,50 €

Pour commander en ligne : [www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)



# Hexadoku

## Casse-tête pour électroniciens

Si vous avez eu du mal à garder la tête froide durant les jours chauds de cet été, voici une occasion pour vérifier le bon fonctionnement de votre cerveau. Seriez-vous toujours capable de mettre les bons chiffres dans les bonnes cases ? Envoyez-nous votre solution et peut-être gagnerez-vous l'un des quatre chèques-cadeaux Elektor mis en jeu.

Les instructions pour la résolution de ce jeu sont enfantines. Le Hexadoku utilise les chiffres du système hexadécimal, à savoir de 0 à F. Du tout cuit pour les électroniciens et programmeurs ! Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de façon à ce que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) ne soient utilisés

**qu'une seule et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (identifiés par une ligne plus grasse). Certains chiffres sont déjà placés dans la grille et en définissent ainsi sa situation de départ. La solution de ce casse-tête vous permettra de gagner jolis prix. Il vous suffit de nous envoyer **la série de chiffres** en grisé.

### Participez et gagnez !

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

Faites travailler vos méninges !

### Où envoyer ?

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

Elektor c/o Regus Roissy CDG – Le Dôme – 1, rue de la Haye

BP 12910 – 95731 Roissy CDG

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

### Les gagnants

La solution du Hexadoku du n° 384 (juin) est : **6B310**

Le gagnant du **chèque-cadeau Elektor** d'une valeur de **100 €** est : Zigor Gómez Arias (Espagne).

Les **3 chèques-cadeaux Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun vont à : Erik Jansen (Pays-Bas),

Taina Paavilainen (Pays-Bas) en William Fackrell (Etats-Unis).

Nos félicitations aux lauréats !

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

(c) PZZL.com

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

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

# La radio DSP d'Elektor (2)

## Antennes et logiciel PC

Burkhard Kainka (Allemagne)

La radio DSP d'Elektor se distingue en particulier d'autres récepteurs par la possibilité offerte aux utilisateurs de définir les propriétés de leur récepteur. Ce but est atteint d'une part par les circuits d'entrée et les diverses configurations



d'antenne, d'autre part par le logiciel. Le récepteur peut donc être utilisé avec des propriétés prédéfinies comme radio PC ou comme récepteur portatif universel.

Les schémas reproduits ici représentent les circuits d'entrée du circuit récepteur publié dans le dernier numéro. Les cavaliers à enficher pour chaque configuration particulière de l'antenne sont indiqués en rouge. Les antennes et bobines d'antenne à raccorder sont indiquées en vert.

La **figure 1** représente le câblage standard des circuits d'antenne. Tous les cavaliers sont placés dans leur position par défaut. Les diodes de commutation D6 et D7 sont symbolisées ici par les commutateurs OC et PO. On voit que, dans chaque cas, une partie de l'inductance du circuit est court-circuitée. L'antenne raccordée à l'entrée est commune à toutes les plages de fréquence. Une antenne tige, par exemple de 50 cm de long, est adéquate. On peut utiliser aussi une antenne extérieure. L'auteur a raccordé par exemple une antenne filaire longue de 10 m par un câble coaxial de 30 m de long.

Bien que cette antenne ne soit pas optimale pour les OUC, les conditions de réception sont bonnes pour toutes les plages de fréquence, des longues ondes aux OUC. Pour utiliser des antennes distinctes dans les gammes OUC (FM) et PO, on peut mettre à la masse par JP1 l'extrémité inférieure de la bobine L2 des OUC. La terminaison de JP1 restant libre (reliée à L3 et C15) devient alors la nouvelle entrée d'antenne des grandes ondes/petites ondes/ondes courtes (**figure 2**).

Les antennes d'intérieur en ferrite sont souvent mieux adaptées pour les ondes longues et moyennes que les antennes filaires, car elles sont moins sensibles aux interférences électriques dans un bâtiment. Les **figures 3** et **4** représentent deux possibilités différentes. Dans le premier cas, les bobines sur le bâtonnet de ferrite font partie du circuit de réception. Dans le second cas, elles rem-

placent les inductances fixes sur la carte du récepteur qui ne sont pas fonctionnelles sans les cavaliers (JP2, JP3 et JP4). Les nombres de tours indiqués sont des valeurs approximatives pour un bâtonnet de ferrite épais de 10 mm (longueur de l'ordre de 9–15 cm). Grâce à la syntonisation automatique du récepteur, la valeur d'inductance exacte ne joue qu'un rôle mineur. Les deux versions du circuit utilisent aussi une bobine d'ondes courtes sur le bâtonnet de ferrite. Des essais ont démontré qu'un bâtonnet de ferrite fournit des tensions de signal et des rapports signal/bruit assez bons jusqu'à 10 MHz. Il vaut la peine d'effectuer une tentative, même en ondes courtes.

L'antenne-cadre syntonisée de la **figure 5** constitue une autre variante intéressante. Une boucle de fil longue de 4 mètres remplace le cavalier JP2. La boucle peut être également plus courte. Sa longueur et/ou

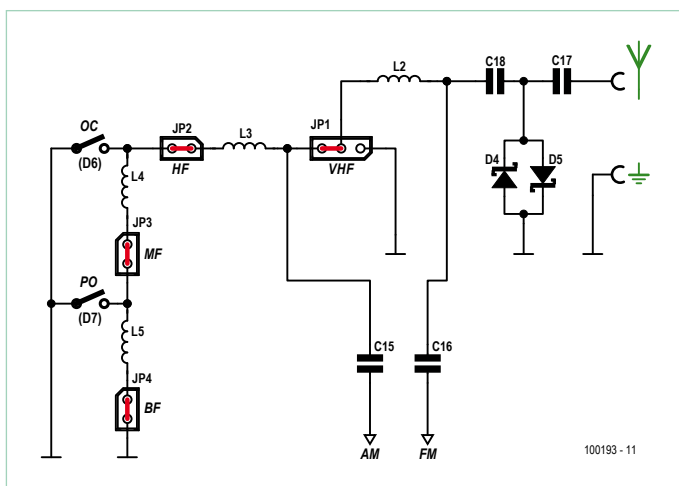


Figure 1. Configuration standard des circuits d'entrée.

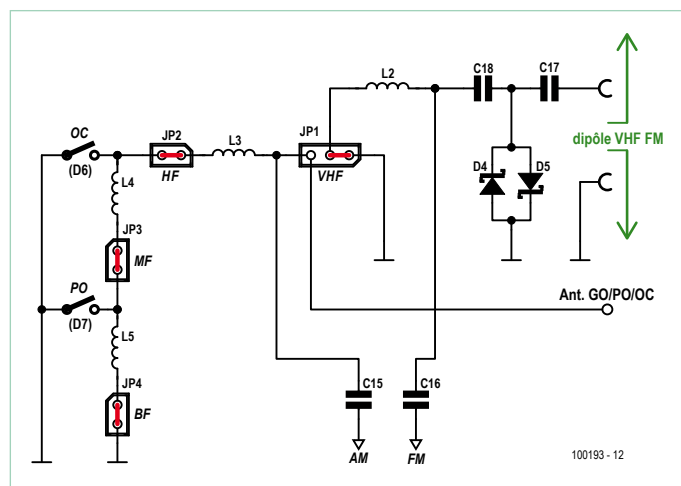


Figure 2. Connexion séparée des antennes MF (FM) et MA (AM).

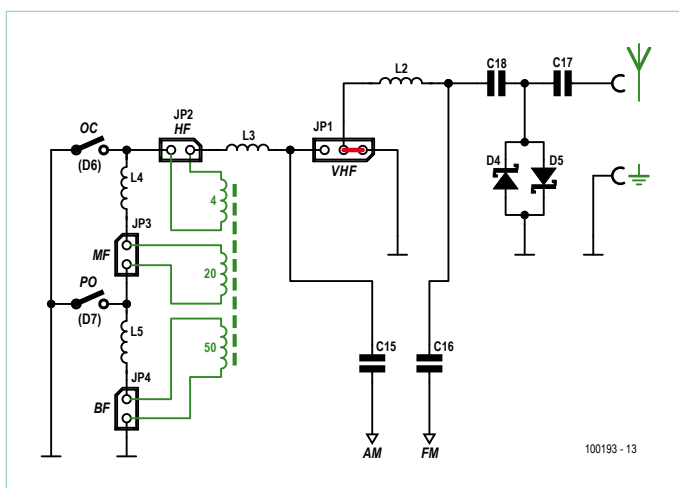


Figure 3. Connexion d'une antenne ferrite pour MA à environ 10 MHz.

