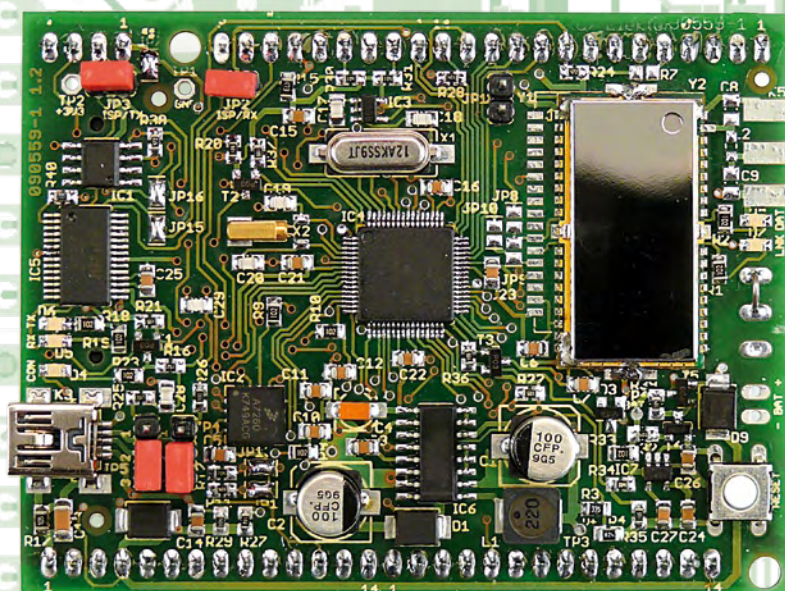


# elektor

www.elektor.fr



## Régnez avec le SCEPTRE !

Le nouveau système  
de prototypage rapide  
à 32 bits

- ✦ Tour d'horizon de la Nanoboard 3000 d'Altium
  - ✦ Récepteur à trois canaux DMX512-A
  - ✦ Tout sur le VDSL2
- et bien plus encore ...

Le plus petit du monde ...

## Modulo D

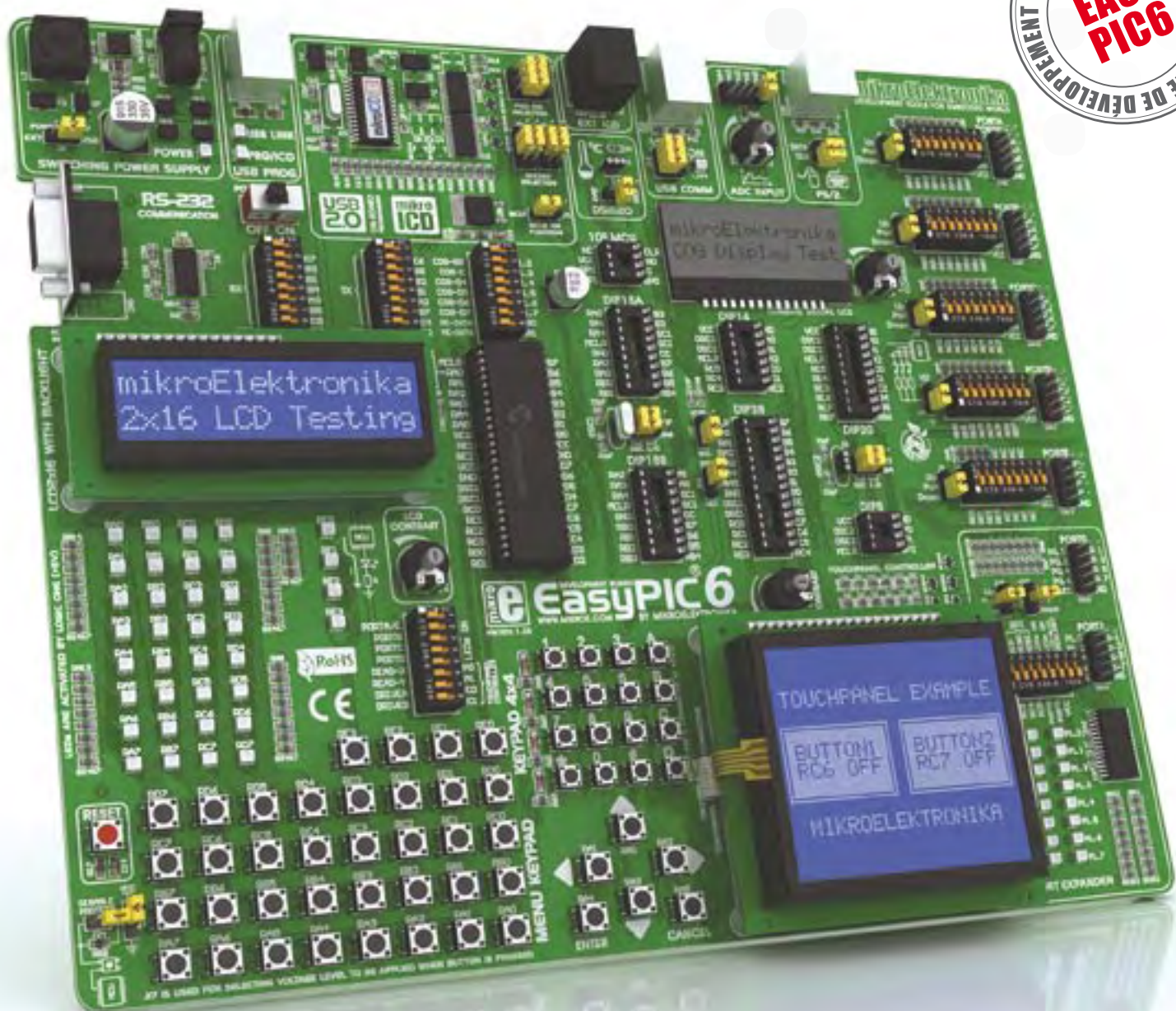
Amplificateur de puissance stéréo complet



L 19624 - 381 - F: 6,70 €



# CHOISISSEZ VOTRE **PIC** ET LANCEZ-VOUS



Le système de développement EasyPIC6 est un système de développement complet pour le développement et le test des applications à microcontrôleur PIC de 8, 14, 18, 20, 28 ou 40 broches. Le mikroICD (débugueur matériel in situ) offre un débogage pas à pas efficace. Des exemples en C, BASIC et PASCAL sont fournis avec la carte.

## Réalisez vos projets électroniques sans effort

## EasyPIC 6

« Elektor ? Au labo tout le monde le lit, les uns pour les amplis, les autres pour les microcontrôleurs. Y a des tas de trucs qui ne peuvent venir que de vrais pros. »

– François N., 39 ans, ingénieur R&D –



**Notre cadeau de bienvenue : Baladeur MP3, clé USB & Fonction dictaphone en un**



**Elektor, ma (p)référence en électronique**

Prenez de l'avance,  
prenez **un abonnement !**

**Les avantages exclusifs de l'abonné :**

- 11% d'économie sur le prix de vente au numéro
- jusqu'à **40% de remise** sur certains produits d'Elektor
- beau baladeur MP3 2 Go (valeur marchande : 39,95 €) **en cadeau de bienvenue**
- collection complète, livraison ponctuelle à domicile
- toujours à jour, toujours une longueur d'avance

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

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

**elektor**  
electronics worldwide

## Publiez vos sources, personne ne les comprendra

Les logiciels à code source ouvert ont le vent en poupe, même Microsoft, le roi du logiciel fermé, s'y met.

Pourquoi dévoiler tous les détails de nos produits ? Nous sommes nombreux à hésiter, surtout par peur du piratage. Peur justifiée quand le produit dépend d'une technique secrète, mais la plupart des produits ne mettent en œuvre que des procédés connus.

Je crois en l'*Open Source*. Comme tout le monde, j'utilise beaucoup de logiciels à code source ouvert. Comme tout le monde, je ne regarde que rarement le code source que j'utilise. Quand je le fais, ça ne dure jamais longtemps, car en général c'est tout bonnement incompréhensible. Même les petits projets sont souvent impénétrables. Pour justifier le temps que ça va prendre, il faut déjà de bonnes raisons.

Publiez votre code source sans crainte, personne ne le comprendra. Parmi les rares utilisateurs qui l'étudieront de près, seuls quelques acharnés parviendront à le comprendre. Parmi eux il y aura peut-être votre concurrent, mais qu'importe ! Quand il en sera là, vous serez déjà en train de développer de nouveaux produits, autour d'un code source bien plus évolué, pas encore publié mais encore plus compliqué. Votre compétiteur s'y cassera les dents et en sortira laminé.

Pour copier un téléviseur, son schéma électrique ne suffit pas. Il faut trouver non seulement les composants et les platines, mais aussi les outils pour fabriquer les pièces spéciales ou pour assembler l'appareil, sans parler ni des compétences ni du temps nécessaires pour tout faire.

C'est d'ailleurs souvent leur complexité qui compromet le succès de beaucoup de projets ouverts. Car ce ne sont pas ses composants ni son code source qui font le succès d'un projet, mais la facilité de leur mise en œuvre. Même le projet le plus brillant ne survivra pas sans exemples, sans notice d'utilisation ni sans support. C'est pour ça que dans Elektor nous publions des articles et pas simplement des schémas. Parfois, nous répondons même à vos questions.

Clemens Valens  
Rédacteur en chef



### 6 Mentions légales

### 8 Courrier des lecteurs

Vos questions, nos réponses.

### 10 Infos & Actualité

Nouveaux produits.

### 12 Nos élèves ont du talent

Un roman photo fait par des élèves du lycée Saint-Vincent à Collonges-sous-Salève (74)

### 14 Infos & Actualité

Encore de nouveaux produits.

### 16 Modulo D

Le plus petit ampli + préamplificateur du monde.

### 24 20 x Open Source

Liens à découvrir pour l'électronique embarquée.

### 28 Testeur de diodes Zener

### 29 Contrôle de LED pour modèles RC

### 30 Système d'identification VisiOLED

ATM18 équipé d'un afficheur couleur OLED, d'une liaison radio et d'un lecteur RFID

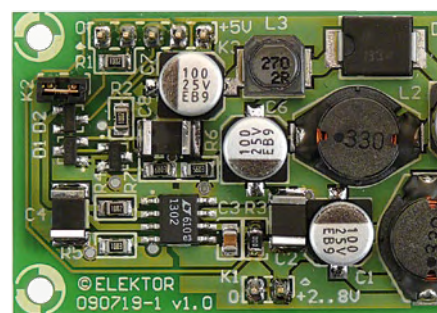
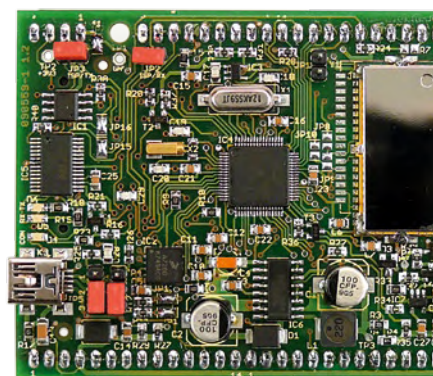
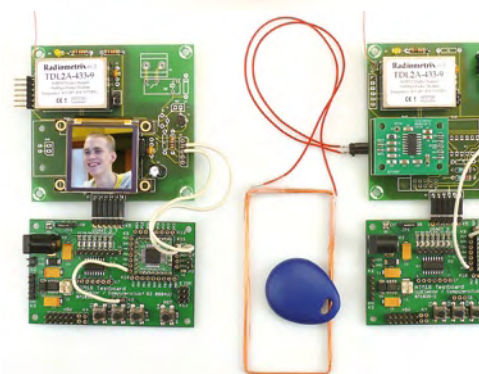
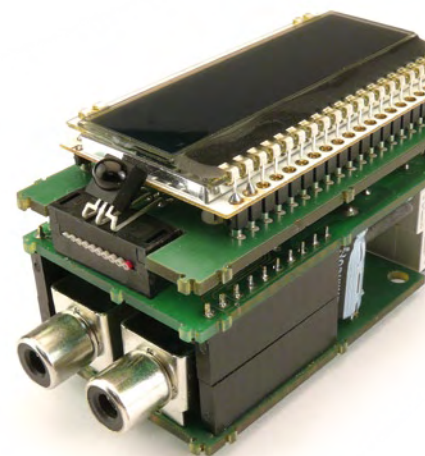
### 36 Récepteur à trois canaux DMX512-A

Module à LED contrôlé par DMX.

### 43 Bruits de labo

### 44 Tour d'horizon de la Nanoboard 3000 d'Altium

Le laboratoire d'Elektor a essayé cette carte impressionnante.



# SOMMAIRE

**33<sup>ème</sup> année**  
**Mars 2010**  
**N° 381**



## 16 Modulo D

Il cache bien son jeu, ce petit module à écran LCD : à l'intérieur, il recèle un amplificateur de puissance stéréo complet, avec préampli, télécommande IR, réglages de tonalité et de puissance à présélection, il procure 2 x 20 W de puissance de sortie en classe D et le tout sur une tension d'alimentation de 12 V.



## 30 Système d'identification VisiOLED

Une carte ATM18, un afficheur couleur OLED, une liaison radio et un lecteur d'étiquettes RFID. Cette belle association de matériels nous permettra de réaliser une sonnette de porte sans fil avec ouvre-porte, identification RFID et visualisation sur un écran à LED organiques (OLED).



## 48 Régnez avec le Sceptre !

Ce projet à code source et matériel ouverts se veut carrément système de prototypage rapide. Pour justifier une telle appellation, il faut, outre une petite carte bien pratique, des outils de développement conviviaux et des bibliothèques qui permettent d'accélérer la mise en œuvre des périphériques de la carte.



## 66 Régulateur SEPIC

Même si de nombreux circuits sont faits actuellement pour fonctionner sur batterie à tension très basse, il faut quand même souvent travailler avec une tension d'alimentation de 5 V. Voici une solution universelle toute prête qui fournit du 5 V à partir d'une batterie de 2 à 8 V.

### 46 À bas les crachotements du potentiomètre !

Voilà comment s'en débarrasser une fois pour toutes.

### 48 Régnez avec le Sceptre !

Système de prototypage rapide à 32 bits.

### 54 Développements en Classe D

Terminé, le filtre LC en sortie.

### 56 Systèmes d'exploitation embarqués à source ouverte

Comment choisir un SE libre pour son projet à microcontrôleur.

### 60 Conception de circuits à faible consommation avec les AVR

Quand chaque microwatt compte...

### 66 Régulateur SEPIC

c'une batterie de 2 à 8 V.

### 71 Interface audio numérique pour ordinateur

Convertisseur S/PDIF-TTL

### 72 Comment fonctionne le VDSL2

100 Mbit/s sur une paire torsadée.

### 75 Insoleuse UV

### 76 Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens.

### 78 Rétronique

Deux boîtes noires

### 84 Avant-première

Le mois prochain dans Elektor.

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

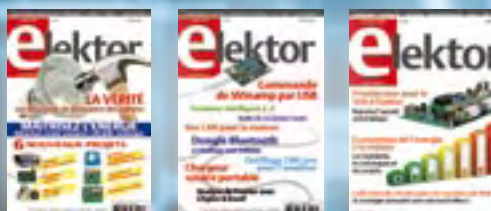
Du professionnel passionné par son métier à l'amateur aux ambitions professionnelles.

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°381 mars 2010

ISSN 0181-7450 Dépôt légal : février 2010  
CPPAP 113 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

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

Elektor paraît 11 fois, le numéro de juillet/août est un numéro double. Il existe, sous le nom Elektor, des éditions anglaises, allemande, 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.

## Suggestions de circuit pour T-Reg

(n° 369)

J'ai lu l'article T-Reg avec un grand intérêt, et j'ai aussitôt essayé le circuit. J'ai toutefois remplacé les deux SC2910 et les deux SA1208 par des BF422 et des BC327 puisque ces types sont difficiles à obtenir dans mon pays. Le principe de base de ce régulateur est certainement ingénieux, et les caractéristiques de stabilisation du circuit sont très bonnes. Je n'ai toutefois pas réussi à faire fonctionner le circuit en prenant un MOSFET ordinaire (comme le BUZ42 ou le BUZ90) à la place d'un tube pour le régulateur shunt. Il ne se passait absolument rien à la sortie du circuit.

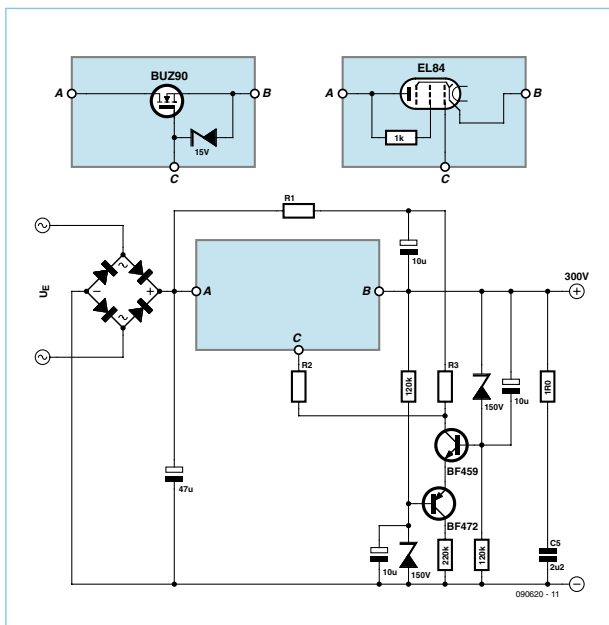
J'ai trouvé cela plutôt déroutant, mais un peu de théorie a clarifié la situation. Un tube est commandé par une tension de grille négative par rapport à la cathode, mais un MOSFET ne répond qu'à une tension de grille positive relativement à la source (servant de cathode).

Le circuit T-Reg est conçu de telle sorte que la tension de grille ne puisse jamais être positive par rapport à la tension de la cathode (ou source). J'ai donc commencé par douter légèrement que l'auteur ait réellement pu faire fonctionner le circuit avec un MOSFET. Peut-être que le type de MOSFET qu'il utilisait (un DN2540) a des caractéristiques de commande similaires à celles d'un tube. S'il en est ainsi, c'eût été rendre service au lecteur que de le mentionner, puisque beaucoup ont tendance à utiliser les composants les plus connus ou faciles à trouver plutôt que des composants rares.

Seconde critique, la complexité du circuit par rapport à sa fonction. J'ai passé un moment à développer un circuit simplifié basé sur le principe de fonctionnement de l'amplificateur de commande (amplificateur différentiel) utilisé dans le T-Reg, avec une tension de référence donnée par un couple de diodes Zener. Le résultat de cet effort est joint à ce courrier. Les valeurs des composants sont choisies pour une tension de sortie de 300 V.

Cette conception a les avantages suivants par rapport à celle du T-Reg :

1. Complexité du circuit et nombre de composants réduits
2. Pas besoin d'une seconde alimentation



3. Performance en régulation comparable, voire meilleure sous certains aspects (comme la régulation dynamique de charge)
4. Utilisation de composants faciles à se procurer

Il est en fait possible d'utiliser n'importe quel type de composants avec n'importe quelle puissance nominale pour le régulateur shunt. En plus de cette souplesse, le circuit peut être reproduit fidèlement. Il présente cependant un inconvénient notable. Dans la conception T-Reg, la tension de sortie stabilisée peut être facilement ajustée en changeant la valeur de la résistance R3. Elle peut donc être utilisée dans un labo amateur pour construire sans trop d'effort une alimentation d'essai avec tension de sortie ajustable, ce qui est remarquable. Par contraste, ma conception a une tension de sortie fixe, bien que la tension de sortie réelle puisse prendre une large gamme de valeurs en choisissant les bonnes valeurs des diodes Zener. Si ce circuit a suscité votre intérêt, je serais heureux de vous en fournir une description détaillée ainsi qu'un tableau des valeurs des composants pour des tensions habituelles (200 V, 250 V, et 300 V). Permettez-moi deux remarques supplémentaires.

À mon avis, la question de savoir si une mise sous tension retardée de l'anode (comme suggérée par l'auteur) présente un avantage avec un amplificateur à tube

relève plus de la question théorique que de la question du bénéfice pratique. Je n'ai pas connaissance d'un quelconque traité scientifique ou technique qui conclurait à l'absence de tout inconvénient significatif associé à l'application immédiate d'une tension sur l'anode pendant que chauffent les filaments.

Je n'ai pas connaissance d'un quelconque circuit de l'âge d'or des tubes qui présenterait une mise sous tension retardée de l'anode. L'article soulève un autre problème. À la grande consternation des lecteurs, l'auteur se sert souvent de composants inhabituels (« rares ») qui ne peuvent pas être trouvés chez les revendeurs habituels, locaux ou à distance.

J'aimerais, pour les futurs numéros d'Elektor, que les auteurs men-

tionnent d'autres composants (substituts) lorsqu'ils se sentent obligés d'utiliser des composants inhabituels.

Alexander VOIGT

Le tableau des valeurs des composants est donné ci-dessous.

Le circuit T-Reg fonctionne en effet comme décrit ; après tout, il a été reproduit et testé sur nos bancs

Valeurs de R1, R2 et R3		
	Tube	MOSFET
U <sub>E</sub>	350 V	250 V
R1	100 kΩ	10 kΩ
R2	1 kΩ	100 Ω
R3	1 MΩ	180 kΩ

d'essai. Le MOSFET DN2540 est un transistor dit à appauvrissement, passant en l'absence de tension sur la grille. Une tension de grille négative doit être appliquée à ce type de MOSFET pour bloquer le courant, ce qui correspond d'un certain point de vue au comportement d'un tube. Il eût été bon de le mentionner dans l'article.

Il s'agit toutefois d'une situation qui montre bien que dans la plupart des cas les concepteurs utilisent des composants spéciaux ou inhabituels pour la spécificité de leurs caractéristiques. Il n'est donc pas toujours possible de citer des composants alternatifs, puisque ceux-ci n'auraient pas lesdites caractéristiques. Et tout le monde n'habitant pas le même pays, chacun pourrait définir différemment ce qu'est

## Mises au point

### Système d'exploitation multitâche léger pour microcontrôleurs

(n° 380)

Dans le paragraphe intitulé « ... à l'aide du multitâche » l'article parle de cinq commutateurs reliés à PD0-4. En réalité, il s'agit de cinq boutons-poussoirs, sinon le logiciel ne fonctionnera pas comme prévu.

Aussi l'article ne mentionne pas comment connecter le duplicateur de port (071035-5) à la platine ATM18. On pourrait croire que la connexion sera identique à celle utilisée dans l'article sur le duplicateur de port (n° 364, octobre 2008, p46), mais ce n'est pas le cas. Pour faire fonctionner la démonstration, reliez le signal Data (K1, pin 3) à PC0 et le signal Clock (K1, pin 4) à PC1 de la carte ATM18.

un composant « inhabituel » ou « usuel ».

L'avantage incontestable d'une mise sous tension retardée est que le courant anodique peut circuler immédiatement après application de la tension. Cette application directe de la charge sur l'alimentation évite que la tension sur les condensateurs de filtrage n'atteigne la valeur de la tension à vide, ce qui arriverait durant le chauffage des filaments puisque la tension anodique n'est généralement pas régulée. Il vous a peut-être échappé que pratiquement tous les appareils de ce que vous appelez « l'âge d'or des tubes » possèdent une mise sous tension retardée de l'alimentation HT - tout simplement grâce à un redresseur à tube.

Un autre avantage de la HT retardée est de réduire les contraintes de tension sur les condensateurs électrolytiques. Ceci n'est bien sûr vrai que si le contact de commutation pour la mise sous tension retardée de l'anode est situé en amont de ces condensateurs. Ce n'est pas le cas du circuit T-Reg, donc ce n'est pas à prendre en considération ici.

Une petite recherche documentaire et un peu de plongée dans les archives de la Philips Technical Review apporte la preuve que les tubes tirent avantage d'une charge réduite sur leurs cathodes durant la phase de chauffage; on peut par exemple noter que la mise sous tension de l'anode est retardée durant la phase de chauffage dans beaucoup de circuits à tube de chez Philips. Mais, nous sommes confiants, certains d'entre vous seront à même de nous en dire plus sur ce point ou de citer des références. Comme d'habitude, toute contribution éclairée est la bienvenue.