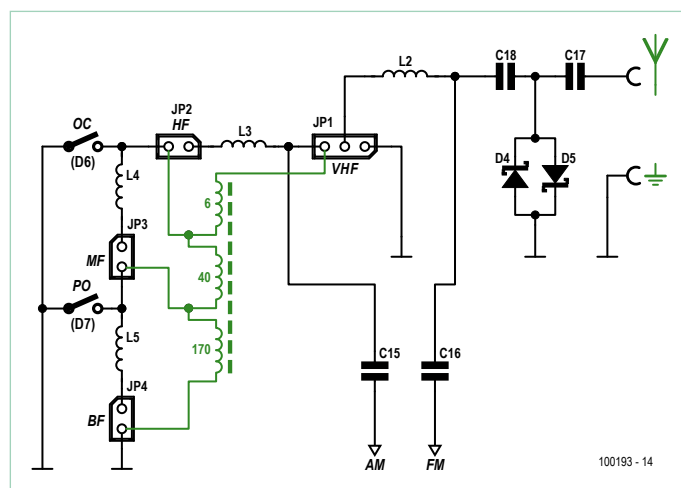


Figure 4. Dans cette version, seules les bobines de l'antenne ferrite pour MA sont actives.

sa forme peuvent varier légèrement. Comme la boucle est syntonisée automatiquement, les tensions des signaux sont très élevées, atteignant presque les résultats d'une antenne long-fil. L'afficheur indique la valeur de la capacité du circuit oscillant syntonisé. Tant que celle-ci se trouve dans la gamme d'environ 10 pF à 500 pF, l'antenne est parfaitement ajustée. Il est intéressant de constater que cette même antenne fonctionne aussi pour les ondes moyennes et longues. Elle fait en effet partie de l'inductance totale du circuit oscillant.

Pour terminer, la **figure 6** illustre une solution pour la réception DX des ondes courtes. Les cavaliers de JP2 à JP4 ne sont pas placés, mais un petit transformateur est raccordé à l'entrée MA. Les spires, en nombre spécifié, sont enroulées sur un corps de bobine de 5 mm avec noyau à vis (utilisable jusqu'à 15 MHz). Le même corps de bobine a déjà été utilisé

pour le « Présélecteur avec accord automatique » (Elektor 12/2009, p. 26). Il est aussi disponible chez Conrad (réf. 516651) et ModulBus (Kit bobine HF T1.4 [1]). Cette bobine d'entrée remplace l'inductance du circuit oscillant sur la carte du récepteur. On peut alors optimiser l'adaptation de l'antenne par le nombre de tours côté antenne. Une petite spire d'accouplement à un seul tour (comme indiqué) convient par exemple pour une entrée d'antenne 50 Ω.

### Commande par PC

La radio DSP d'Elektor est plus qu'un récepteur autonome et portable, c'est aussi une véritable radio PC. Un câble USB permet de commander le récepteur. Le programme ElektorDSP1, développé en Visual Basic, est disponible en téléchargement gratuit, y compris le code source, à par-

tir de la page Web d'Elektor de cet article [2]. Après le démarrage du programme, indiquer d'abord quel port COM utiliser. COM1 est choisi par défaut. Pour utiliser par exemple COM4, éditez en conséquence la fenêtre de texte COM dans le panneau de commande (**figure 7**). Cliquez enfin sur « Open ». Ce paramètre sera mémorisé dans le fichier COM.ini lorsque vous quitterez le programme. Il sera repris lors du démarrage suivant du programme. Les fréquences et les noms de stations sont d'ailleurs tous stockés dans DSPfreq.ini et seront aussi repris lors du démarrage suivant.

Le programme permet de choisir la fréquence de réception avec 20 adresses mémoire respectives pour MA (AM) et pour MF (FM). Chaque fréquence peut être modifiée individuellement. Un nom de station servant d'aperçu sur l'écran peut être



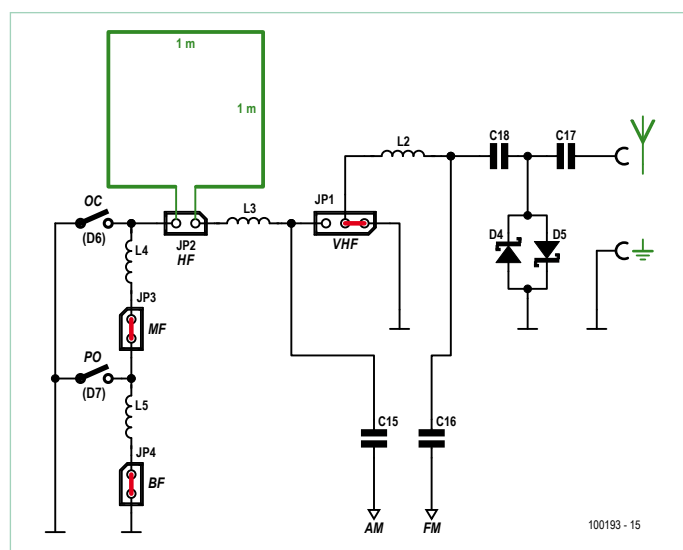


Figure 5. Connexion de l'antenne-cadre pour MA.

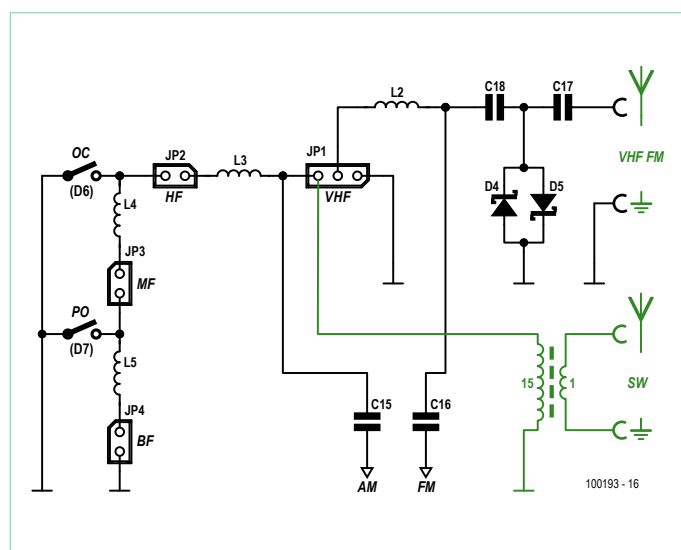


Figure 6. Couplage d'antenne avec bobine d'entrée pour la réception DX.

attribué dans le domaine MF. L'écran LCD du récepteur affiche par contre le nom transmis par le protocole RDS.

Les noms de stations MA sont transmis dans le récepteur avec les fréquences. La radio dispose alors d'un affichage de texte pour les stations mémorisées si on appelle les emplacements mémoire correspondants (pression > 0,5 s sur la touche S5). Cela augmente

encore la convivialité de la réception en MA. On peut même indiquer si les réglages modifiés doivent rester actifs lors du démarrage suivant. Il suffit de presser S5 pendant plus de deux secondes. Tous les réglages – y compris les modifications apportées aux propriétés décrites ci-dessous – sont alors transférés dans l'EEPROM. Pour effacer tous les réglages, maintenir pressée la touche S5

lors de la mise en marche suivante du récepteur. Le récepteur fonctionne alors à nouveau avec ses réglages par défaut.

Les nombreuses propriétés (Properties) ajustables du SI4753 de la radio DSP influencent la réception. Lors de la mise en marche, des valeurs par défaut appropriées sont attribuées à toutes les propriétés. On peut aussi avoir ses propres idées sur le sujet et choisir d'autres propriétés qui peuvent être utiles dans certaines situations de réception. On a considéré ce point lors du développement du système d'exploitation. Deux groupes de huit propriétés, un pour la MF et un pour la MA, peuvent être ajustés par PC. Si on le désire, on peut attribuer des propriétés totalement différentes à son récepteur et les utiliser aussi en mode autonome.

## Propriétés MF

Comme mesure contre le bruit, les stations OUC de radiodiffusion transmettent avec un certain degré d'accentuation (*Emphasis*) que le récepteur corrige par une désaccentuation (*Deemphasis*). Le SI4753 peut supprimer cette désaccentuation.

Un grand nombre de récepteurs OUC engendrent des distorsions désagréables en mode stéréo quand le signal est faible. Certains d'entre eux passent alors simplement en mono. Dans le cas de la radio DSP, il se produit par contre un fondu automatique presque imperceptible entre stéréo et mono en fonction de l'intensité du signal. La limite supérieure et la limite inférieure de la plage du fondu sont ajustables.

La puce DSP ne possède pas de limiteur de bruit à coupure brutale, mais une fonction

Tableau 1. Propriétés MF		
Propriété	Plage de valeurs	Effet
Deemphasis	0..2	Désaccentuation de volume
Stereo	0...80 dB	Stéréo au-dessus de cette valeur du signal
Mono	0...80 dB	Mono en dessous de cette valeur du signal
Mute Rate	0..100 dB/s	Vitesse de changement du Soft Mute
Mute Max	0...32 dB	Atténuation maximale du Soft Mute
Mute SNR	0...25 dB	Seuil RSB du Soft Mute
Seek SNR	0...20 dB	Recherche, seuil RSB
Seek RSSI	0...60 dBμV	Recherche, seuil puissance du signal

Tableau 2. Propriétés MA		
Propriété	Plage de valeurs	Effet
Deemphasis	0..1	Désaccentuation de volume
Filter	1...6 kHz	Bande passante du filtre
Mute Rate	0..100 dB/s	Vitesse de changement du Soft Mute
Mute Slope	0..100 dB/s	Pente du Soft-Mute
Mute Max	0...32 dB	Atténuation maximale du Soft Mute
Mute SNR	0...25 dB	Seuil RSB du Soft Mute
Seek SNR	0...20 dB	Recherche, seuil RSB
Seek RSSI	0...60 dBμV	Recherche, seuil puissance du signal

« Soft Mute » qui réduit le volume des signaux faibles... et donc automatiquement le bruit. Les paramètres ajustables sont : la vitesse de changement (*Mute rate*), l'atténuation maximale (*Mute Max*) et le seuil RSB (*Mute SNR*) à partir duquel la réduction est effectuée. Il vaut surtout la peine d'expérimenter avec ces réglages lors de la réception de stations faibles.