## Pépites du Forum

### Il n'y a pas que l'USB dans la vie

(n° 379)

Cet article fait référence à un « périphérique pour ordinateur que l'on pouvait configurer par le biais de l'écran de l'ordinateur ». Il pourrait bien s'agir de la montre « Timex Data Link » en partenariat avec Microsoft, dont l'exemplaire que je possède fonctionne toujours très bien. Plus d'informations peuvent être trouvées sur : [en.wikipedia.org/wiki/Timex\\_Datalink](http://en.wikipedia.org/wiki/Timex_Datalink) Le logiciel de synchronisation est d'ailleurs toujours disponible : [www.microsoft.com/downloads/details.aspx?displaylang=en&FamilyID=5a0c4228-9e74-4029-8b47-9c60ffcff962](http://www.microsoft.com/downloads/details.aspx?displaylang=en&FamilyID=5a0c4228-9e74-4029-8b47-9c60ffcff962)

UrsusDom

L'auteur de l'article ne se souvient pas d'avoir déjà vu une telle montre, mais il peut très bien



## Agenda

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

20 et 21 mars 2010

**SARATECH – le salon de la radio et de l'électronique de loisir**  
Parc des expositions de Castres (81)

[idre.unblog.fr/le-salon-saratech/](http://idre.unblog.fr/le-salon-saratech/)

22 au 26 mars 2010

**INDUSTRIE Paris**

Parc des expositions de Paris-Nord Villepinte, Hall 5A

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

30, 31 mars et 1er avril 2010

**Réunion sous le même toit des salons rts EMBEDDED SYSTEMS, M2M, DISPLAY et ESDT 2010**  
Paris Expo — Porte de Versailles

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

4 mai 2010

**Rencontre finale de l'opération « Envie d'Entreprendre »**

Avec l'entreprise lycéenne ECONERGIE soutenue par Elektor (n° 380)  
Salle polyvalente, Place de Hercé, Laval (53)

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

1, 2 et 3 juin 2010

**CIEN, le Carrefour de l'Industrie Électronique & Numérique (anciennement Forum de l'électronique et RF&Hyper Europe)**

Paris Expo — Porte de Versailles

[www.forum4s.com](http://www.forum4s.com)

se tromper. Sa mémoire n'est plus très fiable.

[www.elektor.fr/forum/forum/realisations-publiees-par-elektor/autres-articles-publies-par-elektor/janvier-2010-comment-connecter-un-montage.1202945.lynkx](http://www.elektor.fr/forum/forum/realisations-publiees-par-elektor/autres-articles-publies-par-elektor/janvier-2010-comment-connecter-un-montage.1202945.lynkx)

## 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, veuillez indiquer le numéro du magazine

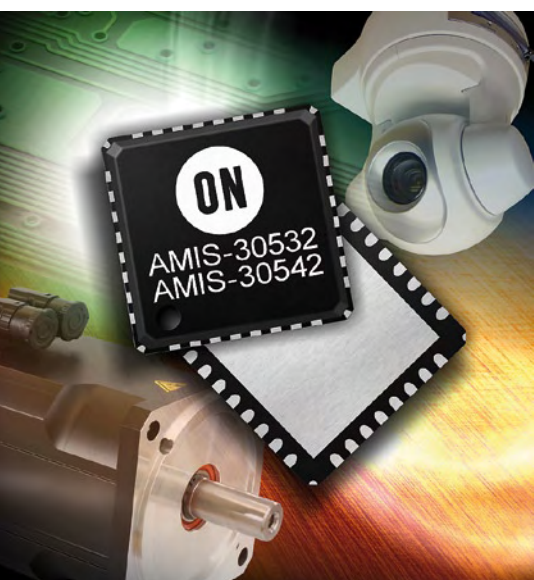
concerné. • Veuillez adresser votre correspondance à : [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr) ou

Elektor (rubrique Courrier) BP 12910

95731 Roissy CDG Cedex France

## Pilote pour moteurs pas-à-pas miniature à courant élevé

ON Semiconductor vient d'annoncer deux nouveaux CI de contrôle moteur, permettant de piloter des moteurs pas-à-pas à courant élevé avec un nombre de composants minimum et un encombrement réduit. Les nouveaux pilotes AMIS-30532 et AMIS-30542 offrent des courants élevés et des ponts en H intégrés. Ils conviennent particulièrement aux circuits de commande de moteur dans l'automobile, l'industrie, les équipements bureautiques, le médical, la sécurité ou les applications marines.



Conçus pour être utilisés avec des moteurs pas-à-pas biphasés et un microcontrôleur hôte, les CI mixtes assurent un contrôle précis et fiable du moteur, tout en délivrant des courants de sortie maximum de 2,2 A en continu, et jusqu'à 5 A en crête. Chaque circuit dispose de fonctions de commande de moteur sophistiquées, de régulation de tension, de détection de courant intégrée, ainsi que plusieurs fonctions de protection et de diagnostic. Le niveau d'intégration élevé élimine tout besoin de transistors ou de résistances de détection externes. Les régulations de vitesse et de déphasage de charge incorporées permettent de se passer de détecteurs de fin de course et de capteurs à effet Hall coûteux, dans le cas d'applications comme les caméras de surveillance, la robotique, les imprimantes, l'automatisation industrielle ou les machines pour l'industrie textile.

Ces nouveaux CI embarquent deux ponts en H et se connectent à un microcontrôleur hôte par l'intermédiaire d'une interface SPI et de broches E/S dédiées. Chaque circuit dispose de sorties vitesse et angle de charge, qui permettent un contrôle précis du couple et de la vitesse moteur, ainsi que l'implantation d'algorithmes de détection de butée. Sept modes de déplacement peuvent être configurés, allant du pas complet jusqu'à 32 micro pas. La mesure du courant intégré à la puce permet de calculer la valeur du PWM approprié en fonction du signal d'horloge sur le pin d'entrée « NXT » et du statut du registre de direction (DIR) ou du pin d'entrée correspondante. La commande de courant PWM inclut le choix automatique du mode de régulation du courant : descente rapide ou lente.

(ogo881-8)

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

## Amplificateur opérationnel 180 MHz à 1 mA

Linear Technology présente les LTC6246, LTC6247 et LTC6248, une famille d'amplificateurs opérationnels qui utilise un processus de fabrication efficient à base de SiGe afin d'obtenir un produit gain - bande de 180 MHz et une vitesse de balayage, de 90 V/μs, avec une consommation de seulement 1 mA par amplificateur. Ces amplificateurs simple, double et quadruple ont des entrées et sorties rail-à-rail et présentent un niveau de bruit dans la bande passante de 4,2 nV/√Hz.

Bien que ces composants fussent conçus pour réaliser le meilleur rendement vitesse/puissance possible dans un amplificateur rail-à-rail, le fonctionnement en courant continu n'est pas sacrifié pour l'atteindre. La tension de décalage de zéro de tension d'entrée est spécifiée à 500 μV max. et le gain en boucle ouverte est de 45 V/mV. Un dispositif de suppression de l'intensité de polarisation permet d'obtenir un courant de polarisation d'entrée ne dépassant pas 350 nA sur presque toute la gamme de tensions d'entrée en mode commun, ce qui permet d'utiliser ces composants dans de nombreuses applications à impédance de source élevée comme les systèmes d'instrumentation portables, ceux alimentés sur batterie ou les systèmes de précision dont la température doit être réduite.



La famille LTC6246 est disponible en versions dûment spécifiées sur les gammes de températures commerciales (0 à 70 °C), industrielles (-40 à 85 °C) et hautes températures (-40 à 125 °C). Une fonction d'arrêt réduit la consommation à 42 μA dans les versions simples, en boîtier SOT-23 de 6 broches, et doubles en boîtier MSOP-10. Le LTC6247 double est également disponible en un petit boîtier 2 x 2 x 0,55 mm, ainsi que dans les boîtiers standard de l'industrie MSOP-8 et SOT-23 de 8 broches. Le LTC6248 est disponible en boîtier MSOP de 16 broches.

(ogo881-A)

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

## Nouveaux modules de mise en réseau sans fil et filaires ultra compacts

Rabbit annonce l'extension de sa gamme de modules MiniCore ; modules de mise en réseau économiques, ultra compacts, extra plats et conviviaux. Cette famille de modules disponibles en versions filaires et Wi-Fi compatibles broche-à-broche, s'enrichit désormais avec les modules Ethernet RCM5760 et Wi-Fi RCM5650W. Ces nouveaux modules offrent une mémoire accrue pour les applications à usage intensif de données, telles que



le développement d'applications d'automatisation et de sécurité, qui exigent le stockage d'un grand volume de données. Ces produits permettent également aux clients de mettre à jour le micrologiciel

à partir de n'importe quel endroit disposant d'une connexion Internet, réduisant ainsi les coûts de maintenance.

La famille MiniCore offre un jeu de fonctionnalités embarquées riche dans un format mini PCI Express ultra-compact. Sa taille réduite facilite l'intégration d'une connectivité réseau filaire ou sans fil n'importe où sur une carte mère. Cette famille inclut les produits filaires RCM5700 et RCM5760, ainsi que les produits Wi-Fi RCM5600W et RCM5650W, compatibles broche à broche et interchangeables. Les développeurs système peuvent ainsi interchanger facilement les produits de la gamme MiniCore en fonction des besoins de leur application.

Les produits Rabbit MiniCore, dotés d'une connectivité Ethernet 10/100 Base-T et 802.11 b/g sécurisée, sont conformes aux normes WPA2 et 802.11i, pour des niveaux de sécurité optimaux. Ils sont également équipés d'une mémoire de stockage SRAM de 640 Ko, d'une mémoire Flash de 1 Mo pour le stockage de programme et d'une mémoire flash série de 2 Mo pour le stockage de masse. Selon la version, les modules MiniCore incluent jusqu'à 32 GPIO, six ports série, un bridge série vers Ethernet, un serveur Web embarqué pour une surveillance optimale du contrôle des applications, et une fonctionnalité de mise à jour à distance sans fil du micrologiciel.

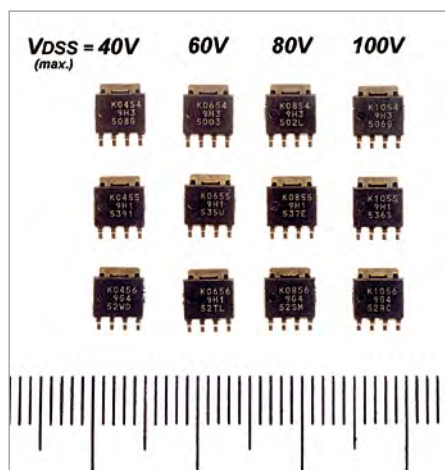
(090881-B)

[www.rabbit.com/products/Minicores/](http://www.rabbit.com/products/Minicores/)

## MOSFET de puissance à faible charge grille-drain

Renesas annonce une série de 12 composants MOSFET de puissance de 10<sup>e</sup> génération destinés aux convertisseurs CC/CC isolés utilisés pour les alimentations d'applications telles que les serveurs, les équipements de communications et les équipements industriels. Ces nouveaux MOSFET de puissance affichent de très faibles pertes en commutation afin d'assurer un rendement optimal. Ces composants de puissance couvrent une large gamme de tensions de 40 V, 60 V, 80 V, 100 V.

La conception des nouveaux transistors MOSFET s'est focalisée sur l'optimisation de la résistance à l'état passant  $R_{DS(on)}$ . Le procédé de fabrication a été optimisé pour atteindre une charge grille-drain ( $Q_{gd}$  : gate-



drain charge) jusqu'à 50 % plus faible que celle des précédents composants de Renesas. La charge grille-drain est une caractéristique clé pour obtenir une faible perte de commutation pour un MOSFET de puissance. De plus, le boîtier spécifique haute performance (LFPACK4) offre une diminution de la résistance de boîtier et améliore les caractéristiques de dissipation de la chaleur. Cela contribue à l'amélioration des performances du composant et contribuant à l'obtention de convertisseurs CC/CC isolés ayant un rendement énergétique plus élevé et une consommation d'énergie réduite.

Les tensions en entrée et en sortie d'un convertisseur CC/CC isolé sont déterminées par la plage de tension des MOSFET de puissance utilisés. Concernant les composants isolés, un convertisseur CC/CC comprend une source d'alimentation primaire du côté entrée et une source d'alimentation secondaire du côté sortie. Les nouveaux MOSFET de puissance comportent des composants avec des excursions en tension de 80 V et 100 V, particulièrement demandés pour le côté primaire, et des composants avec des plages de tension de 40 V et 60 V, particulièrement demandés pour le secondaire. Les utilisateurs peuvent ainsi choisir les produits qui correspondent le mieux à leurs exigences.

(090881-C)

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

## Module calculateur à puces Intel 45 nm

Le constructeur allemand Congatec propose un nouveau module « COM Express » qui grâce à son support Penryn peut intégrer les nouveaux chipsets Intel dans la gamme

des 45 nm. Le CS-45 avec son chipset GS45 embarque les dernières générations des processeurs Intel de la gamme Core 2 Duo qui offrent à la fois des performances en hausse, mais aussi un rapport consommation/puissance optimisé qui permet un faible échauffement du système, et dans la plupart des applications de se passer de ventilateur.

Le CS45 est un module COM Express type II Compact (95 x 95 mm) équipé au choix de processeur Intel Core 2 Duo SU9300 à 1,20 GHz, SP9300 à 2,26 GHz, SL9400 à 1.86 GHz ou Celeron M ULV 722 à 1,20 GHz, M ULV 723 à 1,20 GHz. Il supporte la technique Intel de management actif (AMT 4.0).

Le module supporte les mémoires DDR3 Single Channel jusqu'à 4 Go à 1067/800 MHz. De plus, le hub de contrôle Intel 82801IUX (ICH9ME-SFF) intègre un processeur graphique Intel 4500MHD à 533 MHz, qui accélère les performances graphiques et le rendu 3D. Il est associé à la très performante mémoire vidéo Intel (DVM 5.0). Cette mémoire supporte OpenGL 2.0 et DirectX 10, deux pipelines indépendants pour un support double écran, un décodage matériel MPEG2 performant, WMV9 (VC-1) et H.264 (AVC) et le



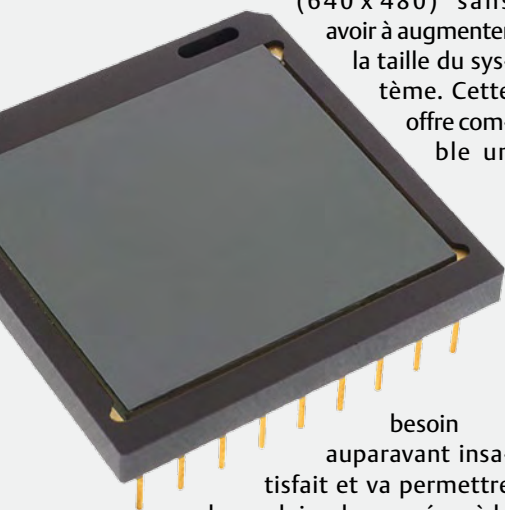
mode Blu-ray à 40 Mo/s.

De multiples sorties vidéo sont offertes en standard : DisplayPort SDVO (ports multiplexés avec l'interface graphique PCI Express), DVI, HDMI. Le module offre cinq emplacements au format PCI Express, trois sorties SATA compatibles RAID 0/1/5/10, deux ports USB 2.0, un port Ethernet Gigabit.

Le module CS45 supporte l'ensemble des OS embarqués : Windows XP, Vista, XPe, CE 6.0, Linux, QNX, etc. Le bios et les API dédiées sont entièrement gérés par Congatec.

## Nouveau détecteur infrarouge grandes longueurs d'ondes

Ulis, fabricant de détecteurs infrarouge non refroidis pour des caméras faible coût destinées à des applications civiles et militaires, annonce la mise sur le marché d'un nouveau détecteur compact au format 640 x 480 au pas de 17  $\mu\text{m}$ . Ce nouveau détecteur a été conçu pour améliorer de façon significative la qualité d'image des caméras infrarouge utilisées pour la vidéosurveillance, pour la conduite de nuit et pour la thermographie (diagnostic thermique des bâtiments, par exemple). La taille du détecteur, 24 x 24 mm<sup>2</sup>, l'un des plus petits du marché dans ce format, permettra aux fabricants de caméras d'améliorer la résolution de ces dernières (640 x 480) sans avoir à augmenter la taille du système. Cette offre comble un

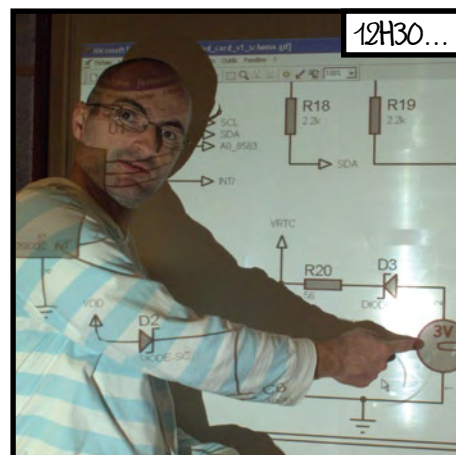


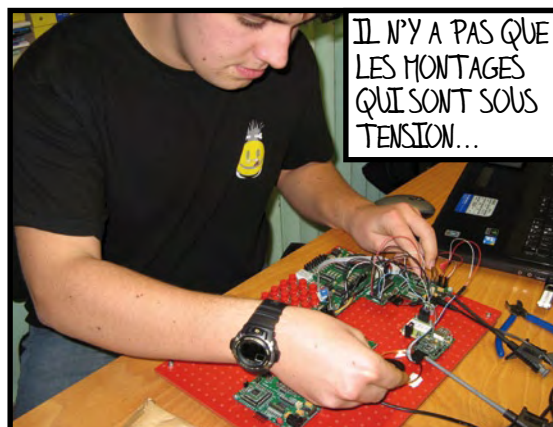
besoin auparavant insatisfait et va permettre de produire des caméras à la fois compactes et performantes. Les fabricants de caméras pourront également bénéficier d'avantages complémentaires liés au pas de 17  $\mu\text{m}$  comme une faible consommation d'énergie - moins de 160 mW - et une légèreté, moins de 10 g, ce qui en fait l'un des détecteurs les plus légers dans ce format.

Avec ce nouveau détecteur infrarouge, ULIS élargit encore un peu plus sa gamme de produits haute définition, ce qui lui permet d'offrir une ligne de plus en plus complète de capteurs thermiques au pas de 17  $\mu\text{m}$ . Le produit est actuellement en cours d'évaluation chez plusieurs clients. La production en volume doit démarrer au deuxième trimestre de 2010.

(090881-7)

[www.ulis-ir.com](http://www.ulis-ir.com)





## NOS ÉLÈVES ONT DU TALENT

Grégory Ester

Au lycée Saint Vincent à Collonges-sous-Salève (74) [1], nos idées sont lumineuses et l'appel est silencieux.

Dans le cadre du Projet Pluridisciplinaire à Caractère Professionnel, mes élèves ont décidé de mettre en œuvre LEUR propre système de pointage.

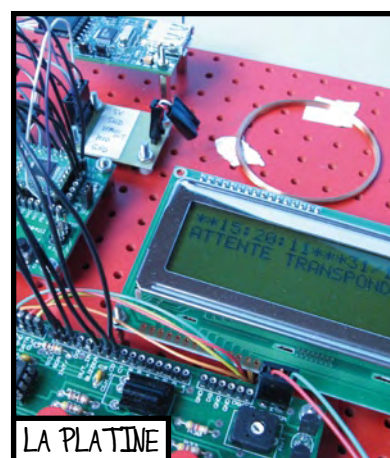
Afin de répondre aux exigences du cahier des charges, il a fallu inventer une nouvelle recette : la platine ATM18 constitue l'ingrédient principal et une bonne dose de savoir-faire a permis de finaliser l'ensemble. Forts d'une expérience dans la mise en œuvre de la carte ATM18 et séduits par l'utilisation très fluide du BASCOM-AVR, mes élèves ont à l'unanimité choisi de développer le système autour de l'ATmega88 (ATM18) en utilisant la technologie RFID (EM4095) et la p'tite pupuce qu'ils appellent désormais familièrement par son prénom VDRIVE (voir courrier des lecteurs de décembre 2009).

Bon, OK, ils ont "cheaté" (comme ils disent) certaines routines dans les pages du magazine Elektor, mais pour une fois je les ai laissé "copier-coller" les routines qui leur ont servi de base pour le reste. Désormais, le sacro-saint appel du matin est remplacé par le pointage qui s'effectue de la manière suivante : tous les élèves possèdent un badge. La borne qui intègre le système est installée à l'entrée de la salle de classe. En entrant dans la salle, les élèves passent leur badge devant l'antenne. L'appui sur un bouton-poussoir pendant le passage du badge signifie que non seulement l'élève est présent, mais qu'en plus il mange à la cantine avec les copains et les copines...

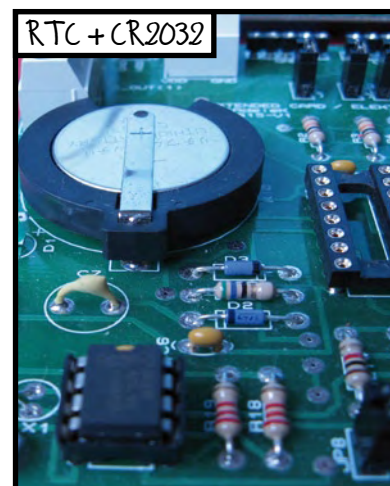
Les données sont automatiquement enregistrées au format CSV sur clef USB grâce au module VDRIVE. Depuis, le projet nous permet de gagner une heure de cours environ toutes les six semaines, mais ça, ils ne l'avaient pas calculé...

[1] [www.esv-collonges.fr](http://www.esv-collonges.fr)

(1000H-I)



LA PLATINE



RTC + CR2032



## Nouveaux PIC24 avec USB et touches tactiles compatibles avec la carte Explorer 16

Microchip annonce deux nouvelles familles de microcontrôleurs 16 bits PIC24F (MCU) – l'une avec la fonction USB et l'autre destinée aux applications à usage général. Toutes deux disposent de la technique nanoWatt XLP à consommation extrêmement basse, de très petits boîtiers et de la fonction tactile capacitive mTouch. La famille USB fournit la mise en œuvre des modes HOST/OTG (*On-The-Go*) et périphérique. Selon le fabricant la technique nanoWatt XLP assure la plus basse consommation en mode veille au monde, qui peut descendre jusqu'à 20 nA en mode veille prolongée, soit la plus basse consommation de tous les microcontrôleurs avec USB OTG et dix fois moins que les microcontrôleurs USB ultrabasse consommation des autres fabricants.

La famille à usage général PIC24FJ64GA104 se caractérise elle par sa technique nanoWatt XLP, sa performance 16 MIPS, sa mémoire Flash de 32 ko ou 64 ko, sa RAM de 8 ko, un périphérique pour touches capacitatives, une horloge temps réel avec calendrier intégrée (RTCC), un convertisseur A/N à 10 bits, et sa capacité de reconfigurer les broches d'E/S numériques via l'affectation dynamique par programmation des broches d'E/S aux périphériques. La famille PIC24FJ64GB004 ajoute l'USB 2.0 *Full Speed* avec les modes HOST/OTG et périphérique. Ces deux familles sont disponibles en boîtiers QFN, SOIC et PDIP à 28 broches, et en boîtiers QFN et TQFP à 44 broches.

Un module processeur PIM pour la carte d'évaluation Explorer 16 est disponible à 25 \$ pour chacune de ces nouvelles familles de microcontrôleurs. En outre, une carte fille USB PICtail™ Plus est aussi commercialisée afin de permettre le développement USB avec la famille PIC24FJ64GB004 et en utilisant la carte Explorer 16.

(091005-2)

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



## Microcontrôleur à 32 bits pour réfrigérateur ou sèche-linge

Toshiba vient d'étendre sa gamme de microcontrôleurs à 32 bits ARM9 avec le composant faible consommation TMPA900CMXBG qui intègre la fonction USB *Host* et *Device* ainsi que des fonctions qui simplifient la compatibilité avec les standards de sécurité IEC60730 classe B qui s'appliquent à l'électroménager. Conçue autour du cœur à 32 bits de faible consommation portant la référence ARM926EJ-S, qui opère à 200 MHz, le nouveau composant simplifie le design et réduit le nombre de composants nécessaires pour combiner le support interface personne-machine (IHM) à de multiples options de connectivité dans les systèmes embarqués. Les systèmes visés incluent toute une série d'applications industrielles, grand public et



multimédias ainsi que divers appareils électroménagers comme les machines à laver et à sécher le linge, les lave-vaisselle et les réfrigérateurs. La présence d'un détecteur de fréquence d'oscillation intégré facilite la surveillance de l'horloge de l'unité centrale dans les appareils électroménagers, afin de garantir la compatibilité avec les spécifications des standards de sécurité IEC60730 (classe B).

Le nouveau microcontrôleur intègre un contrôleur LCD pour les écrans couleur STN/TFT jusqu'à une résolution maximale de 1024 x 768 pixels, une interface d'écran tactile et un accélérateur de traitement d'images qui offre diverses fonctions de filtrage, de mixage et de redimensionnement jusqu'à une résolution de 800 x 480 pixels. L'interface USB 2.0 haute vitesse (480 Mb/s) s'ajoute à des options de connectivité comme SPI, UART, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S et à une liaison capteur d'image CMOS. Parmi les périphériques embarqués figurent un CAN à 10 bits et à 8 canaux, un temporisateur de 16 bits à 6 canaux, un temporisateur chien de garde, une horloge temps réel et un générateur de son.