Les paramètres Seek SNR et Seek RSSI (*Received Signal Strength Indicator*) déterminent le comportement de la détection automatique des émetteurs. Les stations repérées sont celles qui atteignent au moins la puissance du signal (RSSI) et le rapport signal/bruit (SNR) spécifiés. Un aperçu des propriétés MF est disponible dans le **tableau 1**.

### Propriétés MA

Les propriétés de la réception MA (**tableau 2**) sont similaires à celles de la MF. La bande passante du récepteur peut être aussi modifiée dans de larges limites. Valeurs du paramètre correspondant : 0

(6 kHz), 1 (4 kHz), 2 (3 kHz), 3 (2 kHz) et 4 (1 kHz). La valeur 3, donc une bande passante de 2 kHz, est pré-réglée (par défaut), ce qui signifie toutefois ici  $\pm 2$  kHz. Ce réglage correspond donc à un filtre de bande FI usuel ayant une bande passante de 4 kHz. Une bande passante plus large peut conduire à une amélioration du son de stations puissantes. La réception DX, par contre, bénéficie d'une bande passante plus étroite pour améliorer le rapport signal/bruit. La désaccentuation (*Deemphasis*) produit un effet similaire. On peut l'utiliser comme un réglage de volume. La fonction Soft Mute offre quatre propriétés en mode MA. Le CAG, contrôle automatique du gain (*ALC, Automatic Level Control*) très efficace de la puce répond à une baisse de niveau

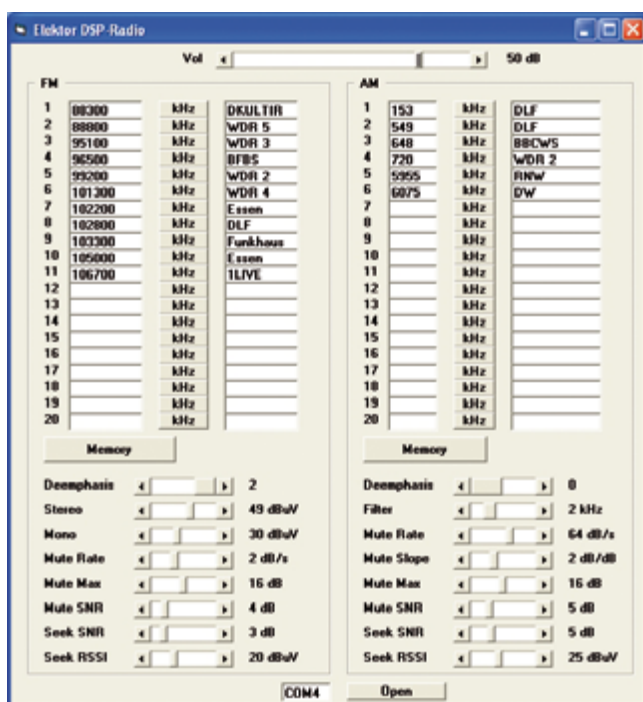


Figure 7. Interface utilisateur du programme ElektorDSP1.

## Listage 1

### Sous-programmes proches du hardware

```
Declare Sub Get_int_status()
Declare Sub Rx_volume()
Declare Sub Power_down()
Declare Sub Init_am()
Declare Sub Init_fm()
Declare Sub Am_tune_freq()
Declare Sub Fm_tune_freq()
Declare Sub Fm_seek_freq_up()
Declare Sub Fm_seek_freq_down()
Declare Sub Am_seek_freq_up()
Declare Sub Am_seek_freq_down()
Declare Sub Fm_tune_status()
Declare Sub Fm_rsq_status()
Declare Sub Am_tune_status()
Declare Sub Am_tune_status_stop()
Declare Sub Am_rsq_status()
Declare Sub Fm_start()
Declare Sub Am_start()
Declare Sub Am_seek_step_9khz()
Declare Sub Am_seek_step_5khz()
Declare Sub Am_seek_step_1khz()
Declare Sub Init_rds()
Declare Sub Fm_rds_status()
Declare Sub Rds()
```

## Listage 2

### Syntonisation MA et sélection de bande

```
Sub Am_tune_freq()
  If Fam > 500 Then
    If Fam > 2000 Then
      Portb.0 = 1      'SW
      Portc.3 = 0
    Else
      Portb.0 = 0      'MW
      Portc.3 = 1
    End If
  Else
    Portb.0 = 0      'LW
    Portc.3 = 0
  End If
  I2cstart
  I2cwbyte 34
  I2cwbyte &H40
  I2cwbyte &H00
  H = High(fam)
  L = Low(fam)
  I2cwbyte H
  I2cwbyte L
  I2cwbyte &H00
  I2cstop
End Sub
```

## Listage 3

### Début de la communication série

```
$baud = 38400
,***** RS232 control *****
  D = Inkey(#1)
  If D = 102 Then F_control      ,f, Freq
  If D = 109 Then Mam_control   ,m, Memory AM
  If D = 110 Then Mfm_control   ,n, Memory FM
  If D = 112 Then Properties    ,p, Property
  If D = 105 Then Pc_control_i2c ,i, I2C command
  If D = 106 Then Rdsout = 1    ,j, RDS output
  If D = 107 Then Rdsout = 0    ,k, RDS output off
  If D = 114 Then Print Rssi    ,r, RSSI
  If D = 115 Then Print Snr     ,s, SNR
```

par une élévation du gain, donc une augmentation du bruit. Si le niveau d'entrée descend au-dessous d'une valeur prédéfinie, le volume sera simultanément réduit dans un rapport ajustable. On peut ajuster le seuil de tension d'entrée, la pente, la vitesse et l'atténuation maximale du Soft Mute. Les valeurs par défaut sont optimisées pour la réception

de stations de radiodiffusion puissantes. Le volume est réduit de 16 dB au plus lorsque le niveau d'entrée passe de façon significative sous 10 dBμV. Les mordus du DX n'apprécient pas nécessairement ce comportement du récepteur qui fait varier continuellement le volume des stations faibles. Les caractéristiques du Soft Mute déterminent le compor-

tement du récepteur dans une mesure significative. On peut choisir entre la réception sans interférences d'émetteurs puissants et l'écoute de faibles stations DX. Il est préférable de mettre la fonction Soft Mute complètement hors circuit lors de la réception DX. Il suffit de mettre « Mute Max » à zéro.

### Programmez vous-même

Le code source développé avec le micrologiciel Bascom pour la radio DSP d'Elektor est « ouvert » et peut être téléchargé gratuitement sous [3] avec le fichier hex. La carte de la radio DSP comporte un connecteur ISP pour la programmation de l'ATmega168. On peut donc adapter le fonctionnement du récepteur en modifiant le micrologiciel selon ses désirs les plus fous. Cela ne convient vraisemblablement pas à tout le monde. La commande par PC décrite précédemment, basée sur le logiciel ElektorDSP1, permet de particulariser le récepteur sans aucune connaissance de programmation. En outre, l'interface USB permet d'accéder directement au micrologiciel pour modifier le comportement du récepteur. Un simple programme de terminal suffit dans bien des cas. Il est aussi possible de développer ses propres programmes pour PC qui permettent d'attribuer des propriétés particulières au récepteur.

Plus de 1000 lignes de code ne permettent pas de tout documenter en détail. Le programme contient toutefois une longue liste de sous-programmes prêts à l'emploi. Leurs noms sont parlants et reposent sur les désignations des fonctions figurant dans le descriptif technique du SI4735. (Voir le **Listage 1**). On va examiner de plus près le sous-programme Sub Am\_tune\_freq (**listage 2**). On peut y voir la structure typique de chaque transmission de commande au SI4735 par le bus I2C avec l'adresse de bus 34. La commande logicielle proprement dite est ici &H40. Elle est suivie de quatre paramètres sous forme d'octets, dont la fréquence en kilohertz sous forme d'octet de poids fort et d'octet de poids faible. La syntonisation MA présente une caractéristique particulière : le commutateur de bande avec ses deux diodes de commutation est simultanément actionné aux ports B.0 et C.3. L'interface série fonctionne ici à 38,4 kbauds par le port COM virtuel. Son utilisation

## Listage 5

### Propriétés modifiables

```
Sub Properties
  Print „Property“
  Input D
  If D = 1 Then Prop = &H1100      ,FM_DEEMPHASIS
  If D = 2 Then Prop = &H1105      ,FM_BLEND_STEREO_THRESHOLD
  If D = 3 Then Prop = &H1106      ,FM_BLEND_MONO_THRESHOLD
  If D = 4 Then Prop = &H1300      ,FM_SOFT_MUTE_RATE
  If D = 5 Then Prop = &H1302      ,FM_SOFT_MUTE_MAX_ATTENUATION
  If D = 6 Then Prop = &H1303      ,FM_SOFT_MUTE_SNR_THRESHOLD
  If D = 7 Then Prop = &H1403      ,FM_SEEK_TUNE_SNR_THRESHOLD
  If D = 8 Then Prop = &H1404      ,FM_SEEK_TUNE_RSSI_THRESHOLD
  If D = 9 Then Prop = &H3100      ,AM_DEEMPHASIS
  If D = 10 Then Prop = &H3102     ,AM_CHANNEL_FILTER
  If D = 11 Then Prop = &H3300     ,AM_SOFT_MUTE_RATE
  If D = 12 Then Prop = &H3301     ,AM_SOFT_MUTE_SLOPE
  If D = 13 Then Prop = &H3302     ,AM_SOFT_MUTE_MAX_ATTENUATION
  If D = 14 Then Prop = &H3303     ,AM_SOFT_MUTE_SNR_THRESHOLD
  If D = 15 Then Prop = &H3403     ,AM_SEEK_SNR_THRESHOLD
  If N = 16 Then Prop = &H3404     ,AM_SEEK_RSSI_THRESHOLD
  If N = 0 Then Prop = &H4000     ,Volume
  Input Dat
  Property
End Sub
```



présente des particularités intéressantes pour la spécification des caractéristiques du récepteur et le développement de son propre logiciel de commande PC (**listage 3**). Chaque accès débute par un caractère de commande unique. L'envoi d'un « f » minuscule appelle Sub F\_control pour spécifier une nouvelle fréquence. Les commandes « m » et « n » servent à programmer les emplacements mémoire. Un « p » permet d'atteindre diverses « Propriétés » de la puce DSP. La commande « i » donne accès à Sub Pc\_control\_i2c pour atteindre directement le niveau inférieur de pilotage du SI4735. Il est aussi possible d'effectuer des interrogations. On peut, par exemple, interroger la puissance du signal ou le rapport signal/bruit ou encore demander le transfert de toutes les données RDS.

Le **listage 4** illustre la transmission d'une fréquence. Un simple programme de terminal permet par exemple d'introduire une fréquence MA avec f5955 <Enter>. Dans le cas présent, la fréquence OC de 5955 kHz est choisie. Une fréquence OUC est aussi transmise en kilohertz. Par exemple, f102800 <Enter> pour 102,8 MHz. Le micrologiciel initialise le mode MA ou MF en cas de changement. Chaque commande de fréquence ramène immédiatement au mode de fonctionnement normal, de sorte qu'il est possible d'effectuer à tour de rôle des commandes du PC et des commandes manuelles. Le code source du programme ElektorDSP1 représente un exemple de commande par Visual Basic.

Le **listage 5** indique ce que l'on peut faire avec les « Propriétés ». Un total de seize pro-

priétés du récepteur peuvent être influencées par des paramètres extérieurs. Par exemple pour augmenter la bande passante, envoyer par un terminal : p10 <Enter> 2 <Enter>. Le n° de propriété 13 (AM\_SOFT\_MUTE\_MAX\_ATTENUATION) permet de désactiver le Soft Mute. Il suffit d'envoyer : p13 <Enter> 0 <Enter>. Le volume peut aussi être ajusté par logiciel au moyen de la propriété 0. Le volume peut être poussé au maximum par p0 <Enter> 63 <Enter>.

Pour utiliser sans restriction les fonctions du SI4735, il est préférable de communiquer directement avec le niveau inférieur conformément au **listage 6**. Le transfert est lancé par un « i » minuscule. La sous-commande « C » suit dans le cas d'un transfert de données I2C. On passe alors en mode binaire, autrement dit à l'émission et à la réception d'octets

Publicité

## Fournisseurs : adresses utiles

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

<p><b>HAMEG®</b> Instruments A Rohde &amp; Schwarz Company</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Oscilloscopes</li> <li>✓ Alimentations</li> <li>✓ Appareils de mesure</li> <li>✓ Radio-Fréquences</li> <li>✓ Appareils programmables</li> </ul> <p><b>Great Value in Test &amp; Measurement</b> <a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a></p>	<p><b>IMPRELEC</b></p> <p>32 rue de l'égalité - 39360 VIRY Tél: 03 84 41 14 93 Fax: 03 84 41 15 24 E-mail: <a href="mailto:imprelec@wanadoo.fr">imprelec@wanadoo.fr</a></p> <p>Réalise vos CIRCUITS IMPRIMES de qualité professionnelle SF ou DF, étamés à chaud et percés sur V.E. 8/10° ou 16/10°, Éillets, trous métallisés, sérigraphie, vernis d'épargne. A partir de tous documents. Face aluminium et polyester multicouleurs pour façade et plaque signalétique. Montage de composants. De la pièce unique à la série, vente aux entreprises et particuliers. Tarifs contre une Enveloppe timbrée, par Tél ou mail.</p>	<p><b>L'impulsion</b></p> <p><b>Composants électroniques</b> <b>Appareils de mesure</b> <b>Matériel informatique</b> <b>Réalisation de circuits</b> <b>Réalisation de prototype</b></p> <p>Tél. 02 31 47 53 88 / Fax. 02 31 47 36 80 <a href="mailto:contact@limpulsion.fr">contact@limpulsion.fr</a> <a href="http://www.limpulsion.com">www.limpulsion.com</a></p>	<p><b>EBCONNECTIONS</b> Electronique Industrielle</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Composants Usb, Ethernet, Rfid</li> <li>✓ Modules et câbles Usb OEM</li> <li>✓ Environnement Basic Tiger</li> <li>✓ Terminal Tactile programmable</li> <li>✓ Etude de produits sur demande</li> </ul> <p><a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a> Site de vente en ligne</p>
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div data-bbox="97 1899 454 2058"> <p>180 pages of tech audio articles Self, Linkwitz, Cordell, Pass a.o. <b>Linear Audio</b> your tech audio resource <a href="http://www.linearaudio.net">www.linearaudio.net</a></p> </div> <div data-bbox="454 1899 1495 2058" style="text-align: center;"> <h1 style="margin: 0;">www.elektor.fr</h1> </div> </div>			

## Listage 4

### Transmission série d'une fréquence

```
Sub F_control()
  Print „Tune“
  Input Fin
  If Am = 1 Then
    If Fin >= 60000 Then
      Power_down
      Waitms 10
      Am = 0
      Fm_start
      Waitms 100
    End If
  End If

  If Am = 0 Then
    If Fin < 60000 Then
      Power_down
      Waitms 10
      Am = 1
      Am_start
      Waitms 100
    End If
  End If

  If Am = 1 Then
    Fam = Fin
    Am_tune_freq
    Waitms 250
    Am_tune_status
  End If

  If Am = 0 Then
    Fin = Fin / 10
    Ffm = Fin
    Fm_tune_freq
    Waitms 250
    Fm_tune_status
  End If
End Sub
```

## Listage 6

### Accès au niveau inférieur

```
,*** PC I2C commands ***
Sub Pc_control_i2c
  Print #1 , „I2C“
  Do
    Get #1 , Command ,I2C write and read to SI4735
    If Command = 67 Then ,“C”
      Get #1 , Bytesout
      Get #1 , Bytesin
      For N = 1 To Bytesout
        Get #1 , Di2c(n)
      Next N
      I2cstart
      I2cwbyte 34
      For N = 1 To Bytesout
        I2cwbyte Di2c(n)
      Next N
      I2cstop
      If Bytesin > 0 Then
        I2cstart
        I2cwbyte 35
        While Bytesin > 1
          Bytesin = Bytesin - 1
          I2crbyte D , Ack
          Put #1 , D
        Wend
        I2crbyte D , Nack
        Put #1 , D
        I2cstop
      End If
    End If
    If Command = 65 Then ,LCD Line 1
      Input #1 , Text1
      Locate 1 , 1
      Lcd Text1
    End If
    If Command = 66 Then ,LCD Line 2
      Input #1 , Text1
      Locate 2 , 1
      Lcd Text1
    End If
  Loop
End Sub
```

individuels. On envoie tout d'abord le nombre d'octets à écrire et à lire. Les octets annoncés en direction écriture suivent. Le contrôleur envoie la condition de démarrage, l'adresse de l'appareil et les octets à recevoir. La puce réceptrice est ensuite adressée en direction lecture pour lire le nombre souhaité d'octets et de les envoyer au PC.

Une commande « i » ne revient pas automatiquement en mode manuel ; la radio reste donc sous le contrôle du PC. Deux commandes supplémentaires « A » et « B » ont été ajoutées pour que l'affichage LCD puisse continuer à être utilisé. Ces com-

mandes permettent d'écrire les deux lignes de l'écran LCD indépendamment.