Outre 16 ko de ROM (mémoire de démar-

## MOSFET de puissance à impédance thermique réduite

Texas Instruments lance la première famille de MOSFET de puissance à encombrement standard à destination des applications CC/CC à courants élevés, qui dissipe la chaleur par la face supérieure du boîtier. Les MOSFET de puissance DualCool NexFET réduisent la taille de l'équipement final tout en fournissant une augmentation de courant pouvant aller jusqu'à 50 % à travers le MOSFET, ce qui permet d'améliorer le bilan thermique par rapport aux autres boîtiers à encombrement standard.

Composée de cinq composants MOSFET, cette nouvelle famille permet d'utiliser des processeurs à courant plus élevé et d'augmenter la mémoire, tout en économisant de la place sur la carte. Présentés dans un boîtier sophistiqué, ces MOSFET peuvent être utilisés dans une vaste gamme d'applications, notamment dans les ordinateurs personnels de bureau, serveurs, équipements de télécommunication ou de mise en réseau, stations de base et systèmes industriels à courants élevés.

(091005-4)

[www.ti.com/dualcool-prfr](http://www.ti.com/dualcool-prfr)



rage) et 32 ko de RAM embarquée (mémoire de programme, de données et d'affichage), le circuit intègre un contrôleur mémoire supportant des mémoires externes SDRAM de type SDR et DDR LVCMOS\_1/O. Un contrôleur SD hôte, compatible avec les cartes SD haute vitesse avec des capacités de stockage pouvant atteindre 32 Go, est également intégré.

(091005-3) [www.toshiba-components.com](http://www.toshiba-components.com)

## Amplificateur audio intégré de classe D 600 W

Texas Instruments (TI) propose deux nouveaux amplificateurs audio de classe D capables de fournir 600 W. Selon le fabricant, le TAS5630 et le TAS5631 offrent la puissance

disponibles pour simplifier encore plus le développement.

Les composants TAS5630 et TAS5631 offrent une puissance de sortie de 300 W en stéréo ou de 600 W en mono, avec une efficacité de plus de 88 %, permettant d'éviter le recours aux transformateurs et aux dissipateurs thermiques encombrants, et de réduire le coût des composants et des solutions. Le taux de distorsion harmonique (THD) est de 0,03 % à 1 W avec une charge (stéréo) de 4  $\Omega$ .

Leur brochage est compatible avec les amplificateurs stéréo 150W TAS5615 et TAS5616, optimisant la réutilisation des architectures sur les systèmes à faible puissance.

(091005-5)  
[www.ti.com/  
tas5630-preu](http://www.ti.com/tas5630-preu)



de sortie stéréo la plus élevée du marché. Fondés sur l'architecture de pointe en boucle fermée de TI, ces amplificateurs intègrent la technique PurePath HD, assurant ainsi la restitution haute définition des contenus médias et une distorsion extrêmement basse pour les prochaines générations de récepteurs AV et DVD, d'équipements home cinéma en Blu-ray, de home cinémas intégrés, de systèmes à composants mini/micro et de systèmes audio professionnels.

La technique PurePath HD offre entre autres une bande passante audio de plus de 73 kHz assurant la restitution haute définition des contenus médias, notamment pour les systèmes de home cinéma en Blu-ray, une faible distorsion sur toutes les fréquences et une grande immunité au bruit d'alimentation permettant de réduire le coût des composants et des systèmes en assouplissant les exigences en matière d'alimentation. Des schémas référence d'alimentations sont

disponibles pour simplifier encore plus le développement. Sous le nom de série 9159, cette famille de connecteurs économiques offre une grande souplesse aux concepteurs grâce à ses options d'interconnexion de type bord de carte (une pièce) et de type broches/embase (deux pièces). Avec leur empreinte de petite taille, ces connecteurs conviennent idéalement aux applications où plusieurs cartes doivent être raccordées les unes aux autres, comme les bandes lumineuses à LED.

Le connecteur de bord de carte à deux extrémités assure de chaque côté une connexion simple et directe vers un circuit imprimé standard, avec 2, 3, 4 ou 5 positions de contact à pastilles étamées. Ces connecteurs au pas de 2 mm ont des valeurs nominales de courant de 3 A et de tension de 250 V. Leur hau-

## En bref...

Microchip Technology  
rachète ZeroG Wireless  
[www.microchip.com/get/g86v](http://www.microchip.com/get/g86v)

Les convertisseurs continu-continu DIP 24  
de RECOM brisent la barrière des 10 kV  
[www.recom-power.com](http://www.recom-power.com)

Suspension électronique pour VTT intègre  
accéléromètre ADXL78 d'Analog Devices  
[www.cannondale.com/simon](http://www.cannondale.com/simon)

Le distributeur EBV Elektronik se lance  
dans les semi-conducteurs sur mesure  
[www.ebv.com](http://www.ebv.com)

Bénéfice net d'Intel en hausse de 875 % :  
2,3 milliards de dollars au 4e trimestre 2009  
[www.intel.fr](http://www.intel.fr)

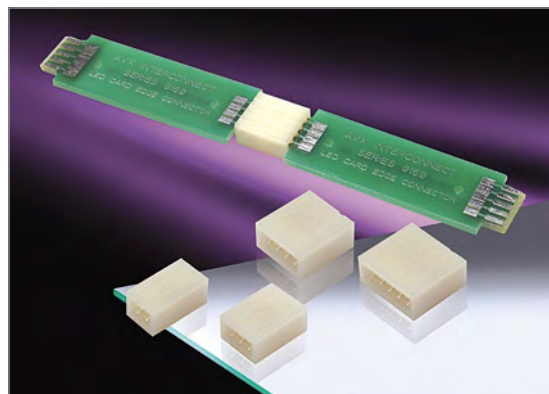
## Connecteurs pour éclairage à LED

teur est de 5 mm et ils existent en noir ou en blanc.

Le connecteur à deux éléments se monte en surface d'un côté du circuit imprimé, ce qui permet aux LED d'être placées de l'autre côté afin de maintenir un espace régulier entre elles. Ces connecteurs au pas de 3 mm et de hauteur 3 mm n'atteignent que 5,5 mm de largeur lorsqu'ils sont accouplés, ce qui laisse un maximum d'espace libre sur la carte pour d'autres composants. Fabriqués avec 2, 3, 4, 5 ou 6 positions de contact, ces connecteurs sont également disponibles en noir ou en blanc.

(091005-6)

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



# Modulo D

## Le plus petit ampli préamplificateur du monde



Folker Stange (Allemagne)

Il cache bien son jeu, ce petit module à écran LCD : à l'intérieur, il recèle un amplificateur de puissance stéréo complet, avec préampli, télécommande

IR, réglages de tonalité et de puissance à présélection, il procure

2 x 20 W de puissance de sortie en classe D et le tout sur

une tension d'alimentation de 12 V. Du coup, rien ne vous

empêche de l'installer dans une voiture, un bateau ou une autocaravane.

Grâce à sa construction ultra compacte, il ne faut que très peu de place pour l'héberger. C'est surtout en raison du rendement très élevé, qui atteint 94 %, de son étage de sortie à MLI (modulation en largeur d'impulsions) avec pour corollaire de minimiser les dimensions du système de refroidissement.

L'amplificateur audio, qui ne pèse que 150 grammes, se compose principalement de deux puces et d'un microcontrôleur ATmega8 peu onéreux pour commander le fonctionnement des amplificateurs à découpage, en classe D.

### Le module en classe D

Il n'est petit que par ses dimensions, ce bloc amplificateur. Avec ses 2 x 22 W (réellement mesurés) il ne se contente pas de délivrer une puissance étonnante, il est également fort bien équipé. Deux entrées stéréo, réglages de volume, de grave, d'aigu et de sensibilité, une télécommande RC5, un écran LCD éclairé, mais aussi un micrologiciel à téléchar-

ger, les fichiers HEX en compagnie du code source qui autorise le développement de projets personnels. Le cœur de l'amplificateur, c'est le MAX9744 de Maxim, responsable du haut rendement évoqué. Il ne réclame qu'un minimum de circuits auxiliaires. Avantage de sa « *Filterless Spread-Spectrum Modulation* », la modulation à spectre étalé sans filtre, l'émis-

sion parasite par les câbles de haut-parleurs, typique de l'amplification en classe D, est bien atténuée en aplatissant le spectre tout en l'élargissant. Le minuscule MAX9744 est capable de modifier fondamentalement la construction personnelle d'amplificateurs audio. Normalement, la construction d'un étage de puissance commence par la recher-

### Caractéristiques techniques

- 2 x 20 W de puissance permanente sur haut-parleur de 4  $\Omega$
- Réglages de grave, aigu, volume et présélection de niveau par la télécommande
- Adapté à toute télécommande compatible RC5
- Commande numérique de toutes les fonctions par un microcontrôleur ATmega8
- Affichage des fonctions sur écran LCD à trois lignes de 20 caractères
- Entrée stéréo sur prises tulipes
- Entrée auxiliaire sur embase mâle (commutation réalisée par logiciel)
- Facilité de monter en décalage l'affichage et le récepteur IR (via câble plat à 10 conducteurs)
- Port d'extension pour développement ultérieur (p.ex. lecteur mp3 ou commande manuelle)
- Micrologiciel source ouverte autorisant les développements personnels dans des domaines particuliers
- Compacité extrême par l'absence de radiateur complémentaire
- Dimensions (module sans boîtier) : 65 mm x 40 mm x 35 mm
- Rendement jusqu'à 93 %
- Tension d'alimentation comprise entre 11 et 14 V
- Adapté à la tension à bord de la voiture ou sur alimentation secteur bon marché de 12 V (min 4 A)

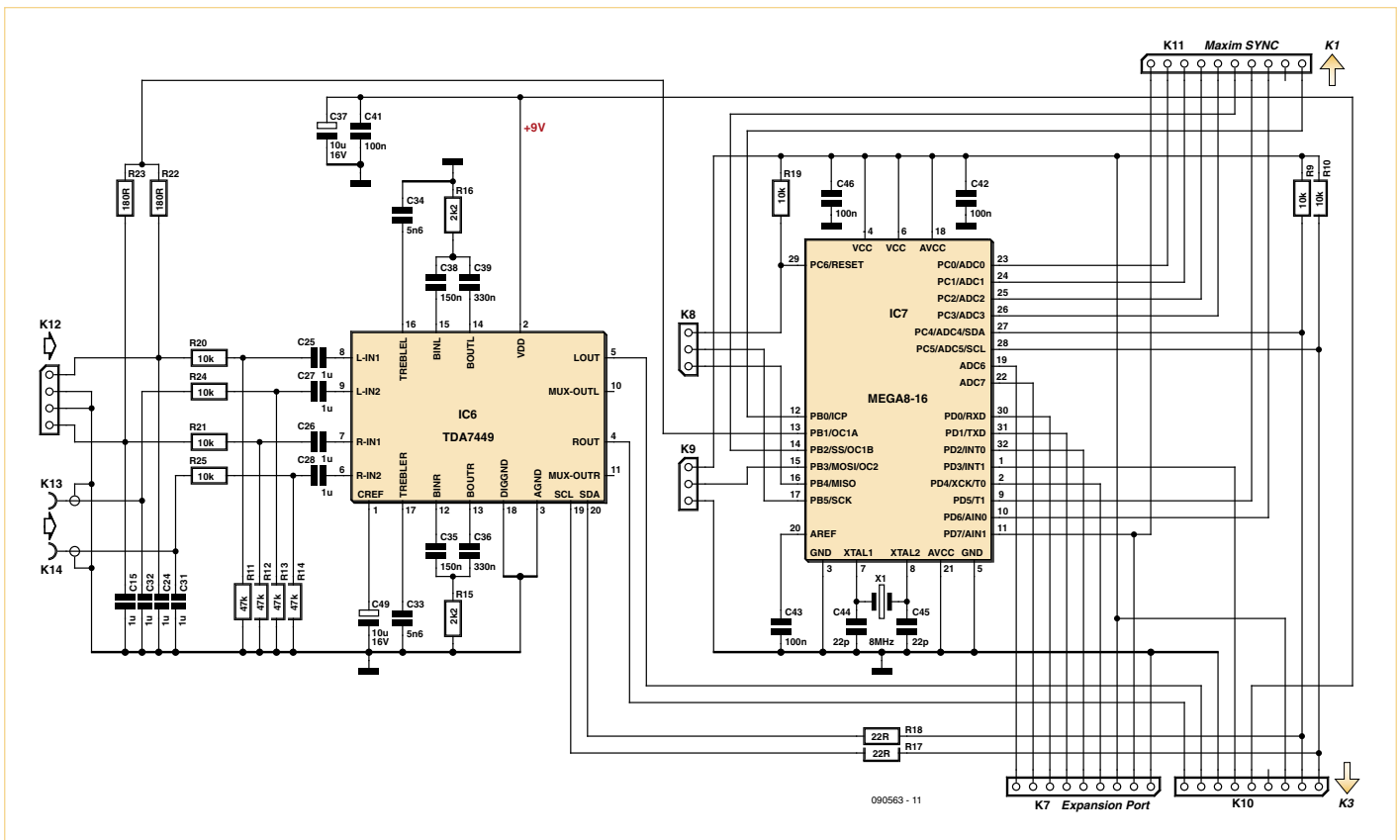


Figure 1. Le schéma de la platine du contrôleur sur laquelle on trouve, à côté du contrôleur Atmel, la puce du préamplificateur, commandée par I<sup>2</sup>C, avec deux entrées stéréo commutables.

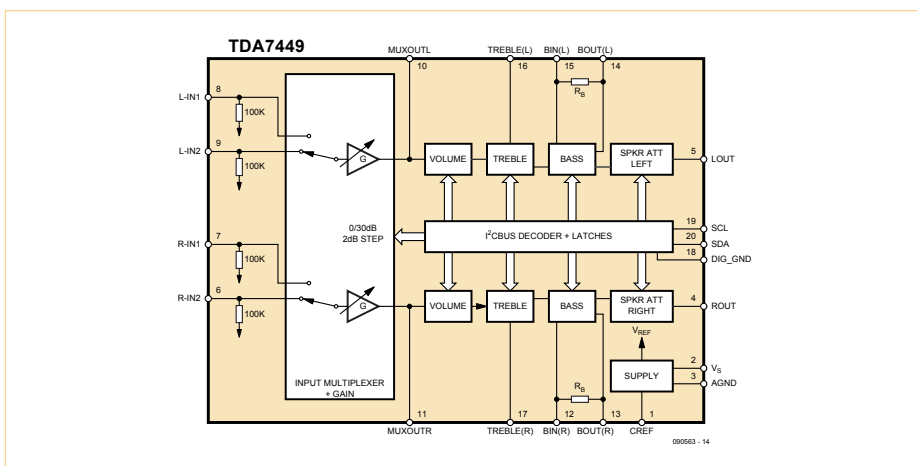


Figure 2. Le diagramme fonctionnel du préamplificateur TDA7449 de STMicroelectronics.

che d'un radiateur adapté aux dimensions du boîtier. Ensuite, on pense aux mesures à prendre pour le refroidissement et la prévention de mésaventures, si jamais la température ambiante montait trop haut. Rien de tout cela pour le MAX9744, avec son minuscule boîtier QFN-44 de 10 mm<sup>2</sup>, il se suffit à lui-même sans le moindre radiateur

et cela pour une puissance de sortie totale de 44 W !

### Le triptyque

Le circuit de l'amplificateur est réparti sur trois platines (figure 6) qui se superposent, comme les photos vous le dévoilent. Les prises d'entrée de l'amplificateur se situent sur

la platine arrière. Le schéma de cette carte (figure 1) confirme que les prises tulipe sont bien raccordées à la puce de préamplificateur (IC6, TDA7449). Comme l'indique la figure 2 extraite de la feuille de caractéristiques [1], nous avons affaire à un préamplificateur stéréo complet avec deux entrées commutables, un réglage du niveau d'entrée, de volume, de grave et d'aigu ainsi que du commandées en numérique par l'intermédiaire des lignes (broches 18, 19 et 20) d'un bus I<sup>2</sup>C. Le réglage de niveau d'entrée (Gain) permet d'adapter la sensibilité de l'amplificateur au signal de source, ce qui dans notre configuration se fait par la télécommande. Quant au réglage du niveau de sortie, il servira à ajuster la balance entre canaux.

Sur la même platine, on trouve également le microcontrôleur ATmega8, le poste central en commande de l'amplificateur. Il traite les signaux du récepteur infrarouge (IR), transmet les signaux I<sup>2</sup>C correspondants au préamplificateur et veille en même temps à l'affichage des fonctions sur l'écran LCD. Un seul fil de signal va du contrôleur (bro-

## Résultats des mesures au laboratoire Elektor

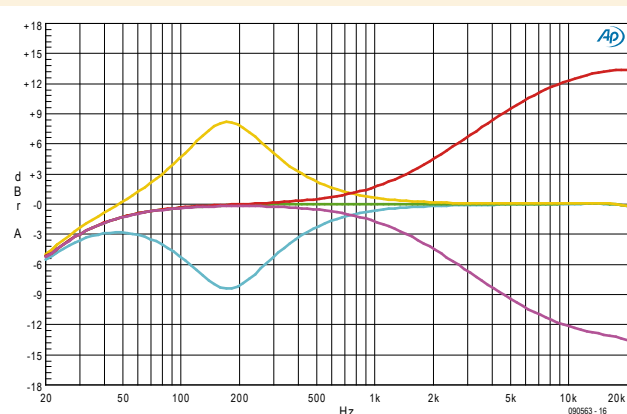
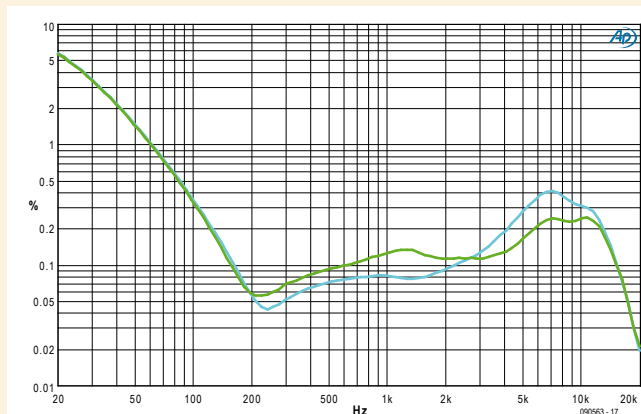
### Voici les mesures effectuées sur le prototype du Modulo D :

Puissance de sortie (8 $\Omega$ , 1 kHz, 10 % THD)	10 W ( $U_B = 12$ V) 13,5 W ( $U_B = 14$ V)
Puissance de sortie (4 $\Omega$ , 1 kHz, 10 % THD)	16,5 W ( $U_B = 12$ V) 22 W ( $U_B = 14$ V)
DHT+B	0,08 % (8 $\Omega$ , 1 W) 1,2 % (4 $\Omega$ , 1 W)
Sensibilité d'entrée	35 mV (gain au maximum) (8 $\Omega$ , 13,5 W, 10 % THD, $U_B = 14$ V) 1,12 V (gain au minimum)
Fréquence de coupure basse (-3 dB)	27 Hz
Plage de réglage de tonalité	- Grave : +8,1 dB/-8,5 dB - Aigu : +13,4 dB/-13,5 dB
Rendement (22 W/4 $\Omega$ )	79 %
Consommation au repos	110 mA
Consommation maximale	4 A à 2 x 22 W de puissance de sortie

Les courbes mesurées du réglage de tonalité montrent l'évolution de la fréquence pour des positions maximum, médiane et minimum d'un réglage, tandis que l'autre reste en position médiane.

Le deuxième diagramme présente la distorsion harmonique totale (THD) en fonction de la fréquence. La mesure a eu lieu sous 1 W sur 4  $\Omega$  (ligne verte) et sur 8  $\Omega$  (ligne bleue). Il n'est pas facile d'expliquer sa remontée aux fréquences les plus basses. Selon la feuille de caractéristiques, le CI amplificateur n'est pas en cause. Nous avons cependant établi que la distorsion dans cette gamme dépendait de la position du réglage de gain. À gain faible et pour 1 V de niveau d'entrée du signal, la distorsion à 1 W et 1 kHz était un peu plus élevée (0,2 à 0,3 %). Dans le diagramme, la courbe affichée est relevée à un niveau d'entrée de 300 mV et nous l'avons mesurée avec un gain un peu plus grand. La distorsion à 1 kHz pour 1 W est alors la plus petite, c'est pourquoi elle est, aux fréquences les plus basses, deux fois plus forte que pour un réglage de gain inférieur.

**Ton Giesberts**



che 11) via K11 et K1 jusqu'à la platine de l'amplificateur final en classe D, comme vous le montre le schéma de la **figure 3**. Là, ce signal est appliqué sur la broche de synchronisation du MAX9744, lequel détermine les paramètres (fréquence fixe ou modulation à spectre étendu) de la MLI. Vous trouverez un aperçu du câblage du MAX9744 ainsi que de schéma de principe à la **figure 4**. Comme ce CI peut délivrer une puissance extrêmement grande en comparaison de ses mensurations, plusieurs connexions, tant à l'intérieur qu'en périphérie de la puce, sont mises

en parallèle pour permettre le passage du courant. Des condensateurs de forte capacité (1 000  $\mu$ F), connectées directement au CI, l'épaulent lors des pics de puissance. La largeur des pistes conductrices pour l'alimentation est aussi en rapport avec les forts débits de courant. Un tel projet risque vite de foirer si l'on s'écarte, même légèrement, des données du fabricant. C'est pourquoi le tracé des pistes est largement dimensionné. Les combinaisons LC aux sorties pour haut-parleurs de la puce sont calculées en fonction des exigences d'opération sous « Filter-

less Class D ». Tant que vous gardez à moins d'un mètre la longueur des raccordements aux haut-parleurs, vous serez assurés d'une réduction suffisante du rayonnement par harmoniques. Si vous souhaitez une réduction plus substantielle ou travailler en MLI à fréquence fixe, vous trouverez un tableau des composants du filtre dans la feuille de caractéristiques [2].

Toujours sur la platine intercalée se trouve l'alimentation. La tension d'alimentation comprise entre 11 et 14 V est raccordée à

K4 ; pour le TDA7449, IC5 la ramène à du 9 V que IC3 abaisse encore à 3,3 V au profit du MAX9744 et de l'ATmega8. La diode D1 sert à protéger de la surtension et de l'inversion de polarité.

Reste à examiner à la **figure 5** le schéma de la platine de devant, celle avec l'écran LCD et le récepteur IR qui est alimenté en 5 V par un régulateur séparé, IC1. Celui-ci reçoit via K15 la tension de service de 9 V en provenance de la platine de l'étage final située à l'étage intermédiaire. Le même 9 V est raccordé à travers R5 à la broche d'anode A1 qui, par le pontage entre les broches A2 et C1, est reliée aux LED mises en série pour l'éclairage d'arrière-plan. L'allumage de l'éclairage s'opère par T1 sur ordre du microcontrôleur. C'est pourquoi R6 est reliée à la broche 14 de IC7 en passant par K15, K2, K1 et K11. Ce sont les mêmes connecteurs qui servent à faire transiter le signal de sortie du récepteur IR jusqu'au microcontrôleur.

### Construction

Élaborer un projet maison avec des CMS est en principe plus difficile qu'avec des composants à fils. Quoique la pratique des CMS s'apprenne vite et sans trop de peine, le placement du MAX9744 constitue, même pour un soudeur à l'air chaud aguerri, un vrai défi. C'est pourquoi l'e-choppe [3] d'Elektor propose d'acquérir en kit la platine sur laquelle les CMS sont déjà implantés et vérifiés. Il ne reste plus alors qu'à y ajouter les composants conventionnels et terminer l'assemblage mécanique.