Bref : La radio DSP d'Elektor offre de nombreuses fonctionnalités dont les autres récepteurs universels sont dépourvus. Les nombreuses possibilités de « réalisation » des propriétés constituent une particularité unique qu'on ne trouve que dans votre radio DSP personnelle. Espérons que de nombreux utilisateurs développent leurs propres extensions et les échangent sur le forum Elektor. Ce récepteur pourrait alors donner accès à des propriétés et des applications auxquelles personne n'a songé

lors du développement de l'appareil. Nous attendons vos idées avec impatience !

(100193, trad. Softcraft)

### Liens Internet

- [1] [www.ak-modul-bus.de](http://www.ak-modul-bus.de)  
(Kit bobine HF T1.4, chercher sous T1.4)
- [2] [www.elektor.fr/100193](http://www.elektor.fr/100193)  
(Page Web de cet article)
- [3] [www.elektor.fr/100126](http://www.elektor.fr/100126)  
(Page Web du récepteur DSP)
- [4] [www.elektronik-labor.de](http://www.elektronik-labor.de)  
(Page Web de l'auteur)

# Mémoire numérique à ligne à retard

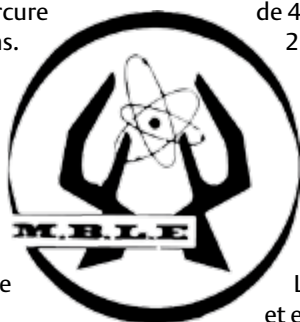
Jean Herman (Belgique)

En novembre 1968, la société MBLE, Manufacture belge de lampes et de matériel électronique, publiait dans sa revue « Techniques nouvelles spéciales » un article de présentation d'un nouveau composant, une ligne à retard capable de mémoriser des informations numériques pour la logique et le calcul. C'était un composant semblable aux lignes à retard pour le décodage des couleurs en télévision, mais accompagné de toute l'électronique nécessaire à son fonctionnement. Il ne s'agissait pas d'une découverte, car déjà dans les calculateurs numériques, on utilisait des lignes à retard encombrantes sur base d'une colonne de mercure ou tout autre matériel censé retarder les informations.

Mais la nouveauté chez MBLE, c'est d'en avoir fait un composant fiable, stable, assez précis et un module standard interchangeable. Trois modules étaient disponibles : le GDM11 avec une capacité de 256 bits, un débit binaire de 0,5 MHz et un délai de 515  $\mu$ s, le GDM12 (256 bits, 0,5 ou 4 MHz, 515 ou 64,5  $\mu$ s) et le GDM21 (256 bits, 4 MHz, 64,5  $\mu$ s). Les modules GDM11 et GDM21 sont des modules maître, le modèle GDM12 est un module esclave.

Pour augmenter la capacité des mémoires, on peut mettre plusieurs modules en série. C'est la plus simple des solutions, mais en pratique on était vite limité par la précision du délai de chaque ligne à retard. En série, l'erreur du temps de

délai est cumulative. La méthode la plus employée était la mise en parallèle des modules. Il n'y a en fait aucune limite à la capacité parallèle. Pour avoir une parfaite synchronisation des modules, l'impulsion d'horloge était commune et venait du seul module maître, ce qui permettait de n'utiliser qu'un seul convertisseur de fréquence de circulation des bits pour l'ensemble des modules. Ce genre de mémoires a été utilisé dans des machines à calculer ou de petits calculateurs, comme tampon de convertisseur analogique/numérique, dans des machines-outils numériques, comme



mémoire d'écran pour afficheur à tube cathodique, etc.

Le matériau pour véhiculer et garder les informations est un verre spécial fortement allié au plomb pour obtenir une vitesse de propagation du son (ultrasons) la plus basse possible. Sur un parallélépipède de verre de 80 x 40 x 8 mm, deux transducteurs à ultrasons sont collés sur un même côté de 40 mm. Sous les transducteurs, le verre est en biais à 7,5 degrés pour que les transducteurs soient perpendiculaires aux chemins de réflexion. Un transducteur piézoélectrique émet des impulsions et l'autre les reçoit.

Dans le bloc de verre, les réflexions se font entre les deux côtés de 40 mm, la distance entre les transducteurs est donc de  $2 \times 80 \text{ mm} = 160 \text{ mm}$ . Cette distance est parcourue par un bit ultrasonore en 64,5  $\mu$ s. La vitesse sonore recalculée est alors de  $0,16 \text{ m} / 64,5 \mu\text{s} = 2\,480,6 \text{ m/s}$ .

Les signaux sont évidemment atténués par le long parcours de 160 mm dans le verre. L'atténuation en tension mesurée entre les transducteurs piézo est d'environ 6 dB. Un transistor BSX20 amplifie l'écho reçu et le remet au niveau des portes TTL.

Le mot de 256 bits est réinjecté sans fin dans le verre et est contrôlé par une logique de gestion de la mémoire. L'atténuation du signal est un avantage, car l'impulsion initiale se propage de plusieurs manières dans la totalité du bloc de verre, mais n'est plus d'amplitude suffisante pour parasiter le système. En

réalité, le transducteur émet une onde longitudinale perpendiculaire au transducteur, mais aussi une onde

transversale de vitesse différente, plus

lente (environ deux fois) qui pourrait interférer

avec l'onde principale. En 1968, on était très économe de la pauvre capacité des mémoires. J'ai travaillé avec de gros ordinateurs qui géraient tout un grand laminoir et qui disposaient seulement de 16 Ko de mémoire ! J'ai également eu l'occasion de dépanner des machines à calculer Schneider qui utilisaient cette ligne à retard.

(100081-I)



# Morceaux choisis

## La bibliothèque des passionnés d'électronique

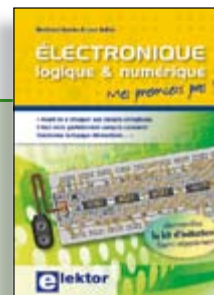


Télévision Numérique Terrestre : y voir clair !

### Bien comprendre et installer la TNT

Le compte à rebours est lancé, la TV analogique va disparaître. Place au numérique ! À la place des 6 chaînes analogiques actuelles, nous recevrons 19 chaînes numériques gratuites. Avec ce livre vous saurez tout sur le déploiement de la TNT : calendrier pour la simple définition (SD) et la haute définition (HD), chaînes payantes et gratuites etc. Que vous habitiez un pavillon ou que vous soyez membre du conseil syndical de votre immeuble, vous devrez choisir un mode de réception de la TNT, et éventuellement effectuer des travaux, ou bien les commander auprès d'un antenniste. Peut-on garder la vieille antenne râteau ? Faut-il modifier son orientation ? La remplacer ? En zone d'ombre, faut-il se tourner vers le satellite, le câble ou l'ADSL ? Une fois que le signal de télévision numérique sera disponible sur la prise TV de votre salon, il vous restera à vous équiper d'un décodeur TNT. Quel modèle choisir : simple ou double tuner, récepteur-enregistreur, compatible SD ou HD, offre payante ou gratuite ? Si vous avez plusieurs prises, attention, car la distribution du signal numérique est moins simple que pour le signal analogique.

192 pages • ISBN 978-2-86661-172-9 • 24,50 €

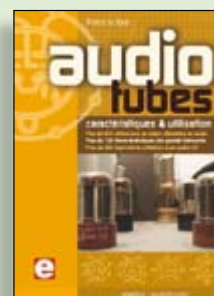


Mes premiers pas !

### Électronique logique & numérique

Regardez les appareils actuels : on y trouve essentiellement des puces, des microcontrôleurs, des dispositifs logiques programmables, etc. Les circuits intégrés simples, comme le 4000 ou le 4093, y sont plus rares. Se familiariser avec de tels circuits reste pourtant la porte d'entrée idéale du monde de la logique. Car c'est d'opérateurs, de bascules bistables et de compteurs que sont faits les montages numériques même les plus complexes. L'apprentissage des notions fondamentales est plus facile lorsqu'il s'accompagne de travaux pratiques ; c'est pourquoi ce livre est associé à un kit d'initiation réunissant une plaquette d'expérimentation universelle et tous les composants requis.

156 pages • ISBN 978-2-86661-175-0 • 29,50 €



Complet, robuste et donc indispensable

### Audio Tubes

Francis Ibre a répertorié tous les équivalents connus des tubes usuels, y compris les très nombreux tubes anglais CV, pour en dresser une dizaine de tableaux synoptiques, par types, et faciliter ainsi le choix parmi plus de 750 références. Plus de 130 fiches techniques reprennent les caractéristiques fournies par les grands fabricants ainsi que les valeurs maximales et nominales pour différents modes de fonctionnement. Les codes CV de près de 300 équivalents militaires sont indiqués en regard des références connues.

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

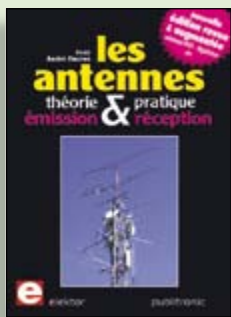


Comprendre et dimensionner

## Les installations domestiques à énergies renouvelables

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

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

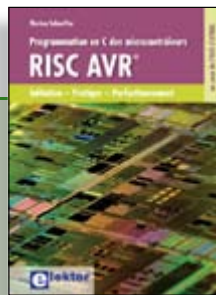


Nouvelle édition augmentée

## Les antennes

La première partie traite de la propagation des ondes dans l'espace et sur les lignes ainsi que des caractéristiques fondamentales des antennes (gain, rayonnement, courant, tension...). Cette étude théorique est suivie de réalisations pratiques : antennes filaires, antennes à gain, antennes THF, antennes courtes, antennes à large bande et multibandes, antennes de réception. La dernière partie est consacrée aux ultimes réglages : adaptation des impédances, appareils de mesure, conseils de sécurité (poussée du vent, résistance des matériaux, pylônes et haubans, foudre...).

470 pages • ISBN 978-2-86661-165-1 • 48,50 €

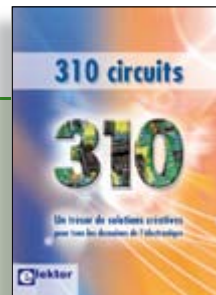


Initiation – Pratique – Perfectionnement

## Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR

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

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



Complétez votre collection !

## 310 circuits

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

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

Informations complémentaires et gamme complète sur notre site

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

Elektor / Publitronic SARL  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19  
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37  
E-mail : ventes@elektor.fr

**elektor**



Ecoutez la DRM, c'est magique !

## Construire des récepteurs de radio numérique sur ondes courtes

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

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



10 ans d'Elektor sur DVD

## DVD Elektor 1990-1999

Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999. Elektor propose à ses lecteurs des montages électroniques de conception professionnelle et aisément reproductibles, dans les domaines de l'électronique et de l'informatique appliquées. Il leur apporte également des informations sur l'évolution technologique et les nouveaux produits.

ISBN 978-2-86661-173-6 • 89,00 €



Tous les articles de 2009 sur DVD-ROM

## DVD Elektor 2009

Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2009. Il contient non seulement le texte des articles ainsi que les schémas, mais aussi tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Ceci permet à l'utilisateur de modifier à sa guise les dessins existants à l'aide d'un programme adéquat. Dès lors, rien ne s'oppose plus à l'exportation des documents vers un autre format à la convenance de l'utilisateur.

ISBN 978-90-5381-251-8 • 27,50 €



NOUVEAU

## La radio DSP d'Elektor

(Elektor juillet/août 2010)

Un récepteur de radio mondial qu'il ne faut pas aligner ? Oui, le traitement numérique du signal (DSP, digital signal processing outre-Manche) le permet ! Tout le nécessaire est fondu dans une puce radio DSP, elle s'appelle Si4735 et ne mesure que 3 mm x 3 mm. Ajoutons-y une interface de commande avec écran LCD, un amplificateur stéréo à BF et l'interface USB désormais inéluctable pour ceux qui préfèrent piloter le récepteur par leur PC.

Platine montée et testée

Réf. : 0100126-91 • 164,00 €



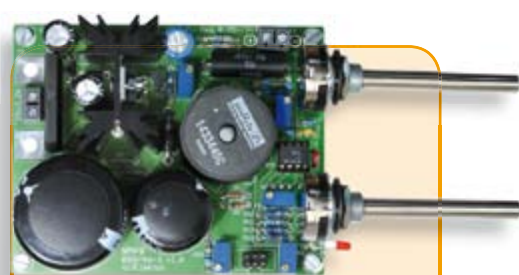
## Minisimulateur OBD2 pour PWM/ISO/KWP2000

(Elektor juin 2010)

Une vraie voiture serait trop encombrante pour les tests OBD-II sur table de laboratoire. La simulation d'un véhicule virtuel côté OBD-II ne requiert pas nécessairement un équipement (industriel) hors de prix. En voici la preuve.

Kit avec carte et tous les composants

Réf. : 080804-71 • 99,95 €



## Alimentation à découpage 0 à 30 V / 3 A

(Elektor avril 2010)

Dans l'équipement de base l'électronicien, il faut une alimentation secteur à tension de sortie réglable et à limitation de courant. La complexité d'une alimentation à découpage a de quoi effaroucher s'il faut la réaliser soi-même. Avec ce kit basé sur une technique éprouvée, Elektor met cette réalisation à la portée de tous. Construisez vous-même votre alimentation secteur à découpage, simple ou symétrique.

Kit de composants sans le transformateur secteur

Réf. : 090786-71 • 71,50 €



## Carte de contrôle à dsPIC

(Elektor mai 2010)

Conçue pour des applications typiques de l'électronique industrielle telles que la commande de moteur ou le réglage de convertisseur statique du type élévateur ou abaisseur. Le processeur est dsPIC30. On dispose de 8 sorties à modulation de largeur d'impulsion (PWM), d'un bus CAN avec isolation galvanique, d'une interface RS232/USB, de l'I<sup>2</sup>C et de 14 entrées analogiques.

Platine montée et testée

Réf. : 090073-91 • 159,00 €



## F387 septembre 2010

+++ Retrouvez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) toutes les références disponibles +++

## F385/386 juillet-août 2010

## La radio DSP d'Elektor

100126-41 ..... Microcontrôleur programmé ATmega168 PU ..... 14,95

100126-91 ..... Platine montée et testée ..... 164,00

## Position de dérive

080307-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F628A-dil-18 ..... 9,95

## Testeur de câbles RJ-45 à PIC

090643-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F72 ..... 9,95

## Thermomètre avec affichage LED à 4 chiffres

080536-41 ..... Microcontrôleur programmé AT89C2051 DIL-20 ..... 9,95

## Chargeur solaire/moniteur

090544-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F877A ..... 19,95

## Temporisateur universel sans courant de veille

090534-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny2313 ..... 9,95

## Minute-tiny

091044-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny2313 ..... 9,95

## Interrupteur de salle de bain étanche

090537-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny13A ..... 9,95

## Générateur MLI universel

090856-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F628-1/P ..... 9,95

## Horloge binaire

090187-41 ..... Microcontrôleur programmé  
PIC165F877-20/P DIP40 ..... 22,50

## Tiny-Pulser

090444-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTINY13-20P4 ..... 9,95

## Surveillant de batterie de voilier

090117-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F690 DIP ..... 9,95

## Pendule de modéliste

090023-41 ..... Microcontrôleur programmé  
PIC18LF1320 I/P DIL18 ..... 9,95

## Astrolampe

090550-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny45 DIL8 ..... 9,95

## ATM18-DIP

090896-1 ..... Platine ..... 12,50

## Microthermomètre minimal

090634-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTINY13(A) dip8 ..... 9,95

## Pyramide 3D de LED

090940-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny2313-20SU ..... 9,95

## Roue codeuse numérique

090538-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny2313 dip20 ..... 9,95

## Entraîneur électronique

100203-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F88 DIP18 ..... 9,95

## Éclairage pour voitures RC

090834-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny45 DIP-8 ..... 9,95

## Lucioles RVB Synchronisées

100358-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTINY13(V) ..... 9,95

## Régulateur de chauffage par le sol

100318-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny25-20p4DUO8 ..... 9,95

## Scopitexte

100327-41 ..... Microcontrôleur programmé ATTiny2313 DIL20 ..... 9,95

## Inclinomètre avec USB

070829-41 ..... Microcontrôleur programmé ATmega8-16AU  
(TQFP) ..... 9,95090645-91 ..... Carte breakout MMA7620 ..... [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

## Alim de labo pour PC

090863-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC16F616-I/P ..... 9,95

## F384 juin 2010

## Minisimulateur OBD2 pour PWM/ISO/KWP2000

080804-71 ..... Kit avec carte et tous les composants ..... 99,95

## L'électricité sans fil rencontre les RFID

100051-71 ..... Boîte de construction pour le module de lecteur  
RFID 080910-91, les platines 100051-1, -2 et -3  
et les microcontrôleurs 100051-41 et -42 ..... 39,95

## vos favoris

livres	1	↑	<b>Bien comprendre et installer la TNT</b> ISBN 978-2-86661-172-9 ..... 24,50 €
	2	↘	<b>Électronique logique &amp; numérique</b> ISBN 978-2-86661-175-0 ..... 29,50 €
	3	↗	<b>310 circuits</b> ISBN 978-2-86661-171-2 ..... 34,50 €
	4	↘	Les installations domestiques à <b>énergies renouvelables</b> ISBN 978-2-86661-170-5 ..... 32,50 €
	5	↘	<b>Audio Tubes</b> ISBN 978-2-86661-174-3 ..... 59,00 €
cd & dvd-rom	1	→	<b>DVD Elektor 2009</b> ISBN 978-90-5381-251-8 ..... 27,50 €
	2	↗	<b>ECD 5</b> ISBN 978-90-5381-159-7 ..... 29,50 €
	3	↗	<b>DVD LED Toolbox</b> ISBN 978-90-5381-245-7 ..... 32,50 €
	4	↘	<b>DVD Elektor 1990-1999</b> ISBN 978-2-86661-173-6 ..... 89,00 €
	5	↘	<b>DVD Elex</b> ISBN 978-2-86661-156-9 ..... 44,50 €
kits & modules	1	↑	<b>La radio DSP d'Elektor</b> Réf. : 100126-91 ..... 164,00 €
	2	→	<b>Module Bluetooth pour Analyseur OBD2 NG</b> Réf. : 090918-71 ..... 29,95 €
	3	↘	<b>Carte de contrôle à dsPIC</b> Réf. : 090073-91 ..... 159,00 €
	4	→	<b>Alimentation à découpage 0 à 30 V / 3 A</b> Réf. : 090786-71 ..... 71,50 €
	5	↘	<b>Prototypage rapide à 32 bits ARM7 (Sceptre)</b> Réf. : 090559-91 ..... 99,95 €

Commandez tranquillement sur

**[www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)**ou à l'aide du bon de commande encarté  
à la fin de la revue. Les commandes en ligne  
de livres ou de CD & DVD-ROM bénéficient  
d'une remise spéciale de 5%.