La platine d'affichage se fixe mécaniquement sur la platine de l'étage final à l'aide d'entretoises. La platine d'écran avec le récepteur IR peut, si nécessaire, être reliée par un câble en nappe à 10 conducteurs d'une longueur de 80 mm. La platine de l'étage final et celle du contrôleur sont munies d'embase femelles et de picots qui réalisent les interconnexions (voyez à ce sujet les **figures 7** et **8**). On extrait les picots d'une embase à 20 contacts pour les placer ensuite dans l'embase femelle. C'est de cette manière que l'on fixe solidement et au bon écartement les platines l'une à l'autre. L'entrée audio normalisée utilise des prises tulipes (*Cinch*), l'alimentation et les haut-parleurs sont raccordés sur des

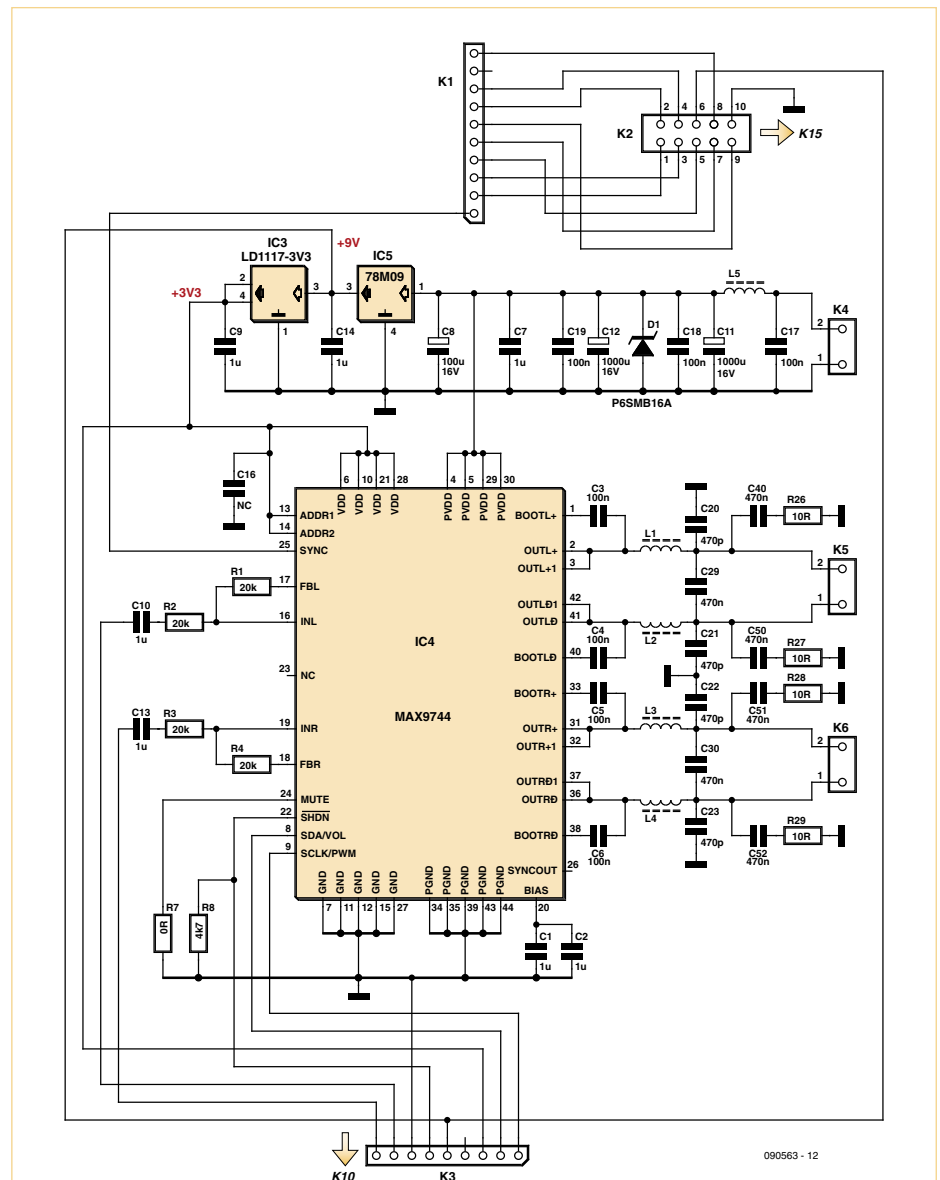


Figure 3. Le schéma de l'amplificateur de puissance en classe D avec le MAX9744, installé sur la platine du milieu du module amplificateur.

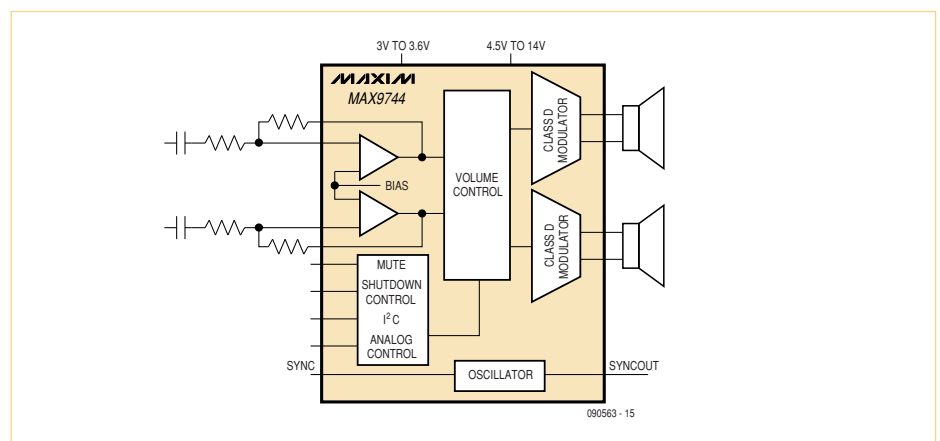


Figure 4. Schéma de principe du MAX9744. Le mode de fonctionnement de la MLI est commuté par un niveau logique sur l'entrée SYNC.

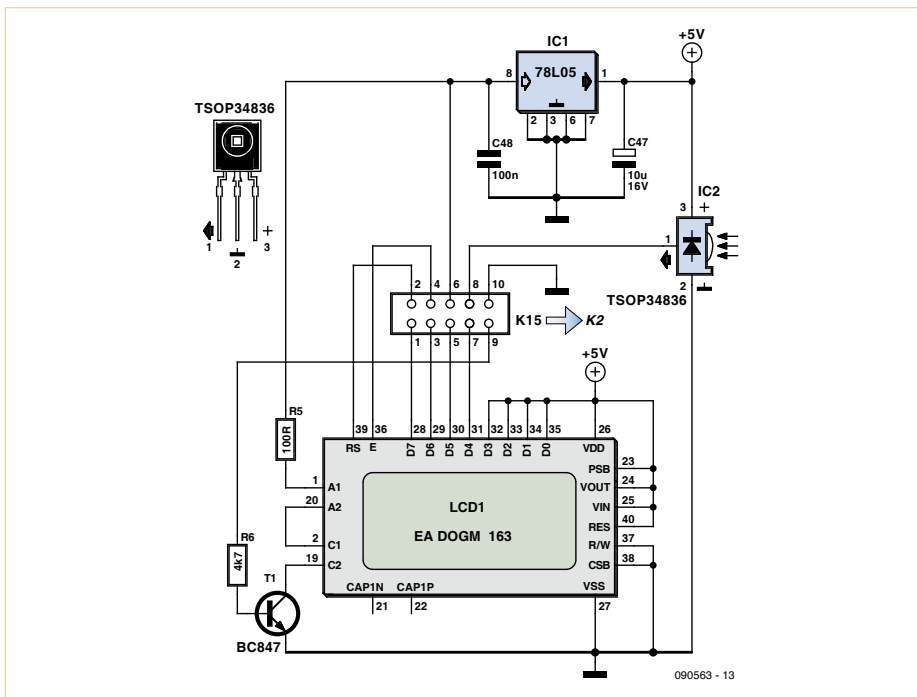


Figure 5. Schéma de la platine d'affichage sur laquelle se trouve également le récepteur IR de la télécommande.

blocs de jonction (d'un bornier à ressorts) amplement dimensionnés.

Si cela s'avère utile, on peut installer sur la face arrière de la platine du contrôleur des embases ou des picots pour les options de port d'extension (K7), d'interface de programmation (K8 et K9) et les deux entrées stéréo supplémentaires (K12). Vous pouvez de la sorte brancher des boutons-poussoirs pour les réglages de volume, de silencieux, de grave et d'aigu, ce qui entraînera aussi des modifications à apporter dans le logiciel.

## Le logiciel

Le logiciel pour l'ATmega a été développé en WinAVR-GCC, il est disponible au téléchargement sous forme de code source commenté, de manière à pouvoir modifier le micrologiciel selon ses goûts et ses

## Liste des composants

### Résistances :

R7 = 0  $\Omega$  (SMD0603)  
 R26, R27, R28, R29 = 10  $\Omega$  (SMD0603)  
 R17, R18 = 22  $\Omega$  (SMD0603)  
 R5 = 100  $\Omega$  (SMD0603)  
 R22, R23 = 180  $\Omega$  (SMD0603)  
 R15, R16 = 2,2 k $\Omega$  (SMD0603)  
 R6, R8 = 4,7 k $\Omega$  (SMD0603)  
 R9, R10, R19, R20, R21, R22, R24, R25 = 10 k $\Omega$  (SMD0603)  
 R1, R2, R3, R4 = 20 k $\Omega$  (SMD0603)  
 R11, R12, R13, R14 = 47 k $\Omega$  (SMD0603)

### Condensateurs :

C44, C45 = 22 pF (SMD0603)  
 C20, C21, C22, C23 = 470 pF (SMD0603)  
 C33, C34 = 5,6 nF (SMD0603)  
 C3, C4, C5, C6, C17, C18, C19, C41, C42, C43, C46, C48 = 100 nF (SMD0603)  
 C35, C38 = 150 nF (SMD0603)  
 C36, C39 = 330 nF (SMD0603)  
 C29, C30, C40, C50, C51, C52 = 470 nF (0603)

C1, C2, C7, C9, C10, C13, C14, C15, C24, C25, C26, C27, C28, C31, C32 = 1  $\mu$ F (SMD0603)  
 C37, C47, C49 = 10  $\mu$ F/16 V (CMS tantale boîtier B)  
 C8 = 100  $\mu$ F/16 V radial  
 C11, C12 = 1000  $\mu$ F/16 V radial

### Inductances :

L1, L2, L3, L4, L5 = self de déparasitage UHF (ferrite à 6 trous)

### Semi-conducteurs :

D1 = P6SMB16A (SMB)  
 T1 = BC847 (SOT23)  
 IC1 = 78L05 (SO8)  
 IC2 = TSOP34836  
 IC3 = LD1117-3V3 (SMD SOT223)  
 IC4 = MAX9744 (MLF44)  
 IC5 = 78M09 (DPAK)  
 IC6 = TDA7449 (DIL20)  
 IC7 = ATMEGA8-16 (TQFP32)  
 X1 = 8-MHz-Quarz (HC49U-V)

### Divers :

LCD1 = EA DOGM 163 avec éclairage de fond  
 K1, K3, K10, K11 = embase mâle à dix picots au pas d'exactement 2,54 mm, hauteur 8,5 mm  
 K2 = câble en nappe à 10 conducteurs, longueur 14cm  
 K4, K5, K6 = bornier à ressorts SPRINGCON (1125004-26644) à 6 contacts au pas de 5,0 mm  
 K7 = port d'extension (optionnel)  
 K8, K9 = Raccord de programmation ISP pour Mega8 2x3 contacts (optionnel)  
 K13, K14 = prise tulipe (femelle Cinch) encartable, au pas de 7,5 mm  
 4 entretoises plastiques pour platine pour une distance de 4,8 mm  
 embase mâle à 20 picots  
 Boîte de construction comprenant les platines garnies de CMS et tous les autres les composants : EPS 090563-71 (cf. e-choppe ou [www.elektor.fr/090563](http://www.elektor.fr/090563))  
 Téléchargement des tracés des pistes via [www.elektor.fr/090563](http://www.elektor.fr/090563).

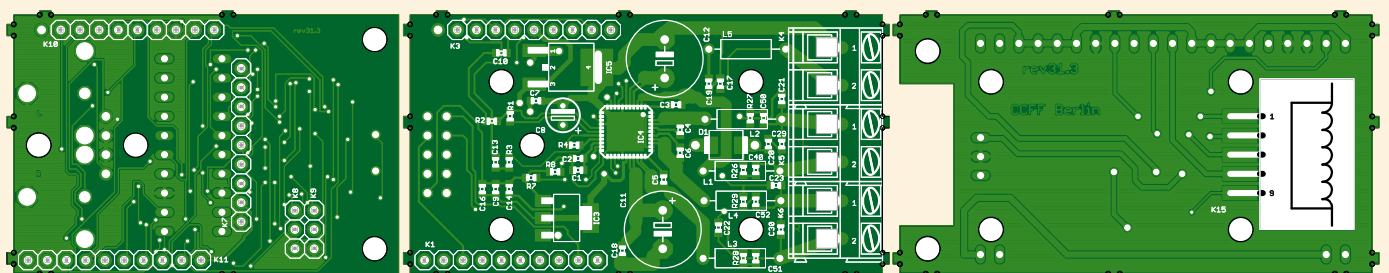


Figure 6. Voici les trois platines qui se superposent au montage : la platine d'affichage, celle de l'étage final et celle du contrôleur.

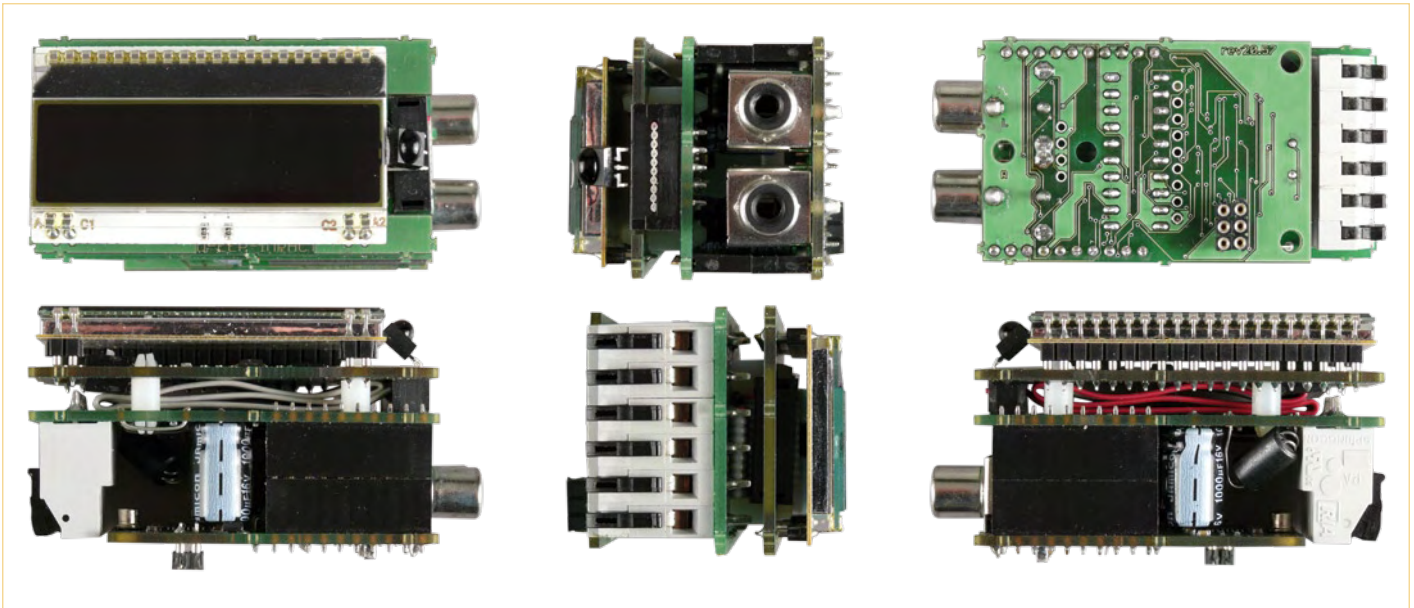


Figure 7. Le Modulo D sous toutes les coutures.

besoins. Le programme compilé (fichier HEX) est aussi à disposition sur le site d'Elektor [3] et sur celui de l'auteur [4] en deux versions, selon le mode d'opération souhaité pour le MAX9744. Normalement, on utilise le fichier HEX ClassDV01.00Filterless.hex qui règle la puce d'amplificateur pour le mode de modulation à spectre élargi. La routine d'initialisation Init-Routine de ce mode est appelée au moyen de `max9744init(MAX9744_FILTERLESS)` ; Pour travailler en MLI à fréquence fixe, c'est-à-dire « PWM output mode » et « fixed-frequency modulation mode », il faut appeler dans main.c la Init-Routine du MAX9744 par `max9744init(MAX9744_PWM)`. Lors du téléchargement, le fichier HEX correspondant s'appelle ClassDV01.00PWM.hex. Si vous utilisez cette version-ci du micrologiciel, il faudra choisir dans la feuille de caractéristiques les composants adéquats pour ce mode de fonctionnement.

Le chargement du fichier HEX dans le microcontrôleur peut s'effectuer immédiatement au moyen d'un programmeur tel que celui indiqué par le lien [5]. Une copie d'écran en téléchargement (zip) indique les principaux réglages des fusibles. En prêt-à-monter, le contrôleur est garni et programmé (avec ClassDV01.00Filterless.hex). L'ATmega8 programmé initialise le MAX9744 et le TDA7449, traite les instructions reçues en infrarouge et pilote l'écran LCD. Le logiciel réagit aux signaux de télécommande en code RC5. Les reconnaissances d'adresses d'appareils RC5 et d'instructions RC5 se passent dans main.h.

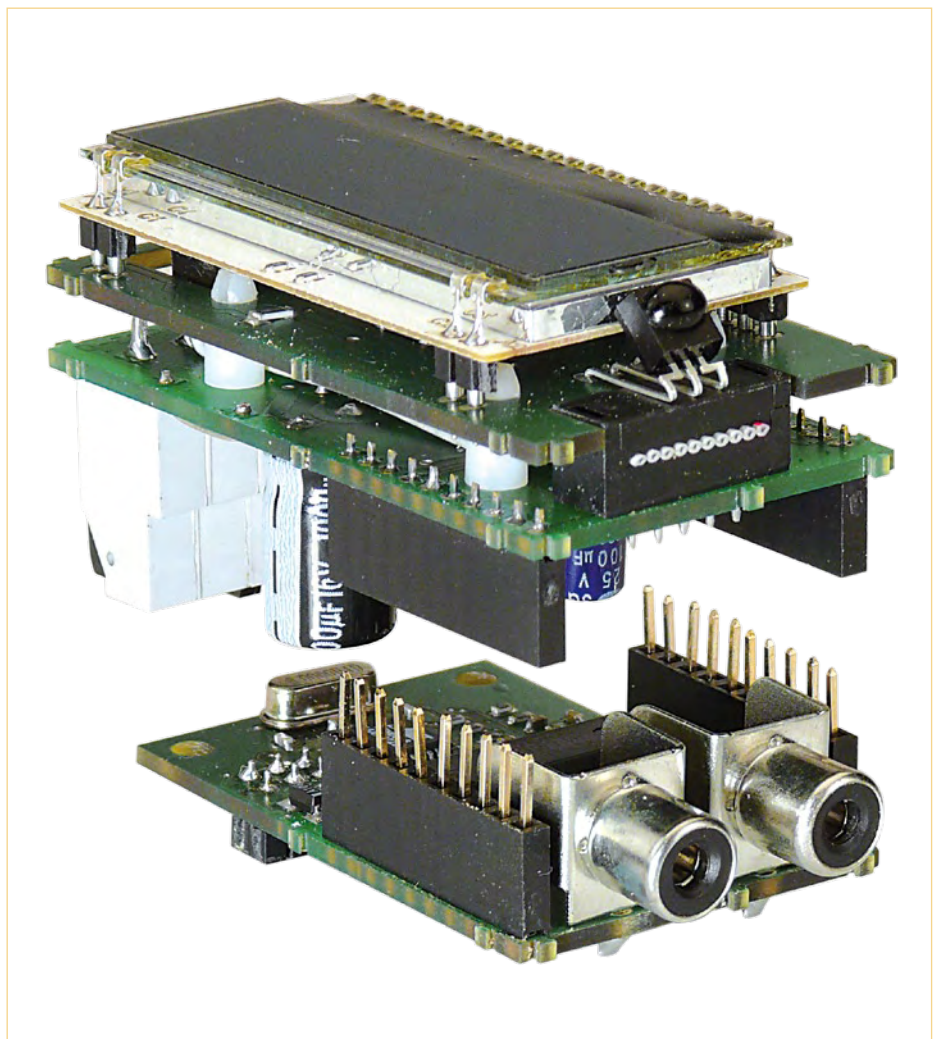


Figure 8. La platine de l'étage final et celle du contrôleur sont interconnectées par des embases et des picots.



Figure 9. Après la mise en marche, le message de bienvenue s'affiche à l'écran.

### Essais et mise en service

Il est conseillé de mettre en route le Modulo-D sur une alimentation dont le courant est limité à 0,2 A environ, sans y raccorder de haut-parleur pour l'instant. Le débit de courant devrait s'élever à quelque 120 mA. Sur écran, vous verrez alors un message de bienvenue (**figure 9**) pour commencer, ensuite, après 5 s à peu près, apparaîtra le réglage de volume (**figure 9**).

On peut alors vérifier tout de suite si le

module réagit bien à des instructions IR compatibles avec le code RC5. Sur une télécommande universelle RC5, voici à quoi correspondent les touches : Volume =  $\pm$ , Grave = 1 et 4, Aigu = 3 et 6, Gain = Avance et Retour.

Si vous n'avez pas sous la main une télécommande appropriée, vous pouvez malgré tout procéder déjà à des essais de l'amplificateur, puisque le réglage de volume

par défaut n'est pas mis au minimum, mais bien à environ 35 %. Vous raccordez aux prises tulipes d'entrée une source de signal à un niveau de ligne et, si vous avez branché des haut-parleurs, vous pourrez déjà entendre quelque chose. Lors du raccordement des haut-parleurs, songez à l'exigence de maintenir la longueur de câble maximum (de l'ordre d'un mètre avec le filtre de sortie standard, voyez également la feuille de caractéristiques du MAX9744).

Ainsi que les mesures du laboratoire Elektor le confirment, la puissance maximale de 2 x 22 W n'est atteinte que sur un haut-parleur de 4  $\Omega$  et sous une tension de service de 14 V. C'est le cas par exemple avec une batterie de voiture bien chargée ou une alimentation secteur de 14 V capable de délivrer jusqu'à 5 A. Pour une puissance un peu moindre, une alimentation de 12 V donnant 4 A suffira.

Les étages de sortie du MAX9744 travaillent déjà en montage en pont, il n'est donc pas possible de brancher le haut-parleur entre les bornes R et L (canaux gauche et droit) pour en obtenir le double de la puissance (soit 40 W) en monophonie.

La construction compacte de ce module permet de couvrir des domaines d'emploi difficiles à atteindre jusqu'ici, par exemple en modélisme, pour des stations iPod ou des appareils portatifs sur accumulateurs au plomb gélifié. En outre, il y a encore la possibilité de se servir du port d'extension pour intégrer par exemple un lecteur mp3. Plus d'obstacle dès lors à la reproduction sonore à partir de son propre assemblage avec un mp3...

(090563-l)

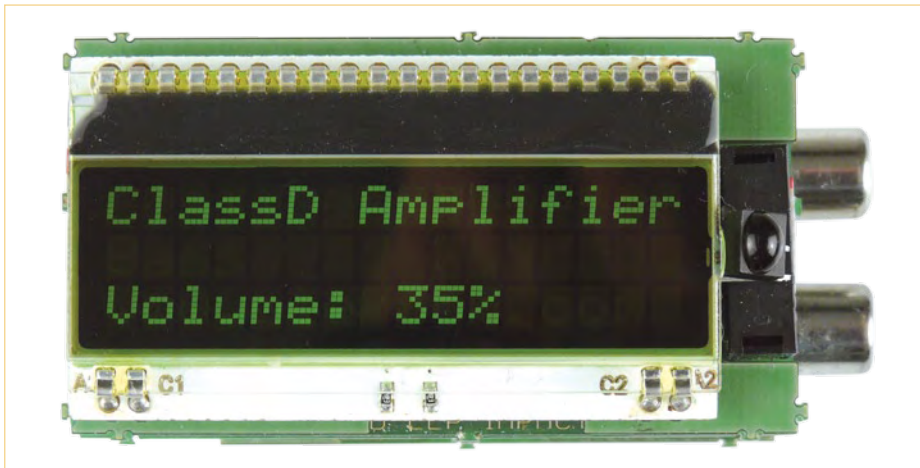


Figure 10. Et cinq secondes plus tard, c'est le volume qui apparaît.  
Tous les autres réglages s'affichent de la même manière.



### Liens Internet

- [1] [www.st.com/stonline/products/literature/ds/6317.pdf](http://www.st.com/stonline/products/literature/ds/6317.pdf)
- [2] [datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9744.pdf](http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX9744.pdf)
- [3] [www.elektor.fr/090563](http://www.elektor.fr/090563)
- [4] [www.stange-distribution.de](http://www.stange-distribution.de)
- [5] [www.elektor.fr/080083](http://www.elektor.fr/080083)

## 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](http://www.pcb-pool.com)

## REFLOW-KIT<sup>®</sup>

Beta LAYOUT

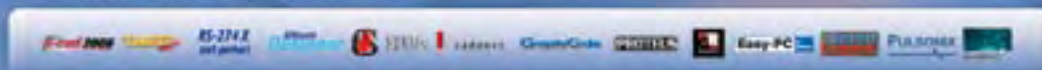


Désormais disponible:

Outils et accessoires pour le câblage des circuits imprimés CMS

[www.reflow-kit.com](http://www.reflow-kit.com)

On accepte tous les formats suivants:



**Beta**  
 LAYOUT

# Apprendre à programmer en BASIC-BASCOM-AVR



## Atelier de programmation

NOUVEAU

L'objectif de cet atelier de programmation est de s'initier au langage BASIC BASCOM-AVR et de découvrir son environnement. C'est par la pratique que les participants en apprennent les principes : à partir de plusieurs exemples d'applications ils découvrent comment, par la suite, écrire et tester leurs propres programmes. Les travaux pratiques s'appuient sur la carte d'essai de l'ATM18 d'Elektor.

### Formule 1 (Atelier sans achat du matériel) :

349,00 € (540,00 CHF)

Le matériel nécessaire pour l'atelier est prêté et doit être restitué à la fin de la journée.

### Formule 2 (Atelier avec achat du matériel) :

498,00 € (760,00 CHF)

Le matériel nécessaire pour l'atelier devient la propriété du participant qui l'emporte à la fin de la journée.

Quelle que soit la formule choisie, sont compris :

- le déjeuner
- la documentation remise à chaque participant (présentation imprimée et documents de l'atelier).
- Le supplément de 125 € de la formule 2 couvre l'achat du matériel d'une valeur commerciale de 230,00 €. C'est une formule très avantageuse.

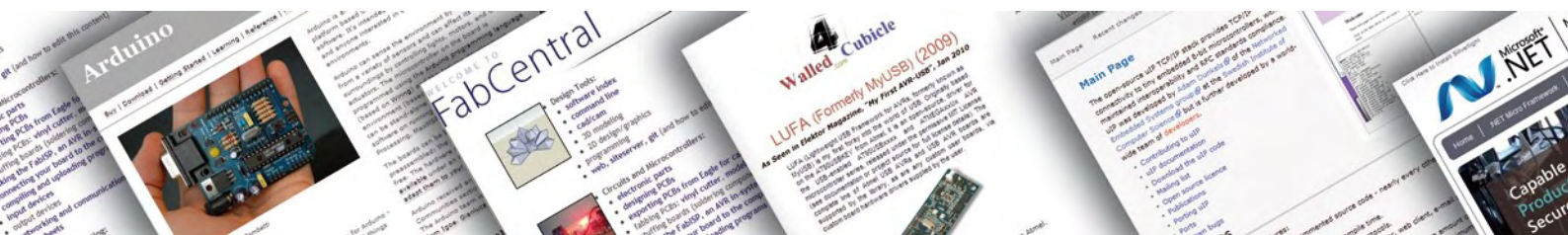
Les abonnés d'Elektor bénéficient d'une remise de 5%

### Où et quand ?

Lausanne (Suisse), 10 avril 2010

L'atelier sera dirigé (en français) par M. Grégory Ester, professeur

Pour en savoir plus : [www.elektor.fr/atelier-bascom](http://www.elektor.fr/atelier-bascom)



# 20 x Open Source

## Liens à découvrir pour l'électronique embarquée

Jens Nickel (Elektor Allemagne)

Les programmes à source ouverte (open source) sont également présents en nombre dans le domaine de l'embarqué : de l'éditeur de texte aux bibliothèques de routines et systèmes d'exploitation en passant par les compilateurs, la palette est large. Ces programmes peuvent non seulement nous éviter le coût d'une licence, mais aussi nous apprendre une foule de choses. Voici une courte liste de projets open source à connaître.

De nombreux avantages plaident en faveur du logiciel open source : indépendance vis-à-vis d'un éditeur, frais de licence inexistant et, souvent, grande qualité due à une communauté de développeurs aussi importante qu'active. L'accès au code source d'un programme permet non seulement d'en corriger les erreurs, de l'adapter à ses propres besoins et d'étendre ses caractéristiques, mais aussi, si le projet n'est pas trop complexe, d'apprendre une foule de choses grâce à ce code.

Le développeur de microcontrôleurs devrait trouver là une raison suffisante pour se pencher sur le sujet open source. Les outils pour PC comme les éditeurs de texte, les outils de création de documentation, les chaînes d'outils pour microcontrôleurs, mais aussi les systèmes d'exploitation et les bibliothèques de routines, sont désormais de

plus en plus nombreux à proposer un code source ouvert. N'oublions pas non plus, et cela inclut les cartes de microcontrôleurs, le matériel open source, dont les schémas et données de conception ouverts invitent explicitement l'utilisateur à apporter ses propres améliorations et perfectionnements. À cette catégorie appartiennent aussi les logiciels et les bibliothèques de routines qui permettent aux novices d'aborder plus facilement ce matériel libre.

Le nombre de programmes (et systèmes cibles) disponibles condamnerait à l'échec toute tentative de proposer ne serait-ce qu'un aperçu partiel de l'open source matériel et logiciel. Au lieu de cela nous avons donc demandé à quatre développeurs de nous citer des projets open source dont ils tiraient (en partie) profit dans leur travail. Si

vous aussi avez eu une expérience positive avec un projet open source dans le domaine de l'embarqué, ou si vous pensez que manque ici un outil intéressant, faites-le nous savoir !

### Matériel

(Liens collectés par Clemens Valens, Elektor France)

#### Arduino

Ce projet populaire comprend une série de cartes de développement et de processeurs simples et compactes (disponibles préassemblées auprès de différents revendeurs). Un forum actif et de nombreuses applications logicielles le rendent facile d'accès pour les débutants.

[arduino.cc](http://arduino.cc)

## Licences

Bien que l'utilisation des logiciels open source ne soit liée à aucun droit de licence, très peu d'entre eux sont réellement d'utilisation libre. Le logiciel open source est en règle générale sous licence, dont la plus connue est la Licence publique générale GNU (GPL). Cette licence plutôt stricte exige que tout programme modifié ou enrichi soit de nouveau publié sous licence GPL. La même règle prévaut pour une application utilisant un système d'exploitation ou une bibliothèque de routines sous licences GPL. Toute personne dévelop-

pant un projet de système embarqué à visée commerciale devrait se pencher sérieusement sur les contrats de licence, et selon les cas s'adjoindre les services d'un expert juriste. Nous ne pouvons naturellement pas garantir nos remarques sur les licences !

Les licences open source ne contiennent aucune restriction dans le cadre d'une pure évaluation (ou d'un usage amateur), mais il faut dans tous les cas respecter les obligations liées au droit d'auteur ainsi que la mention légale du code source.

La page [www.opensource.org/licenses/alphabetical](http://www.opensource.org/licenses/alphabetical) de l'Open Source Initiative (OSI) passe en revue plusieurs licences.



## Openmoko

Ce système développe en open source une palette complète d'applications smartphones. Le matériel du portable Neo FreeRunner étant également open source, des cartes de développement et de débogage sont proposées.

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

## GNU Radio & Universal Software Radio Peripheral

Le projet GNU Radio offre une boîte à outils logicielle pour la réalisation de ses propres applications pour radio logicielle (SDR). Une carte USRP (Universal Software Radio Peripheral), basée sur un FPGA, est utilisée en tant que matériel informatique libre.

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

## KiCAD

Mentionnons également dans ce contexte KiCAD, programme open source de CAO bien connu, qui permet de créer agréablement des schémas et des platines et intègre une vue 3D de la carte imprimée. Référez-vous à l'article Elektor de février 2007.

[kicad.sourceforge.net/wiki/index.php](http://kicad.sourceforge.net/wiki/index.php)

[www.elektor.fr/magazines/2007/fevrier/kicad-un-outil-de-haut-niveau.69133.lynx](http://www.elektor.fr/magazines/2007/fevrier/kicad-un-outil-de-haut-niveau.69133.lynx)

## Fab Lab

Un projet particulièrement intéressant, car inhabituel. Découpe laser 3D, impression 3D et

autres appareils sont à la disposition de celui qui rend public son projet. Très utilisé pour les projets artistiques ou de robotique.

[fab.cba.mit.edu](http://fab.cba.mit.edu)

## Bibliothèques & outils d'exécution

(Liens collectés par Benedikt Sauter, [www.ixbat.de](http://www.ixbat.de))

### uIP/lwIP

Deux piles réseau TCP/IP remarquables ; la première est adaptée aux processeurs 8-bits. lwIP est un progrès technique pour les contrôleurs de taille moyenne. La licence de l'uIP n'étant pas trop stricte, la pile convient également bien aux développements commerciaux.

[www.sics.se/~adam/uiP](http://www.sics.se/~adam/uiP)

[www.sics.se/~adam/lwip/](http://www.sics.se/~adam/lwip/)

### LUFA (anciennement MyUSB)

Une bibliothèque très fournie pour contrôleurs ATmega équipés d'interfaces USB (hôte et périphérique). Le contrôleur AVR pourrait ainsi émuler un clavier, mais de nombreux autres périphériques USB (stockage de masse, son, etc.) sont également implémentés.

[www.fourwalledcubicle.com/LUFA.php](http://www.fourwalledcubicle.com/LUFA.php)

### Pile USB pour LPC2148

Les fans d'ARM devraient regarder du côté de cette bibliothèque USB. Conçue pour le

LPC2148 de Phillips au cœur d'ARM7TDMI-S.

[wiki.sikken.nl/index.php?title=LPCUSB](http://wiki.sikken.nl/index.php?title=LPCUSB)

### Crypto-avr-lib

Une bibliothèque dédiée à la cryptographie pour contrôleur ATmega. Publiée sous GPL Version 3, d'autres licences sont toutefois disponibles sur demande auprès de l'auteur.

[www.das-labor.org/wiki/Crypto-avr-lib](http://www.das-labor.org/wiki/Crypto-avr-lib)

### FreeRTOS

FreeRTOS est un système d'exploitation temps réel léger, disponible pour de nombreux contrôleurs. Une licence commerciale peut être expressément appliquée et rendre le logiciel propriétaire.

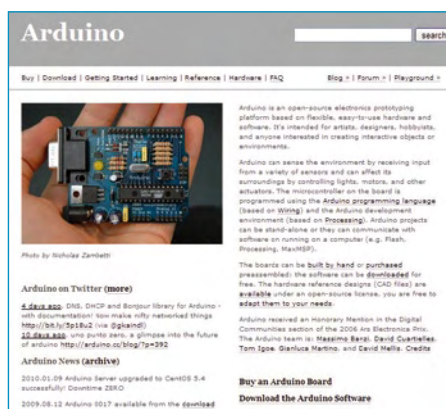
[www.freertos.org](http://www.freertos.org)

De nombreux autres systèmes d'exploitation open source sont listés dans un autre article de ce numéro !

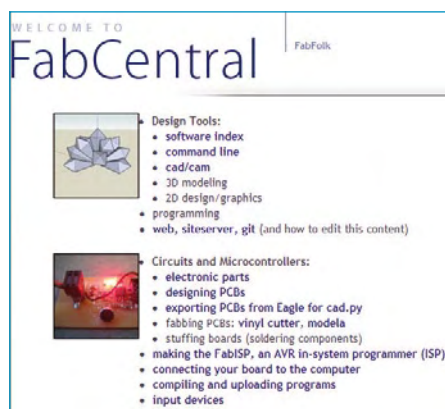
### U-Boot

Chargeur de démarrage doté d'un copieux ensemble de routines pour mémoires, interfaces UART, cartes SD, réseaux, USB, etc. Conçu comme un chargeur de démarrage, peut servir de base à vos modules de code C grâce à un support matériel complet.

[www.denx.de/wiki/U-Boot](http://www.denx.de/wiki/U-Boot)



Arduino : matériel simple, langage de programmation C/C++, bon forum.

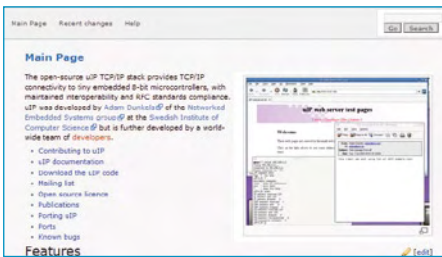


Fab Lab : outils de conception à utilisation gratuite pour projets publics.



LUFA : programmation USB pour débutants ou utilisateurs avancés.

## OPEN SOURCE



uIP : TCP/IP pour contrôleur 8-bit – code très bien documenté.

### Embedded Filesystems Library

Un système de fichiers FAT très utile quand un espace disque faible est en jeu. La licence LGPL autorise un développement commercial (seules les modifications de la bibliothèque doivent rester sous licence libre).

[efsl.be](http://efsl.be)

### .NET Micro Framework

Depuis peu open source : une version compacte et épurée de la plateforme .NET qui tourne sous différentes plateformes ARM. Programmée en C#, variante orientée objet du C, une foule de classes de base (PC, Ethernet, etc.) réduit les temps de développement.

[www.microsoft.com/netmf/default.mspix](http://www.microsoft.com/netmf/default.mspix)

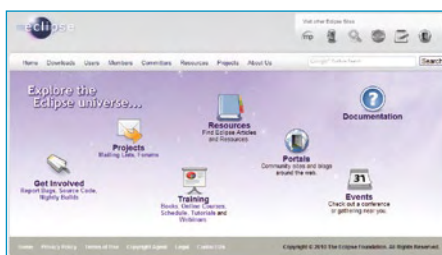
### Outils PC

(Liens collectés par Antoine Authier et Jerry Jacobs, Labo d'Elektor)

### Eclipse

Un environnement de développement intégré agréable, facilement configurable grâce à un principe modulaire très flexible. Il existe pour l'instant environ 1000 modules d'extension (dont certains commercialisés) pour différents langages de programmation et systèmes cibles. Référez-vous à l'article Elektor de mars 2006.

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



Eclipse : EDI rendu puissant par ses 1000 modules d'extension.



.NET Micro Framework : l'open source à la sauce Microsoft.

[www.elektor.fr/magazines/2006/mars/](http://www.elektor.fr/magazines/2006/mars/)

[renes-en-main-grace-a-eclipse.68552.lynx](http://renes-en-main-grace-a-eclipse.68552.lynx)

### Kdevelop

KDevelop est un éditeur de code source qui satisfait les exigences des utilisateurs avancés. Le programme s'adapte de façon polyvalente aux besoins de l'utilisateur.

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

### Programmer's Notepad

Un éditeur de texte pour programmeur, léger, mais efficace. Pour un développement de code rapide, simple et aisé. Modules d'extension disponibles.

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

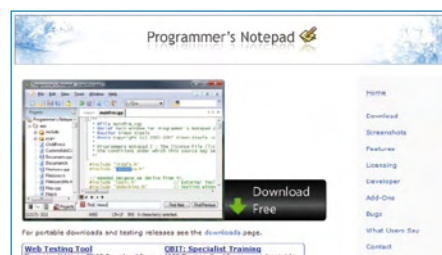
### Doxygen

Un outil intelligent pour la création automatique de documentation du code (C, C++, Java, etc.). Il suffit au programmeur d'annoter son code avec des balises ; Doxygen produit ensuite un document complet au format PDF ou HTML. L'outil permet aussi de visualiser la structure d'un code source non documenté.

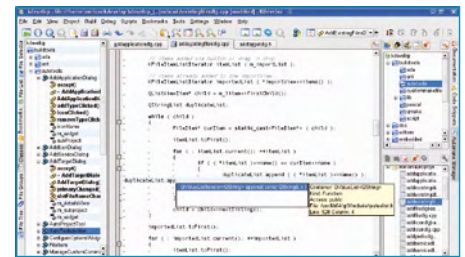
[www.stack.nl/~dimitri/doxygen](http://www.stack.nl/~dimitri/doxygen)

### WinMerge

Un bon outil, open source, de comparaison et synchronisation de code. Le programme peut également comparer le contenu de dossiers et afficher le résultat dans un arbre.



Programmer's Notepad : expressions régulières, unicode et... bien plus encore !



Kdevelop : complétion de code et beaucoup plus (illustration : kdevelop.org).

[winmerge.org/](http://winmerge.org/)

### Tera Term

Un émulateur de terminal qui supporte aussi bien le protocole Telnet que les ports COM. Convient bien à l'écoute des liaisons série à des fins de débogage.

<http://ttssh2.sourceforge.jp>

### GNU Toolchains

La chaîne d'outils open source du projet GNU existe pour beaucoup d'architectures multi-processeurs, y compris AVR, Coldfire, ARM, MIPS, PowerPC et Intel x86. Elle comprend non seulement un compilateur pour C, C++, et parfois pour Java (GCC = GNU Compiler Collection), mais aussi un éditeur de liens, un assembleur et un débogueur ainsi que des bibliothèques C. Les outils sont à leur tour utilisés par d'autres projets open source comme WinAVR et procurent une interface de développement agréable.

GNU Compiler Collection :

[gcc.gnu.org](http://gcc.gnu.org)

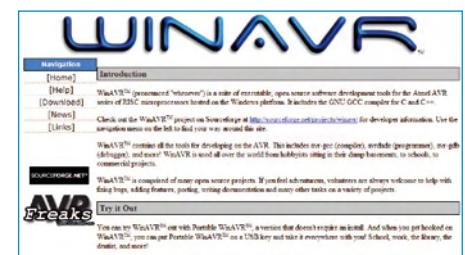
WinAVR :

[winavr.sourceforge.net](http://winavr.sourceforge.net)

Yet another GNU ARM toolchain (« encore une chaîne d'outils GNU pour ARM ») :

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

(091033-I)



WinAVR : compilateur, débogueur, outil de programmation.

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

**Radioamateur**  
N°1000 - Juin 2010

**Antenne WADIZ : Trucs et astuces autour des trappes**

**Réussir ses récepteurs toutes fréquences**  
Volume 1 : la théorie

78 pages  
6,04 €

**DES SCHÉMAS SIMPLES POUR ARRIVER DU PROJET À LA RÉALISATION**

**Venez nous découvrir sur**  
[www.malibrairienumerique.fr](http://www.malibrairienumerique.fr)

## Tracabilité de la température

Circuit  
RFID



comportant un capteur de température et une mémoire. Enregistre et livre à la réception via les ondes toutes les valeurs hors des limites imposées par l'expéditeur.


Capteurs - Navigation - USB - RFID - Interfaces Hommes Machines

**DILTRONIC**

- Tél. : 01 34 51 33 00 -  
- info@diltronic.com -

www.diltronic.com

# L'équipement PRO pour votre Profiler existante

 **Fraisage 3D, perçage et gravure de qualité professionnelle**

Fraisage 3D, G-code, fraisage de circuits imprimés : grâce à une nouvelle carte contrôleur avec un puissant processeur ARM et à un axe Z plus robuste avec tête flottante, vous pouvez convertir votre Profiler existante en une version professionnelle. Le logiciel aussi est adapté et apporte un lot d'améliorations et de nouvelles fonctions.

**e**lektor



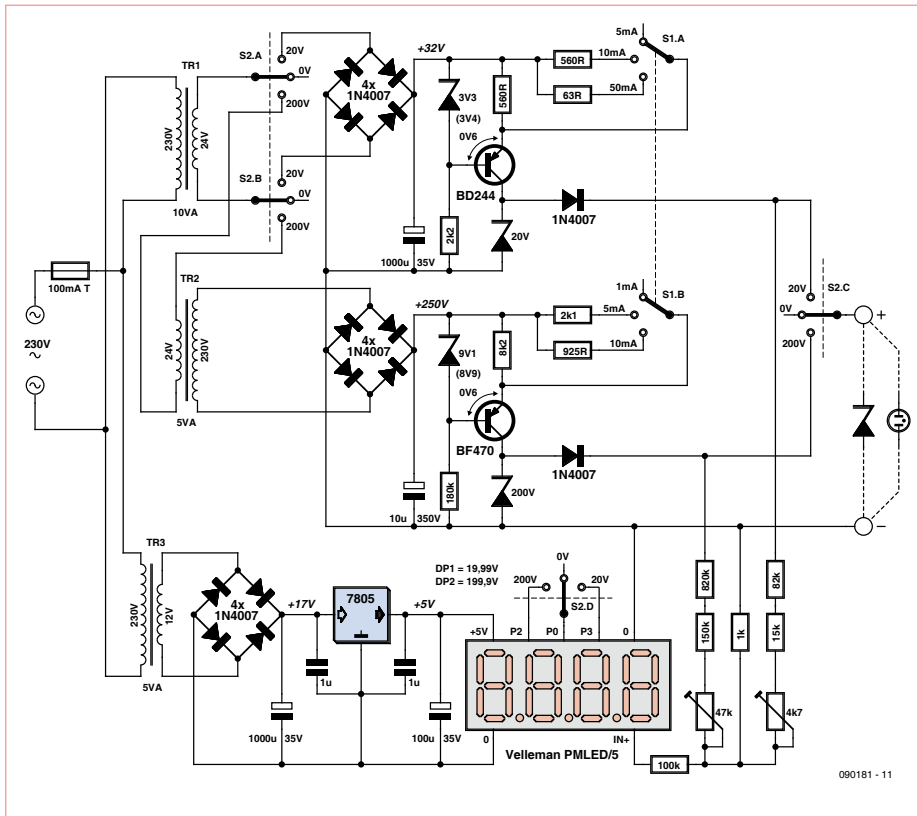
- Contrôleur 3D câblé et testé (nouveau logiciel « ColiDrive » inclus) 380,00 €
- Axe Z (avec tête flottante) 454,00 €
- Tête de gravure (pour un fraisage de précision) 295,00 €

TVA incluse, port en sus.

Informations complémentaires, téléchargement gratuit, vidéo de démonstration et conditions sur

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

# Testeur de diodes Zener



090181 - 11

Jean Herman (Belgique)

L'instrument présenté ici permet de vérifier le bon fonctionnement des diodes Zener jusqu'à 200 V et il permet de déterminer la tension inverse d'une diode Zener inconnue (noter que les diodes Zener ne s'appellent Zener que de 2 V à 6,5 V, les autres supérieures à 6,5 V devraient s'appeler diodes à « avalanche contrôlée »). La stabilité en tension des diodes Zener dépend de leur résistance interne et de leur coefficient de température. C'est pourquoi dans ce testeur, il est possible de les mesurer sous divers courants.

La résistance interne se calcule avec  $R_{INT} = dV/dI$ . Le  $dI$  se fait en injectant dans la diode à tester alternativement deux courants différents (par exemple 10 mA et 5 mA).  $dI$  est la différence entre ces deux courants (5 mA). En mesurant la tension dans les deux cas (disons 6,6 V et 6,3 V) on détermine  $dV$  (6,6 V - 6,3 V = 0,3 V) et on peut calculer la valeur de  $R_{INT}$  (0,3/0,005 = 60 Ω).

Le coefficient de température d'une diode Zener dépend de sa tension inverse. Pour une diode inférieure à environ 6 V le coeffi-

cient de température est négatif, autour de 6 V il est zéro et supérieur à 6 V il est positif. On peut le déterminer en mesurant la tension aux bornes de la diode et la température de la diode pendant que l'on injecte un courant constant (10 mA) dans la diode. L'appareil a deux gammes de tension, 0 à 20 V et 0 à 200 V, ce qui demande au moins deux transformateurs différents. Pour générer les différences de potentiel nécessaires, on dispose de trois petits transformateurs standards. Le transformateur TR3 ne sert qu'à alimenter le module voltmètre numérique en 5 V CC.

Le sélecteur central S2 à quatre plateaux (A à D) est le commutateur principal.

## Position 20 V

Transformateur TR1 à travers la position 20 V de S2.A alimente un pont redresseur. Une tension continue d'environ 32 V est produite. Le transistor BD244 est câblé en générateur de courant constant. Le commutateur S1.A modifie la résistance d'émetteur pour générer trois courants différents : 5 mA, 10 mA et 50 mA. On peut calculer grossièrement le courant généré par le BD244 :

$$I_{CONST} = V_Z (3,4 \text{ V}) - V_{BE} (0,6 \text{ V}) / \text{résistance d'émetteur}$$

Une diode Zener de 20 V (à trier) limite le potentiel de sortie à 20 V (ou si possible à 19,9 V) pour ne pas saturer l'indication du voltmètre numérique. Une diode 1N4007 en série avec la sortie du générateur de courant évite le court-circuit des circuits de mesures. Le commutateur S2.C dans ce cas est aussi en position 20 V.

## Position 200 V

Le commutateur S2.A aiguille le potentiel de 24 V alternatif vers le transformateur TR2 élévateur de potentiel 24 V / 230 V. C'est un transformateur normal de 230 V / 24 V 5 VA. On retrouve sur le pont redresseur un potentiel continu d'environ 250 V. Le transistor BF470 est aussi câblé en générateur de courant constant. Il n'est pas facile de trouver un transistor PNP haute tension, le BF470 est un modèle amplificateur vidéo pour tube cathodique.