Elektor / Publitrone SARL  
1, rue de la Haye • BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19  
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37  
@ : [ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)



## Test de pinces ampèremétrique

La plupart des multimètres sont capables de mesurer des courants jusqu'à 10 ou 20 A. Pour mesurer des courants plus forts, il y a la pince ampèremétrique, un outil qui supporte sans broncher des courants de 100 voire 1000 A. Dans le prochain numéro, vous trouverez une comparaison d'une vingtaine de ces pinces qui vont de quelques dizaines d'euros jusqu'à environ 600 €



## Minuterie pour appareil photo

Les appareils photo numériques récents offrent souvent la possibilité de les piloter à distance. La minuterie pour appareil photo présentée le mois prochain permet de déclencher un Canon EOS ou compatible à des moments préprogrammés. Un afficheur à quatre lignes montre les paramètres qui sont en plus stockés dans une EEPROM. Une fonction de préfocalisation est également disponible et des effets sonores accompagnent les déclenchements.



## Ampli de puissance à 5532

Le mois prochain nous présenterons un amplificateur de puissance dont l'étage de sortie consiste uniquement en amplis op ! L'amplificateur est capable de fournir une puissance d'environ 15 W dans une charge de 8 Ω. Puisque le double ampli op de type 5532 utilisé est connu pour son excellent rapport qualité/prix pour des applications audio, la qualité sonore de cet amplificateur unique est tout à fait correcte.

*Il arrive que la publication de certains articles soit retardée par des impératifs rédactionnels. Attention, le numéro d'octobre 2010 devrait être en kiosque à partir du 15 septembre.*



## Tarif & abonnements

### Prix au numéro

France	6,70 €
DOM Surface	7,70 €
DOM Avion	9,75 €
Belgique	7,35 €
Suisse	12,60 FS
Canada	9.25 \$Can

### Abonnement standard d'un an

France	70,00 €
Belgique	77,50 €
Suisse	130,00 FS
DOM Surface	92,00 €
DOM Surface Priorité	119,50 €

Étudiant - 20 %

### Abonnement standard de 2 ans

France	124,00 €
--------	----------

Belgique	139,00 €
Suisse	235,00 FS
DOM Surface	165,00 €
DOM Surface Priorité	215,00 €

Étudiant - 20 %

### Abonnement Elektor PLUS d'un an

France	87,50 €
Belgique	95,00 €
Suisse	169,00 FS
DOM Surface	109,50 €
DOM Surface Priorité	137,00 €

Étudiant - 20 %

### Abonnement Elektor PLUS de 2 ans

France	159,00 €
Belgique	174,00 €
Suisse	313,00 FS
DOM Surface	200,00 €
DOM Surface Priorité	250,00 €

Étudiant - 20 %

*Sous réserve de modification de prix.*

**Abonnements :** abonnements@elektor.fr

**Commandes/Ventes :** ventes@elektor.fr

### Pour vous abonner :

Passez par notre site [www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo), c'est plus rapide et moins cher. Vous pouvez aussi utiliser le bon de commande encarté en fin de magazine.

**Début et fin :** Un abonnement peut démarrer à tout moment. Nous vous rappellerons en temps utile l'approche de la fin de votre abonnement.

**Anciens numéros :** Les anciens numéros peuvent être commandés dans la limite de leur disponibilité (cf. le bon de commande, leur prix est celui d'un numéro à l'unité).

**Changement d'adresse :** Veuillez compter au moins 3 semaines avant l'entrée en vigueur de votre nouvelle adresse. Mentionnez votre numéro d'abonné (cf. l'étiquette d'envoi de votre magazine) sans oublier ni l'ancienne ni la nouvelle adresse.

**Horaires :** Notre service Clients est ouvert du lundi au jeudi, de 8h30 à 17h00, et le vendredi, de 8h30 à 12h30. Pour vos questions concernant votre abonnement, appelez le 01.49.19.26.19.

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



**le livre « 306 circuits » d'Elektor.\***

**Faites votre choix :**

- AVANTAGEUX!**

\* Offre valable jusqu'à épuisement des stocks, uniquement si vous n'avez pas été abonné à elektor au cours des 12 mois précédents.

*\* Le DVD-ROM annuel 2010 vous sera envoyé d'office dès sa parution prévue en février 2011.*

09/2010

09/2010

## Désignation des articles

## Prix

Qté

Montant

**Montant de la commande**

**Standard France métropolitaine & Europe \*\* + 8,50 €**

**Standard DOM/TOM et le reste du monde \* +12,50 €**

**Priorité France métropolitaine & Europe \*\* + 10,00 €**

**Priorité DOM/TOM et le reste du monde \*** + 15,00 €

**TOTAL €**

**FRAIS  
DE PORT ET  
D'EMBALLAGE**

**\*\* ATTENTION!**

**ATTENTION :**  
Pour les frais de port standard à 8,50 €, nous vous rappelons que les délais d'acheminement de vos paquets sont d'environ 10 à 15 jours.

**ANCIENS NUMÉROS**  
**Prix par exemplaire 6,70 € (\*11,90 €)**

Nous vous prions  
de bien vouloir entrer  
vos coordonnées dans  
les cases prévues à cet  
effet sur le dos de ce  
bon de commande.

**CERCLEZ** les numéros désirés

\* numéros doubles





POUR VOS COMMANDES (kits, modules, livres, CD & DVD-ROM etc.)  
VEUILLEZ INDIQUER ICI VOS COORDONNÉES COMPLÈTES :

☐ Je commande les références indiquées au verso  
pour un montant de

Mode de paiement (cochez la case de votre choix) :

- ☐ Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR
- ☐ Virement bancaire pour la France : RBS Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03
- ☐ Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton
- ☐ Virement bancaire International : RBS Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (BIC : ABNAFRPP)

☐ Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous s.v.p.) :

Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)      Date de validité

Signature \_\_\_\_\_

Voici mon adresse :

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Date de naissance **FR** \_\_\_\_\_  
*Le cas échéant, veuillez indiquer votre numéro d'abonné*

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Localité \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Pays DOM/TOM \_\_\_\_\_

09/2010

Oui,

je souscris un abonnement d'un an à Elektor (11 numéros).  
Dès l'enregistrement de mon paiement, je recevrai automatiquement  
et sans aucun engagement de ma part le livre « 306 circuits ».\*

Cochez la case correspondant à l'abonnement de votre choix :

- ☐ Abonnement standard d'un an pour 70,00 € (Belgique : 77,50 €)
- ☐ Abonnement ELEKTOR PLUS d'un an pour 87,50 € (Belgique : 95,00 €)  
(le DVD-ROM annuel 2010 compris \*\* + ainsi que votre accès exclusif  
à Elektor-Plus.fr)

Mode de paiement (cochez la case de votre choix) :

- ☐ Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR
- ☐ Virement bancaire pour la France : RBS Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03
- ☐ Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton
- ☐ Virement bancaire International : RBS Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (BIC : ABNAFRPP)

☐ Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous s.v.p.) :

Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)      Date de validité

Signature \_\_\_\_\_

Voici mon adresse :

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Pays DOM/TOM \_\_\_\_\_

Localité \_\_\_\_\_

09/2010

Envoyez cette carte  
accompagnée du paiement  
sous enveloppe affranchie à :

Elektor / Publitronic SARL  
c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
FRANCE

Envoyez cette carte  
accompagnée du paiement  
sous enveloppe affranchie à :

Elektor / Publitronic SARL  
c/o Regus Roissy CDG  
1, rue de la Haye  
BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
FRANCE



# Abonnez-vous à la meilleure revue américaine sur les microcontrôleurs et leurs applications !



La formule d'abonnement qui vous conviendra est sur [www.cc-access.com/subs](http://www.cc-access.com/subs)

## 12 parutions par an

Édition imprimée :	63 \$
Édition numérique (PDF) :	38 \$
Les deux éditions :	90 \$

**CIRCUIT  
CELLAR®**  
THE MAGAZINE FOR COMPUTER APPLICATIONS



## Logiciels de C.A.O



- Splan** Logiciel saisie schémas **42,22 €**  
**Loch Master** Aide prototypage **43,00 €**  
**Sprint layout** Logiciel pour réalisation de circuits imprimés ..... **47,72 €**  
**ProfilLab-Expert** Générateur d'application / simulateur graphique **121,99 €**  
**Front Designer** Logiciel de conception de face avant pour boîtier ..... **47 €**

## Modules et platines Arduino

Les **Arduino** sont des plate-formes micro-contrôlées "open-source" programmables via un langage proche du "C" (dispo. en libre téléchargement). Ils peuvent fonctionner de façon autonome ou en communiquant avec un logiciel sur ordinateur.