Le commutateur S1.B modifie la résistance d'émetteur pour générer encore trois courants différents : 1 mA, 5 mA et 10 mA (voir le calcul plus haut). Ces courants sont plus faibles, car les diodes sont plus hautes en tension. Sous 10 mA et 200 V cela ferait quand même 2 W de dissipation soit pour le transistor BF470 avec la sortie en court-circuit, soit pour une diode Zener de 200 V.

## Position 0 V

On remarquera que le commutateur S2 a une position médiane où rien n'est commuté. Avec cet appareil, il est possible de tester l'isolement de diodes ordinaires, mais aussi des tubes stabilisateurs à gaz du genre OA2, OB2... ou des varistances VDR (certaines sont polarisées). La précision de la mesure du voltmètre donnera la vraie valeur de la tension et de la dérive de la mesure du composant due à sa température.

Le commutateur S2.D modifie la virgule du module en 19,99 V et 199,9 V, sa sensibilité reste toujours 199,9 mV. N'oubliez pas d'enlever le pont de soudure qui se trouve par défaut sur P3 du module voltmètre.

(090181-1)

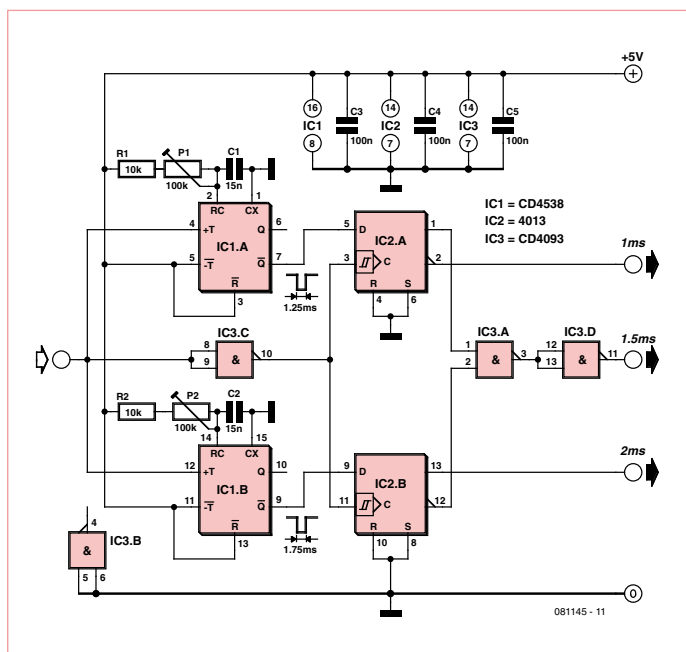
# Contrôle de LED pour modèles RC

Al Baur (Israël)

Lorsque l'on pilote un avion RC dans l'obscurité, il peut être utile de disposer d'un signal lumineux de couleur différente sur chaque aile. L'utilisation de LED haute-luminosité rouges et bleues permet d'avoir une indication visuelle visible de loin pour décoller ou atterrir. Sur un hélicoptère, les LED déclencheront certainement des histoires d'OVNI dans le journal local ; quelques jours suffisent !

La plupart des transmetteurs possèdent un canal libre pour une fonction on/off, envoyant des impulsions de durée fixe (1 ou 2 ms) ; dans le cas contraire, un canal type stick channel peut être utilisé à l'aide du circuit présenté ici.

Ce dernier se compose de trois CI. Les deux monostables du CD4538 génèrent des impulsions de durée fixe déclenchées par celles du récepteur, IC1A fournissant des impulsions de 1,25 ms et IC1B des impulsions de 1,75 ms. Les deux bascules du 4013, IC2A et IC2B, comparent les impulsions de référence avec celles du récepteur, qui



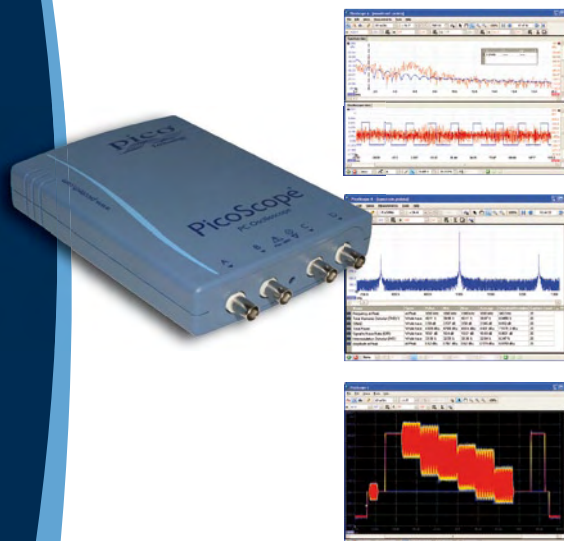
durent 1 ou 2 ms pour un canal type on/off, ou dont la durée varie entre ces deux valeurs pour un canal type stick channel. Chacune des bascules met à jour ses sorties Q et /Q à l'issue de la comparaison de durée. La sortie de la porte IC3A signalant que la durée détectée est de 1,5 ms s'active si l'impulsion est détectée comme ne durant ni 1 ms ni 2 ms, ajoutant une troisième sortie au montage.

À moins que vous n'utilisiez des LED à très faible courant (pas conseillé), celles-ci devraient être commandées à l'aide de transistors.

(081145-I, trad. Kévin PETIT)

## La nouvelle série PicoScope 4000 oscilloscopes à haute résolution

Série PicoScope 4000



Les oscilloscopes à haute résolution PicoScope 4224 et 4424 ont des entrées haute résolution 12 bits avec une déflection verticale de 1%. Cette toute dernière génération de PicoScopes a une mémoire profonde de 32 Méc. Grâce à son mode de déclenchement rapide, l'instrument est capable de capturer 1000 événements à une vitesse de plusieurs milliers de signaux par seconde.

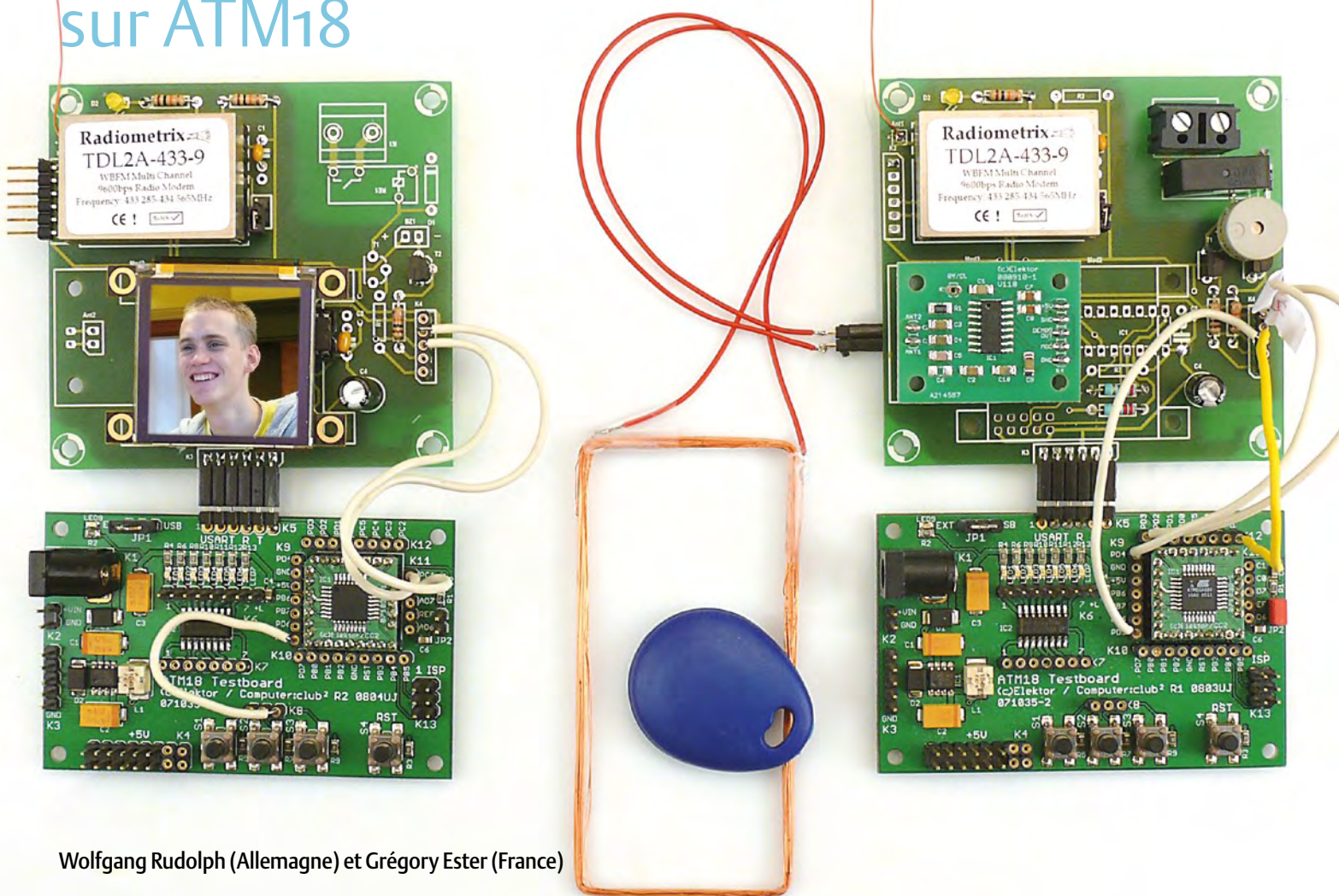
- **Basé sur PC** - capturez, visualisez et utilisez le signal acquis sur votre PC, là où vous en avez besoin
- **Mises à jour du logiciel** - mises à jour du logiciel sans supplément de prix pour la durée de vie du produit
- **Connexion et alimentation par USB** - parfait pour l'utilisation mobile ou en labo
- **Programmable** - fourni avec des pilotes et des exemples de programmation

Résolution	12 bits (jusqu'à 16 bits avec extension de résolution)
Bande Passante	20 MHz (modes oscilloscope et analyseur de spectre)
Mémoire échantillon	32 Mo, partagés entre voies actives
Fréquence d'échantillonnage	80 MS/s maximum
Canaux	PicoScope 4224: 2 canaux PicoScope 4424: 4 canaux
Connexion	USB 2.0
Types de déclenchement	Front montant, front descendant, front avec hystérésis, largeur d'impulsion, inférieure (runt), manquante, fenêtre

[www.picotech.com/scope1060](http://www.picotech.com/scope1060)  
+44 1480 396395

# Système d'identification VisiOLED

## Écran couleur à OLED avec radio et RFID sur ATM18



Wolfgang Rudolph (Allemagne) et Grégory Ester (France)

Belle association de matériels, mais qu'allons-nous faire de tout ça ? VisiOLED est une sonnette de porte radio avec ouvre-porte radio, identification RFID et visualisation sur un écran à LED organiques (OLED) et le tout est encore un projet avec la carte ATM18. Vous suivez ?

Si vous n'y êtes pas encore, jetez un œil sur le schéma fonctionnel de la **figure 1**. Le poste extérieur (à la porte) et le poste intérieur (dans l'appartement) se composent des mêmes platines : l'émetteur-récepteur VisiOLED et la carte d'expérimentation ATM18. Elles se distinguent seulement par leur câblage et leur implantation. Un lecteur RFID et un ouvre-porte sont connectés à la platine d'émission-réception du poste extérieur (*outdoor*), alors qu'un écran à OLED est connecté au poste intérieur (*indoor*).

Les postes extérieur et intérieur sont reliés entre eux par une liaison radio de données bidirectionnelle à 433 MHz.

### Portier électronique

Le logiciel chargé dans les microcontrôleurs de la carte ATM18 offre les fonctions suivantes :

les visiteurs peuvent s'annoncer à la porte de la maison avec un tag RFID (étiquette radio) bon marché. Les données de l'étiquette collectées sont transmises par radio au poste

intérieur. Si ce poste reconnaît l'étiquette du visiteur, l'écran à OLED affiche sa photo pour confirmation. Le maître des lieux peut alors, à l'aide d'une touche de la carte ATM18 du poste intérieur, radiocommander l'ouverture de la porte (ou du portail). Lors des communications entre les deux stations, le poste intérieur se comporte en maître et le poste extérieur, en esclave. Le code source du projet est, comme d'habitude, ouvert, et VisiOLED peut très bien servir de base à d'autres projets avec OLED, radio et RFID.

La carte ATM18 n'est pas le seul sous-ensemble du « fonds ATM18 », nous y avons également puisé le lecteur RFID. Il vient de l'article « Paré pour la RFID » [1] paru en juin 2009. Les données collectées sont transmises à l'aide d'un émetteur-récepteur de liaison de données TDL2A 433-9 (voir l'encadré). Du côté du récepteur, le numéro RFID est comparé aux identifiants (ID) enregistrés. S'il y a correspondance, le signal d'un vibreur le confirme acoustiquement. Le programme recherche également le portrait correspondant dans la carte mémoire du module OLED et l'affiche sur l'écran à OLED.

## Platines

La construction de chacune des deux stations demande une carte d'expérimentation ATM18 et une platine d'émission-réception (**figure 2**). L'implantation de la platine du poste extérieur est différente de celle du poste intérieur, les deux listes de composants en témoignent.

Le schéma de la platine d'émission-réception est présenté sur la **figure 3**. Elle assure les liaisons entre la carte d'expérimentation ATM18 et les autres composants. Les deux postes, intérieur et extérieur, ont besoin du module d'émission-réception (Mod1), du ronfleur (T2 et BZ1) et de la connexion au câble FTDI (K2). *Seul le poste extérieur demande, on le comprendra, le relais d'ouvre-porte (T1 et RE1) et la platine de lecteur RFID connectée à Mod3 avec la bobine d'antenne connectée à Ant2.*

*Les particularités du poste intérieur sont :* le module OLED (voir l'encadré) connecté à Mod2 et le multiplexeur 74HC4053 (IC1). Ce dernier est nécessaire pour la commutation des signaux sériels (TXD et RXD) de la carte ATM18 entre les modules d'émission-réception et d'affichage. Les résistances R2 et R7 sont des résistances de tirage qui définissent le niveau des entrées ouvertes des modules d'affichage et d'émission-réception. Le 4053 est protégé par R5 et R6 quand le câble FTDI est connecté à K2 pour la programmation de l'émetteur-récepteur.

## Montage

Les deux platines d'émission-réception se garnissent comme l'indiquent les listes

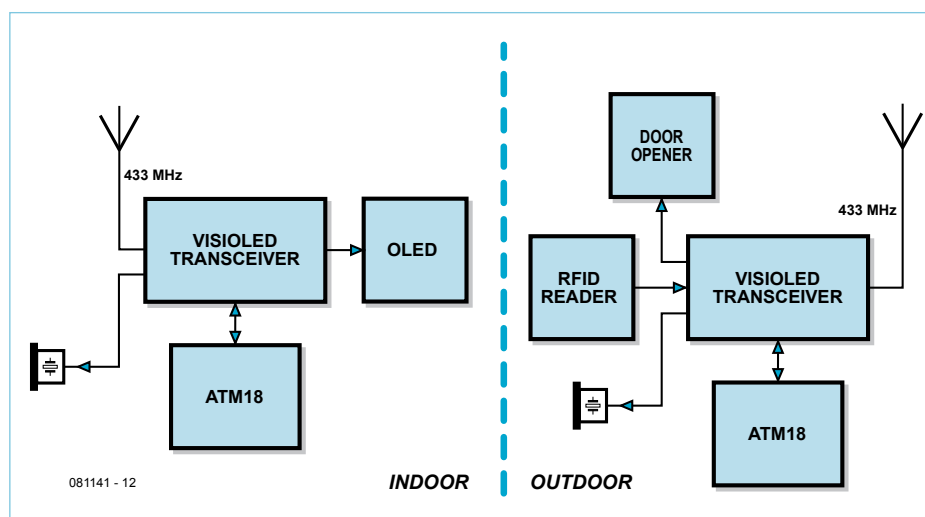


Figure 1. Schéma fonctionnel d'une installation à VisiOLED. Le poste « outdoor » est à l'entrée de la maison, le poste « indoor », à l'intérieur, où cela vous arrange.

de composants et se vérifient soigneusement. N'oubliez surtout pas les ponts de fil de la platine du poste extérieur, de R5 et R6 aux broches 5 et 4 de K3. Ces liaisons sont symbolisées par des lignes blanches sur la gravure d'implantation de la platine (voir figure 2) et en pointillés sur le schéma (figure 3).

La platine ATM18 est reliée simplement directement à la platine d'émission-réception (K5 d'ATM18 s'insère sur K3 de la platine d'émission-réception). Pour que cette

liaison fournisse également son alimentation de 5 V à la platine d'émission-réception, les trois broches de JP1 de la carte ATM18 doivent être interconnectées. La carte ATM18 elle-même est alimentée par un bloc secteur connecté sur K1. Le **tableau 1** recense toutes les liaisons nécessaires.

Les deux contrôleurs ATmega88 des platines ATM18 sont programmés (flash) avec les logiciels qui leur reviennent. Ceux-ci sont, comme d'habitude, à télécharger gratuite-

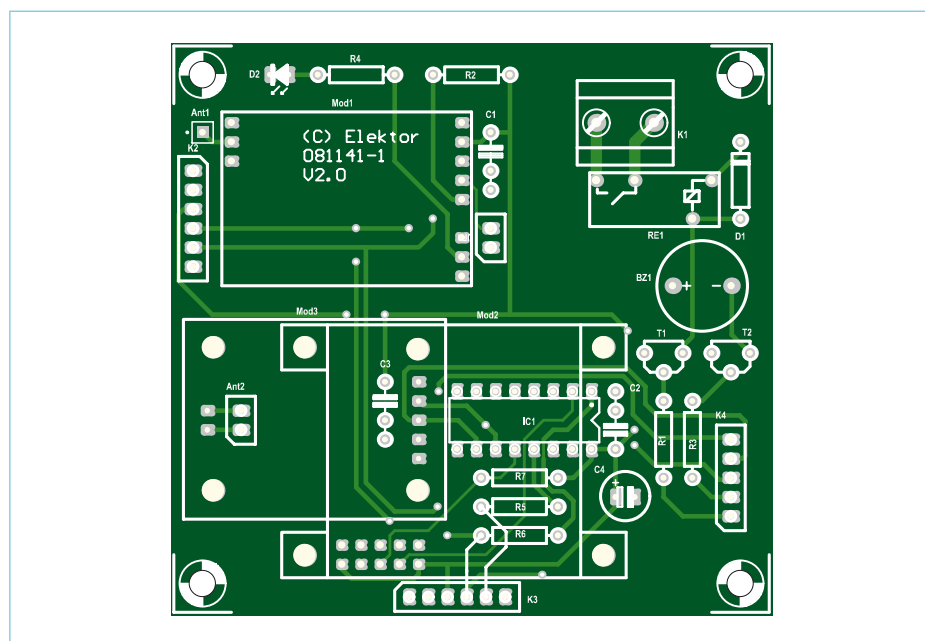


Figure 2. Une platine d'émission-réception fonctionne avec une carte d'expérimentation ATM18 aussi bien sur le poste extérieur que sur le poste intérieur. L'implantation est toutefois différente.

Exigée pour	Liaison
Postes extérieur et intérieur	JP1 : broche 1 avec broches 2 et 3 (carte ATM18)
Postes extérieur et intérieur	Alimentation de 12 V avec K1 (carte ATM18)
Postes extérieur et intérieur	K5 (ATM18) avec K3 (platine d'émission-réception)
Postes extérieur et intérieur	17 cm d'antenne filaire sur Ant1 (platine d'émission-réception)
Poste extérieur / Antenne RFID	Bobine d'antenne sur Ant2 (platine d'émission-réception)
Poste extérieur / Relais (RE)	K4/broche 1 (platine d'émission-réception) avec PC2 (ATM18)
Poste extérieur / Ronfleur (BUZ)	K4/broche 2 (platine d'émission-réception) avec PC1 (ATM18)
Poste extérieur / RFID (SHD)	K4/broche 3 (platine d'émission-réception) avec PD5 (ATM18)
Poste extérieur / RFID (DEMODO OUT)	K4/broche 4 (platine d'émission-réception) avec PD3 (ATM18)
Poste extérieur / RFID (MOD)	K4/broche 5 (platine d'émission-réception) avec PD4 (ATM18)
Poste extérieur / TXD	Cavalier (fil) de R5 à K3/broche 5 (platine d'émission-réception)
Poste extérieur / RXD	Cavalier (fil) de R6 à K3/broche 4 (platine d'émission-réception)
Poste intérieur / IC1 (S1)	K4/broche 3 (platine d'émission-réception) avec PC0 (ATM18)
Poste intérieur / IC1 (S2)	K4/broche 4 (platine d'émission-réception) avec PC1 (ATM18)
Poste intérieur / Touche S3	K8/broche 3 (ATM18) avec PD5 (ATM18)

ment sur la page du site d'Elektor concernant cet article [2]. Dans le programme, le poste de la porte est désigné comme

esclave et celui de l'intérieur, comme maître. Le programme de l'esclave est écrit en BASCOM et celui du maître, en C.

Le travail n'est pas terminé pour autant. Il vous reste à adapter les adresses des étiquettes RFID à reconnaître et celles des

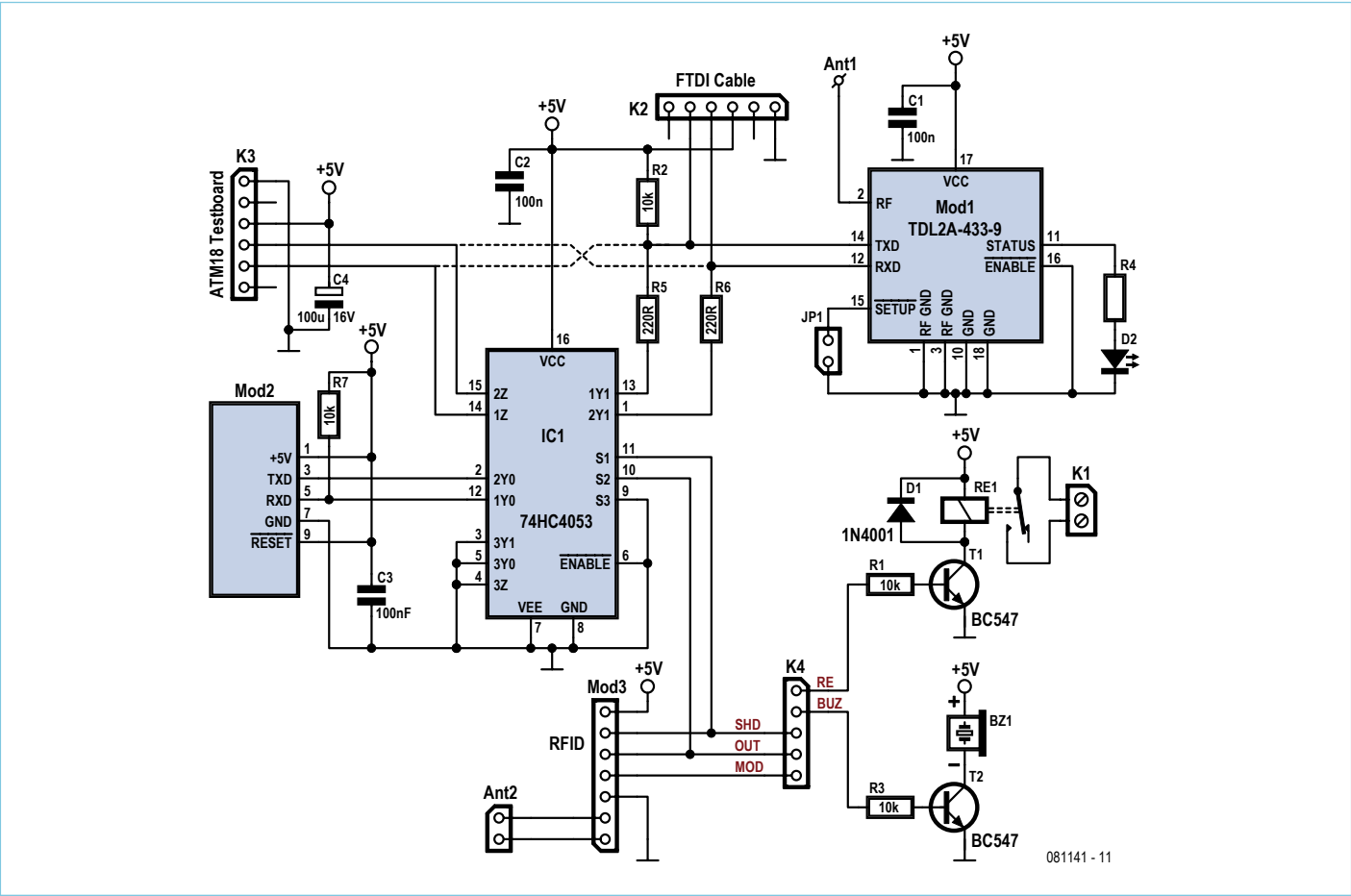


Figure 3. La tâche essentielle du schéma de la platine d'émission-réception est d'établir la les différentes liaisons entre les modules (radio, RFID, OLED) et la carte ATM18.