- Circuit intégré Arduino** ..... **5,86 €**  
**Module Arduino Pro Mini** ..... **17,34 €**  
**Platine Arduino USB Board** ..... **26,31 €**  
**Platine Arduino Mega USB** ..... **58,60 €**  
**Arduino Ethernet Shield** ..... **46,05 €**  
**Platine Arduino XBee™** ..... **52,62 €**  
**Platine Arduino Bluetooth™** ..... **104,05 €**  
**Platine Arduino Base Robot** ..... **65,78 €**  
**Platine Arduino drive Moteur** ..... **23,92 €**  
**Platine Arduino PROTO** ..... **16,15 €**

## Développements & Acquisitions



Interface USB 16 ports configurables en entrées / sorties / conv. "A/N" + 4 ports entrées/sorties + 2 sorties analog.

**U3-LV** ... **109 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)

Analyseur USB non intrusif Full / Low Speed. Idéal pour debug, mise au point drivers, optimisation équipements USB.

**TP320221** **437 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)

Interface USB <> I2C™ / SPI™ (maître ou esclave) - Livré avec drivers et DLL.

**TP240141** **300 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)

Analyseur I2C™ / SPI™ non intrusif - Monitoring max. I2C@4MHz - SPI@24 MHz.

**TP320121** **354 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)

Interface GPIB <> USB.

**SMART488** **179 €** (0,01 € d'éco-particip. incluse)

## Interfaces TCP/IP et serveurs WEB



Convertisseur RS232 <> TCP/IP: ajoutez une connexion Internet à votre application en moins de 3 mn !

**CSE-H53** **59 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)

Version carte "OEM" **EZL-50L** .... **26 €**

Pilotez 8 entrées optocouplées + 8 relais + 1 port RS232 via Internet/Ethernet.

**CIE-H10** **179 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

Boîtier ARM9™ 2 ports Ethernet, 2 ports USB, 2 RS232/RS485, 1 slot carte CF™ (non livrée), 8 broches E/S, Port I2C™, Port console, Linux embarqué.

**VS6802** ... **267 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

## Oscilloscopes & Analyseurs divers



Sonde oscillo USB 1 voie (1 G Ech/ sec. 10 bits mode répétitif) + mode datalogger + mode mini-analyseur de spectre (FFT) + mode volt-mètre + compteur de fréquence  
**PS40M10** **290 €** (0,03 € d'éco-participation incluse)

Oscillo 2 voies (20 M Ech/sec. 12 bits mode répétitif) - Mêmes modes que ci-dessus + mini générateur de fonction.  
**DS1M12** **266 €** (0,03 € d'éco-participation incluse)

Oscilloscope portable couleur **2 x 20 MHz** avec mode multimètre. Livré en malette avec chargeur, sondes et cordons de mesure. Sortie USB pour exportation des mesures sur PC **HDS1022M** ..... **581 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

version **2 x 60 MHz** **HDS2062M** ... **748 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)



Oscilloscope **2 x 25 MHz** à écran couleur avec sortie USB pour exportation mesures sur PC.  
**EDU5022** **437 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

Idem avec mode **analyseur logique 16 voies**  
**MSO5022** **753 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

Oscilloscope **2 x 100 MHz** à écran couleur avec sortie USB pour exportation mesures sur PC.  
**PDS7102** **748 €** (0,05 € d'éco-participation incluse)

Idem avec mode **analyseur logique 16 voies**  
**MSO7102** **1071 €** (0,05 € d'éco-particip. incluse)



L'**AS4002P** permet l'analyse des composants en les insérant sur son support. Ce dernier affichera alors le brochage ainsi qu'un grand nombre de leurs paramètres  
 L'analyseur AS4002P ..... **96 €**



Analyseur **logique 16 voies** à connexion USB pour PC. Mémoire de 32 K par canal, procédé de compression de données, bande passante de 75 MHz (avec échantillonnage de 100 à 100 MHz) et trigger programmable.

Pour tout achat de cet analyseur avant le 31/10/2010, nous vous offrons les protocoles de décodage: **I2C™, SPI™, UART, 7 Segment Led, CAN 2.0B** et **USB 1.1**

L'analyseur **LAP-C16032** ..... **118 €** (0,01 € d'éco-participation incluse)



Analyseur de consommation énergétique avec visualisation et analyse sur PC (transfert Bluetooth™)  
**POWERSPY** **358 €**

Analyseur **logique 4 voies** à connexion USB pour PC. Fonctions décodage trames I2C™, SPI™, UART, 1 Wire™, analyse signaux PWM par transformé de Fourier (FFT), générateur de trames + acquisition signaux simultanément. L'analyseur **K0210A** **59 €**

## Développement sur PIC®



**EASYPIC6** Platine de développement pour microcontrôleurs **PIC®** avec programmeur **USB intégré**, supports pour **PIC 8, 14, 20, 28** et **40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur ICD, mini clavier, touches directionnelles, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 caractères et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). Livrée avec PIC16F877 **137,50 €**



**EASYLV-18F V6** Platine similaire pour développement sur microcontrôleurs **PIC18FxxJxx**. La platine **144 €**

## Compilateurs pour PIC

Versions professionnelles avec interface IDE et très nombreuses possibilités: gestion port série, USB, I2C™, SPI™, RS485, CAN, Ethernet, écriture/lecture sur cartes SD™/MMC™/CF™, affichage sur LCD alphanumérique/graphique, gestion de clavier, de dalle tactile, de modules radio, de calculs mathématiques, de signaux PWM, de mémoire Flash/ d'EEPROM, de temporisations... Doc en Anglais.

Compilateur **"BASIC"** ..... **150 €**

Compilateur **"C"** ..... **215 €**

Compilateur **"PASCAL"** ..... **152 €**

## Développement sur AVR®



**EASYAVR6** Platine de développement pour microcontrôleurs **AVR®** avec programmeur **USB intégré**, supports pour **AVR 8, 14, 20, 28** et **40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur JTAG, mini clavier, touches directionnelles, emplacements afficheurs LCD 2 x 16 carac. et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). Livrée avec ATmega16 ..... **139 €**

## Compilateurs pour AVR

Versions professionnelles avec interface IDE. Doc en Anglais.

Compilateur **"BASIC"** ..... **150 €**

Compilateur **"C"** ..... **215 €**

Compilateur **"PASCAL"** ..... **152 €**

## Nouveautés - Produits "phares" ...

Ce boîtier vous permettra de connecter n'importe quel dispositif doté d'une liaison RS-232 à un réseau local WLAN sans fil en réagissant à la manière d'un convertisseur "WLAN <> Série". Livré avec antenne (prévoir alim.: 5 Vcc).  
**CSW-H80** **110 €** Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

## La platine "FOX Board G20"

est une plate-forme sur base ARM9™ AT91SAM9G20 avec Linux et serveur Web embarqué. **166,24 €**

Ce module de **reconnaissance vocale** est capable de reconnaître 32 mots ou expressions que vous lui aurez préalablement appris. Sortie série pour interfacement avec un microcontrôleur externe. Module VRBOT avec microphone ... **46,64 €**

## Clef USB Bluetooth™ 2.0+EDR

Class 1, longue portée (300 m max. en terrain dégagé). Sortie sur connecteur SMA avec mini-antenne **35,28 €**

Ce petit module est capable de reproduire des fichiers audios (voix, musiques, etc...) préalablement stockés sur une carte mémoire microSD™ (à ajouter). Commande via bus série 2 fils (DATA - CLOCK) ou via boutons-poussoirs pour lecture séquentielle ... **23,92 €**

Cette caméra miniature numérique couleur est capable de restituer des images au format "JPEG" via une liaison série. (niveau 3,3 V ou RS232 suivant modèle) **53,82 €**

Le module **"CIE-M10"** est un serveur "web" doté de 8 entrées tout-ou-rien, d'une entrée de conversion "analogique/numérique", de 8 sorties logiques et d'1 port série accessibles au travers de la connexion "TCP/IP". L'interface du serveur web est personnalisable à volonté. Le module CIE-M10 seul ..... **77,74 €**

Platine **"BASYS2"** pour développement sur FPGA Spartan-3™ (Xilinx™). Programmeur USB et nombreux périphériques intégrés .... **86,11 €**

Interfacer un téléphone GSM avec un ordinateur ou un microcontrôleur, c'est facile et cet ouvrage vous le prouve ! Grâce à l'envoi et la réception de commandes par SMS, vous pouvez piloter et surveiller n'importe quel processus.

De nombreuses applications sont décrites dont la mise en oeuvre d'un récepteur GPS permettant la réalisation d'un système de positionnement géographique capable d'envoyer par SMS sa propre position (via un module GSM). Une fois les coordonnées rentrées dans une application Internet, il vous sera possible de localiser précisément la position de votre montage sur une carte et/ou une photo satellite !

L'ouvrage seul ..... **35 €**

**LEXTRONIC**

Documentations complètes sur le **www.lextronic.fr**