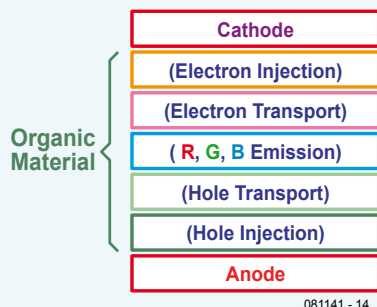
## OLED – L'avenir de la production de lumière

La nature offre de nombreux exemples d'effets luminescents. Citons celui du « ver luisant » ou lampyre, un coléoptère qui prend son abdomen pour une lanterne qu'il allume et éteint. À la différence des OLED, diodes électroluminescentes organiques, l'éclairage du lampyre n'est pas électrique, mais biochimique. Son rendement peut atteindre 95 % !

Les premières publications sur l'électroluminescence de matériaux organiques datent de 1953. Après avoir découvert les propriétés semi-conductrices de certains polymères naturels, on a mis au point des procédés de synthèse de polymères organiques que l'on dit « conjugués ». Les semi-conducteurs et d'autres composants électriques ne concernent plus seulement des structures cristallines, ils peuvent également se synthétiser.

L'effet luminescent des polymères conjugués est, ici, parallèle à l'émission lumineuse des diodes électroluminescentes utilisées depuis des décennies. Il fallut attendre 1987 et les investissements de Kodak puis de Pioneer dans cette technologie, pour que les écrans électroluminescents soient développés.

La technologie des OLED est aujourd'hui à la veille d'une percée commerciale décisive. Une étude de l'entreprise d'étude de marché états-unienne DisplaySearch prévoit une progression des ventes d'écrans à OLED de 500 millions de dollars en 2004 à 7 milliards en 2016.



### Fabrication des OLED

La structure d'un écran à OLED est simple : un ou plusieurs films organiques entre deux électrodes. L'épaisseur moyenne d'un film est de l'ordre de 100 à 200 nm. Deux types de matériaux organiques sont mis en œuvre : des polymères à longue chaîne, élaborés à partir d'une solution, et de petites molécules, vaporisées thermiquement sous vide.

Les films élaborés à partir d'une solution pour les écrans dits « à matrice passive » sont obtenus par projection, impression à jet d'encre ou d'autres procédés de formation de films. Le mécanisme producteur de lumière de ces « OLED à polymères » (PLED) est surtout la fluorescence. Celui des OLED les plus courantes, à petites molécules (parfois « SM OLED ») repose sur la phosphorescence. Sous des tensions de 3 à 10 V, des électrons sont injectés sur le film, par un matériau cathodique à faible énergie d'extraction. Il s'agit de métaux, comme le baryum ou le calcium, mais également de certains fluorures. Simultanément, des trous (charges positives) sont injectés dans le matériau organique par une anode transparente (comme l'oxyde d'indium doté à l'étain, ITO) avec énergie d'extraction élevée.

### LCD ou OLED ?

Le principe de fonctionnement des OLED donne déjà une idée de leurs avantages sur les LCD. Les cristaux liquides des LCD fonctionnent comme un store qui allume et éteint, pour l'observateur, le rétro-éclairage. Les écrans à OLED se passent de rétro-éclairage puisqu'ils éclairent par eux-mêmes. Sur un LCD, l'assombrissement d'un point d'image (pixel) est à commande progressive. Sur un écran à OLED, le pixel est tout simplement mis hors tension et ne consomme plus. Énergétiquement, un écran à OLED est, de ce fait, beaucoup plus intéressant qu'un écran à cristaux liquides rétroéclairé, surtout si les images sombres sont prépondérantes, comme c'est souvent le cas pour les films. Le contraste des OLED est, en outre, bien meilleur, jusqu'à 1 000 000 à 1. Comme ils peuvent se passer de rétro-éclairage, ils sont également très minces. Ils ne sont pas seulement plus écologiques parce qu'ils consomment moins, ils demandent aussi moins de matériaux. Les couches fonctionnelles très fines ne contiennent, en outre, pas de polluants.

### Des inconvénients ?

Malheureusement oui ! Les matériaux utilisés sont extrêmement sensibles à l'humidité, à l'oxygène et doivent donc être mis sous verre. Toutes les couleurs ne rayonnent pas avec le même rendement, ce qui augmente la consommation, réduit la durée de vie et rend difficile l'utilisation de grands écrans couleur. La durée d'une OLED est également inférieure à celle d'une diode électroluminescente classique. Sur ce point, tout est relatif : Sony assure que les premiers téléviseurs à OLED peuvent fonctionner 30 000 heures avant de voir leur luminosité divisée par deux. S'ils fonctionnent quatre heures par jour, ils tiendront quelque vingt ans.

photos à attribuer à ces étiquettes dans le logiciel maître. Une notice et des recopies d'écran, à télécharger avec les programmes, vous y aideront. La fiche technique de l'écran à OLED explique en détail comment enregistrer les photos sur la carte SD du module OLED. Vous n'aurez besoin que d'un adaptateur de cartes SD pour PC et d'un programme que le fabricant du module

OLED propose gratuitement sur son site [3] avec la fiche technique.

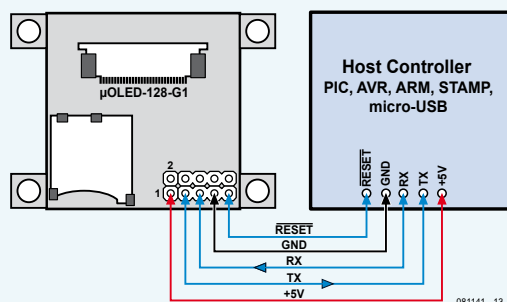
Le connecteur K2 et un câble sériel-USB (« câble FTDI ») 080213-71 [4] vous permettront de configurer le module émetteur-récepteur (*transceiver*) de Radiometrix avant la mise en service. Cette programmation serait nécessaire si vous utilisiez un assez

grand nombre de ces systèmes d'émission-réception dans le même environnement, par exemple. Si votre château n'a qu'une entrée, il vous est inutile de modifier les paramètres par défaut. Tout fonctionnera à merveille et aucune programmation n'est nécessaire.

S'il en allait autrement, vous pouvez modifier les ID et les canaux du module depuis

## μOLED-128-G1

Ce module d'écran à OLED compact et économique utilise la technique de matrice passive. Grâce à son contrôleur graphique, le module dispose d'un mode de fonctionnement autonome. Deux plateformes logicielles sont disponibles : la plateforme de commande série (SGC) ou la plateforme de langage graphique 4D (4DGL).



Le module SGC que nous utilisons peut s'exploiter en esclave (voir le câblage).

Le protocole de l'interface série est vraiment simple, les commandes sérieelles se composent d'un ou de plusieurs octets.

### Caractéristiques d μOLED-128-G1

- Résolution 128 x 128 pixels
- 256/65 k couleurs
- Diagonale de 1,5 pouce, 45,5 x 33,5 x 6,3 mm
- Surface active : 27 mm x 27 mm
- Angle de vision proche de 180 °
- Interface simple à 5 contacts
- Alimentation 3,6 à 6,0 V
- Consommation moyenne 40 mA sous 5 V
- RS-232 (0/3,3 V) détection automatique du débit (300 à 256 k Bd)
- Deux versions logicielles : plateforme de commande série ou langage graphique 4D

## Liste des composants

### Platine d'émission-réception 081141-1 avec RFID (extérieur)

#### Résistances :

R1 à R3 = 10 kΩ  
R4 = 1 kΩ

#### Condensateurs :

C1 à C3 = 100 nF  
C4 = 100 μF/25 V radial

#### Semi-conducteurs :

D1 = 1N4001  
T1, T2 = BC547B  
D2 = LED rouge, faible courant, 3 mm

#### Divers :

Re1 = relais 5 V, travail 250 V AC/5 A (p.ex. Omron G6D-1A-ASI 5DC)  
Bz1 = ronfleur piézo-électrique 5 V (p.ex. Megacera CPM121A0A)  
Mod1 = émetteur-récepteur de données 433 MHz TDL2A-433-9 (Radiometrix)  
Mod3 = module RFID 080910-91 (e-choppe,

[www.elektor.fr/080910](http://www.elektor.fr/080910))

Ant1 = antenne filaire, longueur 17 cm  
Ant2 = bobine d'antenne RFID (160 sp. Cu ém. 0,2 mm, diamètre env. 23 mm, env. 780 μH)  
JP1 = 2 picots avec cavalier  
K1 = bornier de platine 2 contacts, pas de 7,5 mm  
K2, K3 = barrette de 6 picots  
K4 = barrette de 5 picots  
Platine EPS 081141-1 (e-choppe, [www.elektor.fr/081141](http://www.elektor.fr/081141))  
Carte d'expérimentation ATM18 071035-92 avec module de contrôleur -91 (e-choppe, [www.elektor.fr/071035](http://www.elektor.fr/071035))

### Platine d'émission-réception 081141-1 avec OLED (indoor)

#### Résistances :

R2, R3, R7 = 10 kΩ  
R4 = 1 kΩ 5 %  
R5, R6 = 220 Ω

#### Condensateurs :

C1, C2, C3 = 100 nF

C4 = 100 μF/25 V

#### Semi-conducteurs :

T2 = BC547B  
D2 = LED rouge, faible courant, 3 mm  
IC1 = 74HC4053

#### Divers :

Bz1 = ronfleur piézo-électrique 5 V (p.ex. Megacera CPM121A0A)  
Mod1 = émetteur-récepteur de données 433 MHz TDL2A-433-9 (Radiometrix)  
Mod2 = module d'écran à OLED μOLED-128-G1 (SGC) (4D Systems)  
Ant1 = antenne filaire, longueur 17 cm  
JP1 = 2 picots avec cavalier  
K2, K3 = barrette de 6 picots  
K4 = barrette de 5 picots  
Platine EPS 081141-1 (e-choppe, [www.elektor.fr/081141](http://www.elektor.fr/081141))  
Carte d'expérimentation ATM18 071035-92 avec module de contrôleur -91 (e-choppe, [www.elektor.fr/071035](http://www.elektor.fr/071035))

## Module d'émission-réception TDL2A 433-9

Le TDL2A est un module radio 9600 bauds, à l'alternat, multivoie pour trafic sur la bande européenne ISM des 433 MHz qui fonctionne comme un câble série transparent. Il dispose d'une synchronisation automatique, d'un équilibrage des bits et d'un contrôle d'erreurs, avec suppression automatique des parasites et blocage en l'absence de signal HF.

Un TDL2A peut se paramétrer sur huit adresses différentes. Le TDL2A permet le trafic sur l'une des cinq fréquences préprogrammées de la bande des 433 MHz. Ces fréquences ne se recouvrent pas et permettent l'exploitation simultanée de plusieurs modules TDL2A voisins.

### Caractéristiques du TDL2A 433-9

- Fréquence par défaut : 433,925 MHz
- Modulation : 16 kb/s biphasé FSK
- Alimentation : 5 V, 28 mA (émission), 22 mA (réception)
- Puissance d'émission : +10 dBm (10 mW)
- Sensibilité : -107 dBm (pour 1 % de TEB)
- Sélectivité canaux adjacents : 65 dB à ± 320 kHz
- Blocage de récepteur : 84 dB
- Tampon de données : 32 octets

un ordinateur relié au module par le câble FTDI. La procédure est décrite à la page 6 de la fiche technique de Radiometrix [5]. Lextronic [6] (distributeur français de ces composants) nous a été d'un grand secours tant pour l'application du module OLED de 4D-Systems que pour celle du module radio de Radiometrix.

### Application

Les fonctions de VisiOLED vous ont été présentées en entrée. Le protocole de communication entre esclave et maître est très simple.

Lorsque l'esclave a lu une étiquette radio, il envoie le code d'identification (ID) au maître et commute son émetteur-récepteur en réception (mode *listen*).

Le maître reçoit l'identifiant collecté et le recherche dans sa liste d'ID. S'il le découvre, il affiche sur l'écran à OLED la photo enregistrée correspondant à cet ID et active son ronfleur (signal de sonnette de porte). Le maître envoie également un caractère ASCII (la lettre « A ») à l'esclave qui émet un signal sonore, avertissant ainsi le visiteur que son étiquette radio a été reconnue.

Si le maître du lieu appuie sur la touche S3 de sa carte ATM18, un autre caractère ASCII (la lettre « B ») est envoyé à l'esclave. À la réception de ce signe, le logiciel de l'esclave active son ronfleur et le relais d'ouvre-porte RE1 pendant 20 secondes. Il repasse ensuite en mode d'écoute (*listen*).

Et c'est tout. Le programme se limite, à dessein, à l'essentiel de façon à laisser de la place à des compléments plus personnels. Il ne serait pas bon qu'un malandrin disposant de connaissances techniques suffisantes l'apprenne puisqu'il pourrait avoir l'idée de monter un « maître » ouvre-porte à partir de cet article, s'il sait, bien sûr, où trouver des portes équipées d'un esclave docile. Il est facile d'y remédier en modifiant à peine le programme. Il suffit de choisir un code d'ouverture un peu plus compliqué que la lettre « B ». Pour protéger votre logis d'une attaque de radiopirates pendant votre absence, il vous suffit de mettre l'esclave hors tension.

Le fait que le portier ne reconnaisse que des étiquettes radio et non le visiteur lui-même

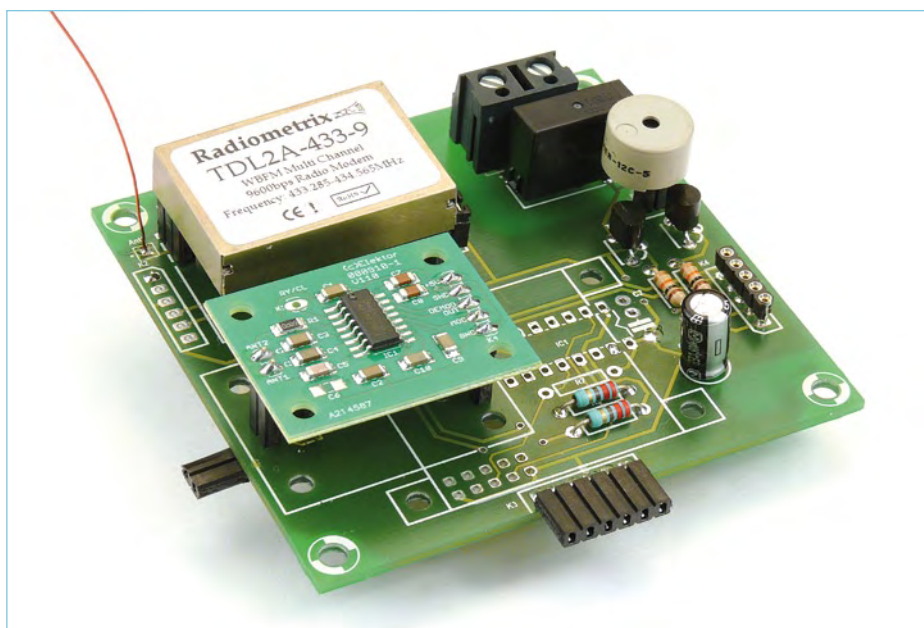


Figure 4. Platine d'émission-réception équipée des modules radio de RFID pour le poste extérieur.

ne protège pas non plus de l'utilisation abusive d'étiquettes volées ou clonées, mais il en va de même des fausses clés.

L'un des avantages de la liaison sans fil est qu'elle permet de mettre en service plusieurs maîtres pour un seul esclave. Ces différents maîtres vous permettront, à vous et aux autres occupants, d'ouvrir la porte d'entrée depuis les pièces où vous les placerez. (081141-1)

### Liens Internet :

- [1] [www.elektor.fr/080910](http://www.elektor.fr/080910)
- [2] [www.elektor.fr/081141](http://www.elektor.fr/081141)
- [3] [www.4dsystems.com.au/prod.php?id=78](http://www.4dsystems.com.au/prod.php?id=78)
- [4] [www.elektor.fr/080213](http://www.elektor.fr/080213)
- [5] [www.radiometrix.co.uk/dsheets/tdl2a.pdf](http://www.radiometrix.co.uk/dsheets/tdl2a.pdf)
- [6] [www.lextronic.fr](http://www.lextronic.fr)

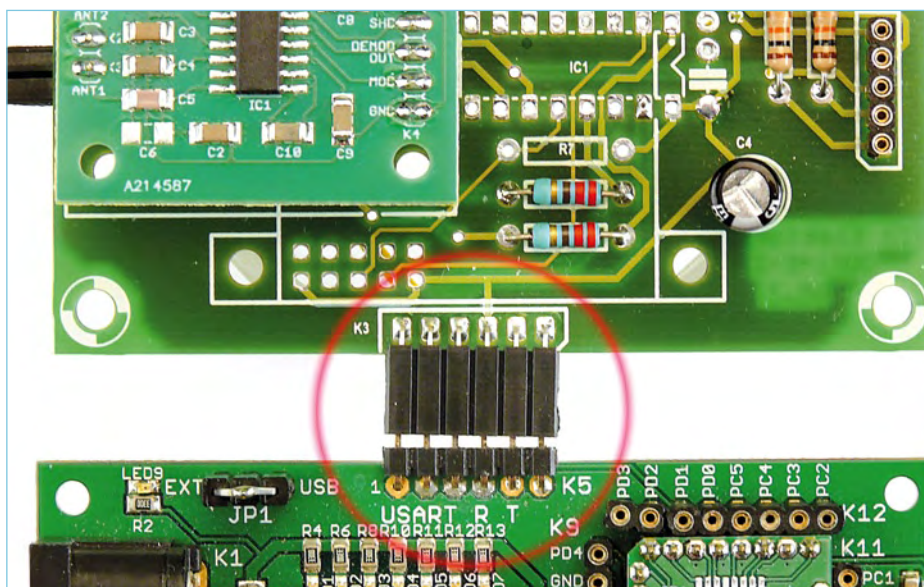
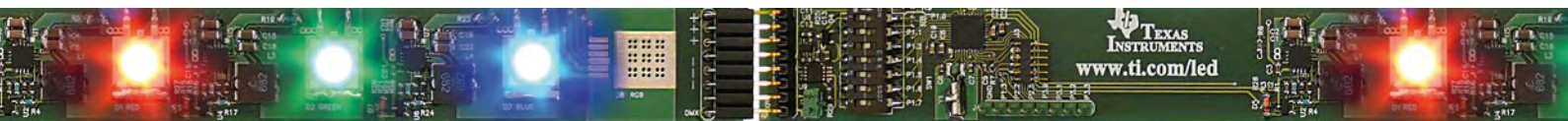


Figure 5. La platine d'émission-réception se fiche sur la carte ATM18 comme une extension.

# Mix de LED par DMX



## Récepteur à 3 canaux DMX512-A

Dirk Gehrke et Walter Nitzold (Allemagne)

Dans le domaine de l'éclairage de scène, le système DMX512-A a atteint la notoriété depuis belle lurette. Mais il a aussi étendu son champ d'activité dans la technique de l'éclairage architectural. La commande de lumière à LED par DMX512 présentée ici utilise un microcontrôleur MSP430 de TI qui gère la communication par bus DMX et la commande en MLI de trois pilotes de LED de puissance. On inscrit l'adresse DMX au moyen d'interrupteurs DIP.

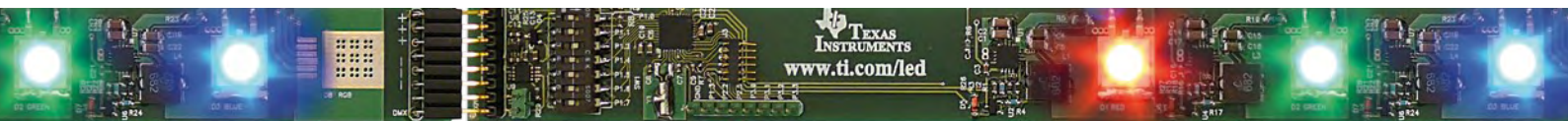
Le DMX512 (*Digital MultipleXing*), aussi connu sous les noms DMX ou DMX512/1990, est un protocole de commande numérique. Il décrit la transmission de données sérielles entre un contrôleur et des appareils d'éclairage ou des accessoires. Pour la couche physique, il est basé sur l'interface RS-485 bien connue dans l'industrie, qui assure une haute résistance aux parasites grâce au transfert de données sur ligne symétrique. Pour la liaison, on peut établir une communication depuis un contrôleur vers un ou plusieurs récepteurs distants, dans la pratique, de moins de 455 m, même si le maximum théorique se situe aux alentours du kilomètre. Le débit de données typique est de 250 kbit/s et se compose de paquets pouvant contenir jusqu'à 513 octets. La

vitesse de transmission et la grandeur des paquets conduisent à une récurrence de 44 Hz pour des paquets de 513 octets. La norme prévoit la possibilité de commander individuellement jusqu'à 512 canaux, chacun d'eux avec une résolution de 8 bits. On peut y raccorder au maximum 32 récepteurs en configuration sérielle (*daisy chain*). S'il faut réaliser une plus longue chaîne, on y intercale un répéteur. Toute configuration sérielle doit être bouclée sur une résistance de terminaison de 120  $\Omega$  pour atténuer les réflexions du signal. En ce qui concerne le câblage à employer, il y a aussi des exigences qui ne sont pas toujours respectées dans la pratique. Pour les connecteurs, on trouve des fiches et des prises XLR à 5 et à 3 contacts.

Contrairement à l'appareillage audio dans le monde du spectacle, en DMX, les émetteurs sont pourvus d'une prise (femelle) et les récepteurs d'une fiche (mâle).

### Des LED pour raser les murs

Un *wallwasher* est un faisceau lumineux qui éclaire un mur à partir du haut ou du bas. Dans le projet qui nous occupe, le rase muraille se compose d'une platine en forme de bande équipée de trois LED de puissance, de 350 mA, dont il est possible d'assembler plusieurs exemplaires les uns aux autres. On a réalisé pour la cause un récepteur DMX512-A à trois canaux qui exploite le signal DMX512-A sous l'identité fournie par une adresse déterminée à l'aide d'interrupteurs DIP. Il reçoit ensuite trois octets qui



codent le signal MLI (modulation de largeur d'impulsion) pour la commande d'étages de puissance à courant constant.

Le bloc-diagramme de la **figure 1** montre que le composant primordial est un MSP430 qui obtient un signal logique par l'intermédiaire d'une unité de réception RS-485. Nous avons déjà dit qu'il y avait une spécification à respecter concernant les fiches XLR à 5 broches, alors qu'on utilise couramment des fiches XLR à 3 broches. C'est pourquoi, sur le schéma de la platine d'adaptation (**figure 2**) pour le raccordement du câble DMX, il y a aussi des fiches et des prises XLR à 3 contacts.

L'alimentation est fournie par un bloc secteur ordinaire capable de donner 1 A de courant continu sous 12 V ; il sera raccordé à J1 de la platine d'adaptation. Sur la platine, dont vous voyez le schéma à la **figure 3**, les trois sources de courant constant sont branchées directement sur cette tension. La puce U9 qui travaille sous RS-485 est alimentée en 5 V par le régulateur linéaire U8 (TPS71550). Ce sont la résistance en série R25 et la diode Zener D4 qui ramènent le 5 V à 3,3 V au profit du MSP430F2274.

**Tableau 1.**  
**Liaison JTAG vers carte DMX**

MSP430 brochage prise JTAG	Carte DMX512-A brochage prise (J3)
NC	1
9	2
1	3
7	4
4	5
NC	6

NC = Non Connecté

### Branchement du MSP430

La tension de 3,3 V est reliée à des condensateurs de filtrage entre AVcc et masse ainsi qu'entre DVcc et la masse. Une résistance de rappel au niveau haut à la broche de mise à zéro assure, en relation avec la ligne de mise à zéro de l'adaptateur de programmation, un démarrage contrôlé en service de programmation et en fonctionnement indépendant. Des ports supplémentaires pour des évolutions éventuelles de l'application sont mis à disposition sur les broches des embases J3 et J4. L'utilisateur a de

cette façon la possibilité d'utiliser un autre module de communication (UC1), trois entrées de convertisseur analogique/numérique (A0, A1 et A2) ou bien au choix, huit lignes de port en parallèle.

Vu la forme étroite de la platine, la programmation s'effectue avec *Spy-Bi-Wire* comme interface. Cette liaison ne réclame que peu de conducteurs, mais elle est malgré tout capable de programmer complètement et de déboguer. Cela permet de préserver l'étroitesse du profil d'aluminium et d'épargner l'achat d'une fiche JTAG à 14 broches. Mais pour pouvoir programmer la carte, il faut alors réaliser un adaptateur qui permet de passer d'un connecteur JTAG à 14 contacts à une prise Mill-Max à 6 contacts. C'est ce que vous explicite le **tableau 1** avec la disposition des raccordements.

Pour pouvoir attribuer à chaque carte de récepteur une adresse dans la trame DMX, il faut une possibilité de l'introduire. C'est ce qui est réalisé sur la carte par l'utilisation d'interrupteurs au format DIP pour définir le code binaire de chaque poste. Le signal de validation (*Enable*) sur P4 permet d'allumer et d'éteindre les sources de courant constant U1, U5 et U7. On utilise un module (UC0) du MSP430 pour recevoir le

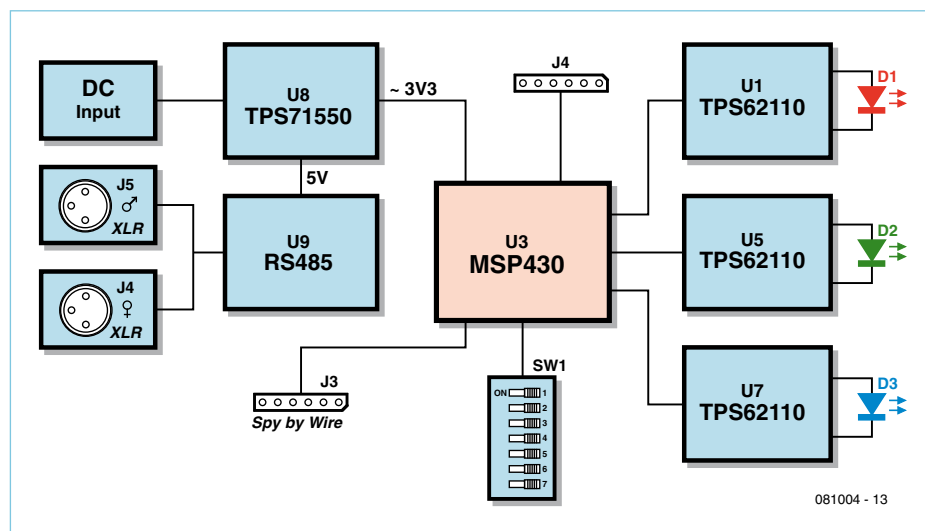


Figure 1. Le bloc-diagramme du DMX512 en version à trois canaux.

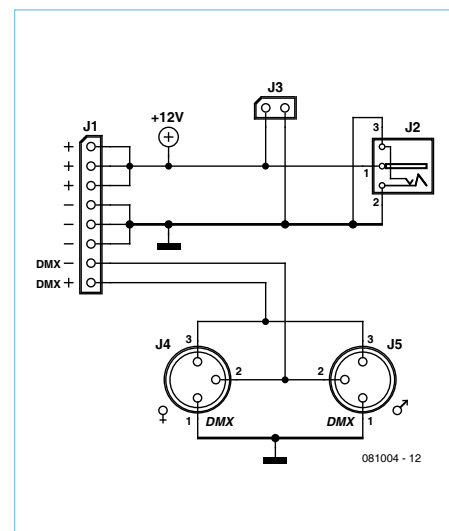


Figure 2. Le circuit de la platine d'adaptation pour le raccordement au DMX et à l'alimentation secteur.

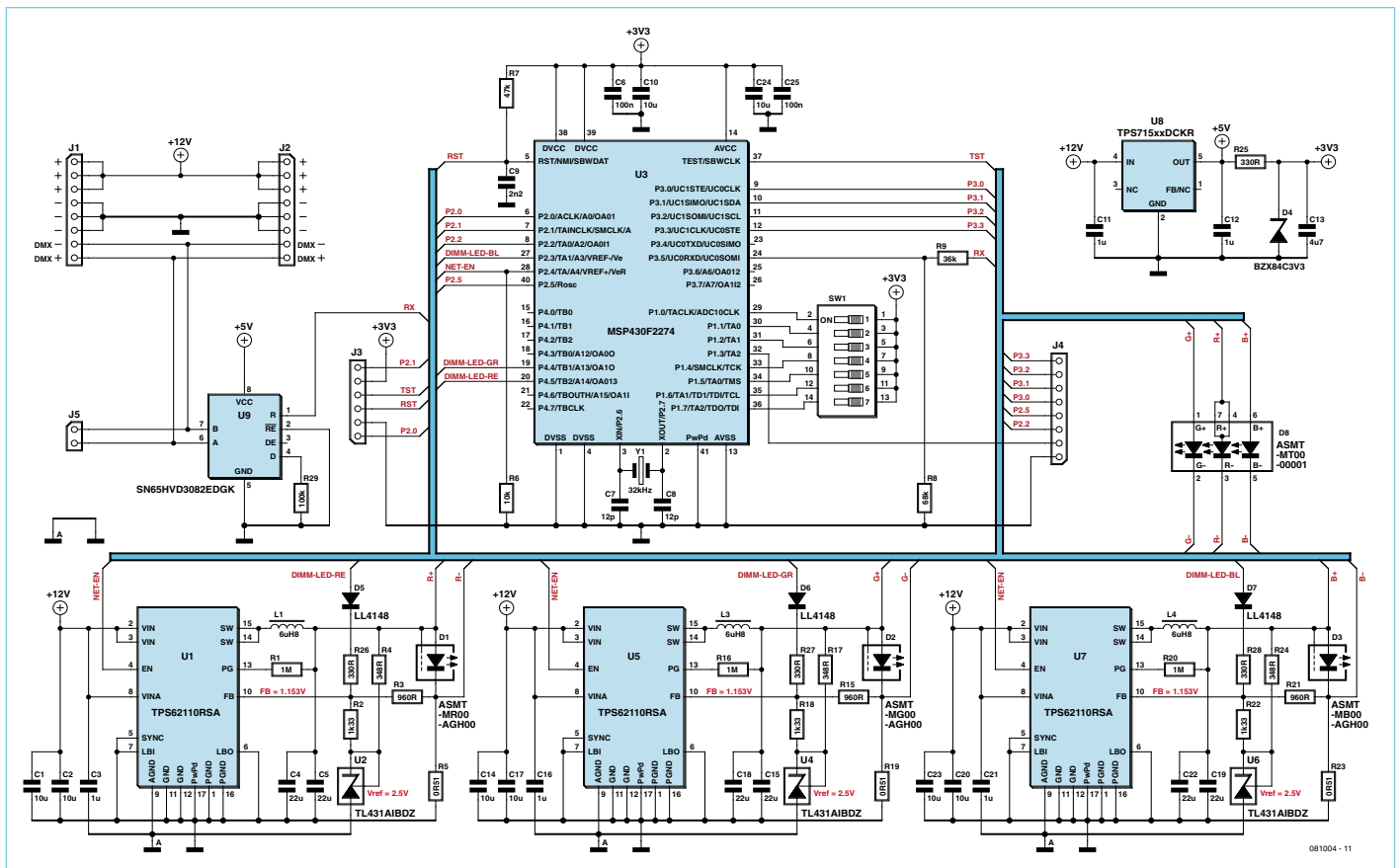


Figure 3. Le plan du circuit complet pour le récepteur DMX512-A à trois canaux.

signal DMX. Comme le bus de signal DMX est basé sur la norme RS485 et que l'USCI (*Universal Serial Communication Interface*) ne peut traiter que des signaux RS232, il faut passer par une conversion du signal. On a donc mis en service U9, le convertisseur de niveau SN65HVD3082EDGK.

Pour la commande des sources à courant constant U1, U5 et U7 au moyen de MLI variable, nous avons utilisé les modules de temporisation A et B du MSP430F2274. Le logiciel permet de générer jusqu'à trois signaux MLI avec seulement deux temporisateurs (voyez « Lumière d'ambiance par DEL RGB » dans l'Elektor de février 2008).

### Sources à courant constant

Pour réaliser les trois sources à courant constant, on fait appel à un convertisseur abaisseur de tension synchrone qui dispose en plus de commutateurs de puissance intégrés, c'est le TPS62110. La figure 4 montre la partie du schéma autour de U1. Précisément en raison de la haute fréquence de commutation de 1 MHz, les valeurs des composants externes, tels que la bobine L1, qui fait 6,8 µH, et le condensateur de sortie (montage en parallèle de C4/C5, chacun de

22 µF), sont proportionnellement réduites. Les composants de puissance soutiennent un courant de pointe de commutation de 2,4 A, si bien qu'on peut appliquer aux LED un courant constant en service qui atteint 1,5 A. Dans le présent circuit, le débit n'atteint cependant que 350 mA. Ce paramètre est tenable sur toute la plage de tension d'entrée qui va de 5 à 17 V.

Le convertisseur abaisseur U1 n'est pas configuré comme régulateur de tension, mais bien comme source de courant constant. En lieu et place d'un diviseur de tension, on trouve donc une résistance de mesure sur laquelle la chute de tension qui se manifeste est proportionnelle au courant qui la traverse. Comme le convertisseur à découpage doit avoir comme tension de référence à l'entrée de l'amplificateur d'erreur une valeur de 1,153 V pour le réglage, il y aurait une grosse perte d'énergie dans la résistance de mesure R5, du fait que, pour un courant constant de 350 mA, elle devrait avoir une valeur de 3,3 Ω, alors que pour un courant de 1,5 A, ce serait 0,8 Ω. Du coup, la perte en puissance se chiffre à 0,4 W et 1,7 W respectivement. Pour la réduire, nous

allons utiliser une petite astuce : ajouter une tension de référence externe pour créer une tension auxiliaire qui s'ajoute à la chute sur R5. Le circuit de la figure 2 montre qu'il a été possible ainsi de ramener la valeur de R5 à 0,51 Ω, ce qui donne, avec un courant de 350 mA, une chute de tension de 179 mV et une dissipation de puissance de seulement 63 mW dans R5. Pour un courant plus fort, on peut encore diminuer R5.

L'inconvénient de cette solution se manifeste par une réduction de la précision de réglage. Lors d'un changement de la charge, on aperçoit un décalage dans la valeur du courant demandé. Quand R5 vaut 0,51 Ω, on atteint une précision de 10 % pour 500 mA, 5 % pour 1 A et 2 % pour 2 A. L'adaptation des valeurs pour différents courants vous est donnée dans l'encadré.

Comme le TPS62110 peut soutenir des tensions jusqu'à 17 V, il est capable d'attaquer aussi des LED en série. Il faut seulement faire attention à ce que la tension de passage  $V_F$  des LED cumulée à la chute sur R5 reste plus basse que celle appliquée à l'entrée du convertisseur à découpage. En outre, C4 et C5 devront pouvoir supporter une tension correspondante.



Le circuit de source de courant est à construire en trois exemplaires identiques pour commander une LED de puissance rouge, une verte et une bleue.

### Le logiciel

Le déroulement du programme est agencé en deux sections. On commence par initialiser le module MSP430 pour pouvoir recevoir et traiter le protocole DMX.

L'initialisation du module consiste à préparer les temporisateurs A et B pour générer les signaux MLI, le port parallèle 1 pour la gestion des adresses des données dans la trame DMX et enfin UC0, le module USCI, pour la réception des données DMX. En plus, il faut aller chercher dans la mémoire Info du MSP430 les données d'étalonnage pour régler le module d'horloge sur la fréquence système de 8 MHz.

Les temporisateurs sont utilisés en mode permanent (*Continuous*), scandés directement par l'horloge principale. Pour générer la MLI, on utilise ici la section de sortie du temporisateur, elle est capable de produire la MLI sans intervention du processeur jusque dans le mode 3 d'économie (*Low-Power*).

Une initialisation des ports à utiliser est aussi nécessaire pour faire fonctionner l'interface avec la périphérie. On sélectionne pour cela le temporisateur et les ports de *Peripheral-Module-Function*. Pour fournir l'adresse, on branche les interrupteurs DIP au port 1. Il faut donc l'initialiser comme entrée et le mettre en fonction de port parallèle. Il y a ici une particularité : il n'est pas nécessaire de le doter de résistances de polarisation haute ou basse, le MSP430 en dispose déjà en interne dans l'étage d'entrée des ports. Pour réduire la consommation d'énergie, toutes les lignes de port non utilisées sont configurées en sortie. En les plaçant ainsi sous potentiel fixe, on évite les courants parasites dans les structures d'entrée des CMOS.

Le codage des interrupteurs DIP s'effectue en binaire. On convertit donc le numéro de l'adresse désirée en nombre binaire correspondant, une opération facile sur toute calculette en mode scientifique. Mais il y a aussi un petit bogue à corriger : lors du

développement, par méprise, la broche P1.3/TA2 n'a pas été renvoyée à un interrupteur DIP, mais à la broche J4 d'une embase, ce qui occasionne un décalage dans l'adressage DMX. On corrige cette erreur au moyen de la formule suivante : l'adresse résultante dans la trame DMX = interrupteur DIP + 8 \* (interrupteur DIP DIV 8) dans laquelle DIV est la partie entière de la division.

Si l'on programme une adresse par interrup-

teurs DIP, la formule permet de trouver quel segment (*slot*) dans la trame DMX est visé. Pour faciliter les premiers pas, il y a dans le téléchargement du logiciel pour ce projet un tableau qui reprend les réglages des interrupteurs. Vous y trouverez aussi un exemple de nombre binaire à copier sur les interrupteurs DIP. Si vous préférez corriger l'erreur en incorporant SW1 lors de la fabrication, vous pourrez évidemment vous passer de la formule pour le saut d'adresse.

## Calcul des composants de la source de courant

Après avoir déterminé le courant souhaité pour le circuit de la figure 2, par exemple 350 mA, et une valeur adéquate pour R5, on peut commencer à calculer les réseaux (avec R2 et R3), pour lesquels il faut accepter un compromis entre la précision et la dissipation d'énergie dans R5. Augmenter la précision entraîne une plus grande chute de tension sur R5, donc une perte de puissance plus élevée. Dans le calcul qui suit, le courant dans le diviseur de tension est fixé à 1 mA.

$$V_{mesure} = I_{LED} \times R5 = 350 \text{ mA} \times 510 \text{ m}\Omega = 179 \text{ mV}$$

$$V_{R3} = V_{FB} - V_{Sense} = 1,153 \text{ V} - 0,179 \text{ V} = 0,974 \text{ V}$$

$$R3 = \frac{V_{R3}}{1 \text{ mA}} = \frac{974 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 974 \Omega \rightarrow \text{valeur choisie : } 887 \Omega$$

$$V_{R2} = V_{REF} - V_{FB} = 2,5 \text{ V} - 1,153 \text{ V} = 1,347 \text{ V}$$

$$R2 = \frac{V_{R2}}{1 \text{ mA}} = \frac{1,347 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 1,347 \text{ k}\Omega \rightarrow \text{arrondi à } 1,33 \text{ k}\Omega$$

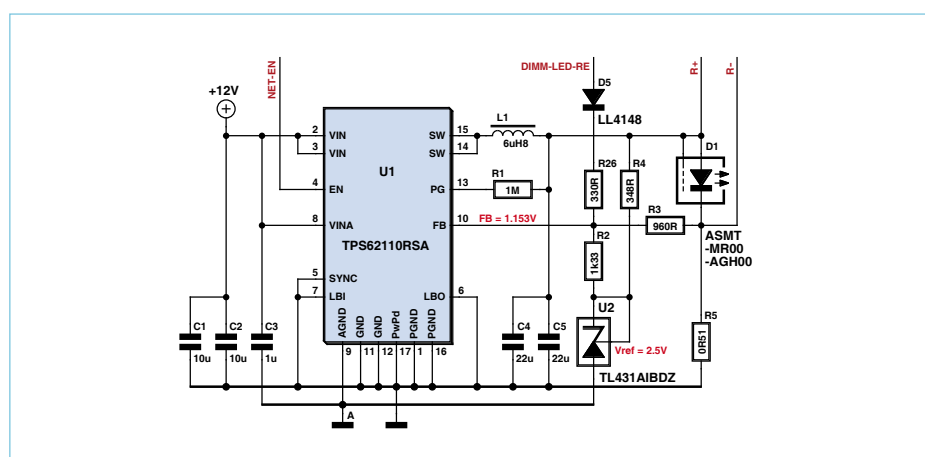


Figure 4. La source de courant constant réalisée avec le TPS62110.

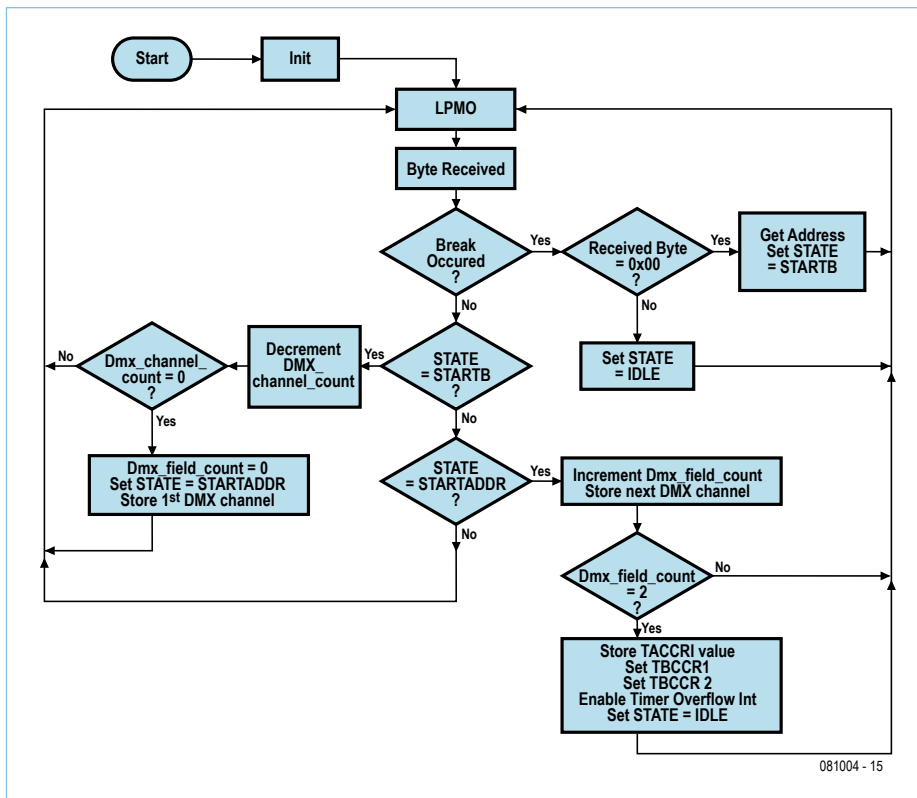


Figure 5. L'ordinogramme de l'automate fini.

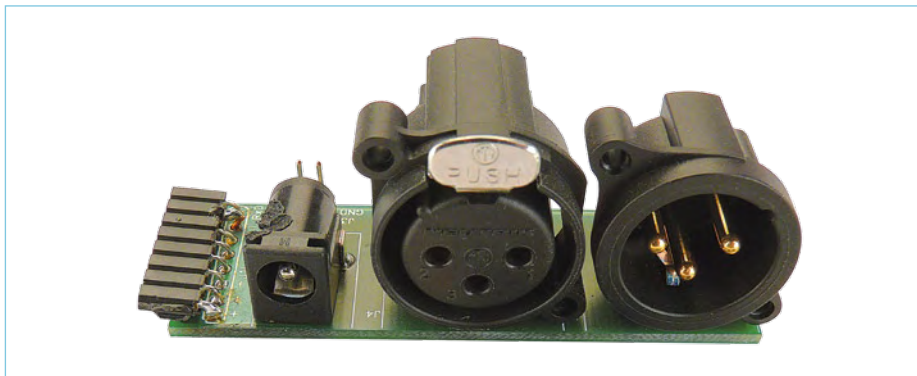
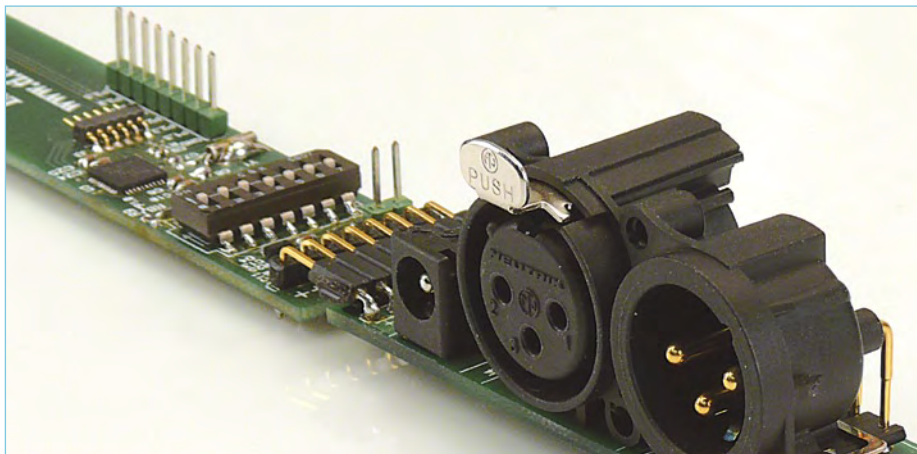


Figure 6. La platine d'adaptation avec les connecteurs XLR et la prise pour bloc secteur.



Pour la réception des signaux DMX, il faut que le module USCI soit bien configuré. Le plus important est de choisir le bon débit binaire. La norme DMX prévoit une vitesse de 250 kb/s. Avec une horloge système à 8 MHz, le calcul est facile :  $m = 8\,000/250 = 32$ . Comme le quotient est entier, nul besoin d'utiliser une modulation. Pour synchroniser le MSP430 sur la trame DMX, le protocole surveille l'arrivée d'un « Mark After Break (MAB) », c'est-à-dire un UN logique (Mark) après une pause (Break=0) anormale. Mais pour y arriver, il faut activer dans le module USCI la réception des symboles entachés d'une telle erreur.

Quand toutes les initialisations ont été effectuées, on lance le temporisateur et on fait passer le MSP430 en mode LPM0. Il n'en sortira qu'à la suite de l'arrivée d'un nouveau symbole. À présent, le MSP430 doit se synchroniser avec le début des trames DMX. Il se sert pour cela du fait qu'à la fin d'une trame, une erreur de « Break » survient, parce que l'émetteur envoie un « Space for Break », une pause qui doit, selon la norme, durer au moins 88 µs. Cette erreur, le module USCI la dénonce dès l'arrivée du symbole suivant que le logiciel peut alors interpréter comme le début d'une trame. À chaque arrivée d'un symbole, l'état de l'USCI et le registre de données sont sauvegardés sous forme de variables, pour leur exploitation dans l'automate fini ou pour une utilisation ultérieure.

Suit alors la vérification de la première valeur dans le segment 0 (slot0), ce que l'on appelle le Startcode. S'il est égal à zéro, c'est l'indicatif qui annonce que les données qui vont suivre sont destinées à un gradateur. L'adresse, inscrite sur les interrupteurs DIP, des données dans la trame DMX est lue et l'état suivant initialisé. On compte alors les segments reçus et on les aligne sur les adresses obtenues. Quand on arrive au premier canal de gradateur, la valeur lue et celles des deux canaux suivants sont mémorisées dans un tableau. Dès que toutes les valeurs y ont été entrées, on peut actualiser le Timer Register, le registre du temporisateur. Lors de cette opération, il faut veiller à ce que la remise à l'heure du registre se produise toujours au moment du dépassement

## À propos des auteurs

**Dirk Gehrke** est né à Münster (Westphalie), il a étudié la technique des télécommunications à la Fach Hochschule de Dortmund où il a obtenu le grade de Diplom-Ingenieur (FH). Il a commencé sa carrière en 1998 chez Texas Instruments et comme Field Application Engineer, il a travaillé en Angleterre, puis aux États-Unis pour enfin revenir en Allemagne, à Freising. Depuis 2006, il y est Business Development Manager responsable des produits analogiques pour l'Europe, le Moyen-Orient et l'Afrique. Contact : [www.ti.com/europe/csc](http://www.ti.com/europe/csc)

**Walter Nitzold** étudie depuis 2005 l'électrotechnique avec une spécialisation en technique des télécommunications à la Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur (FH) de Leipzig (Saxe). Au cours de ses études, il a accompli un stage chez Texas Instruments à Freising dans la division Fields Application Engineer pour le MSP430. Ensuite, il est passé au FTZ (Centre de recherche et de transfert) de Leipzig pour une spécialisation dans le logiciel pour MSP430. Depuis avril 2009, il travaille à son mémoire de fin d'études dans le domaine des communications mobiles. Il a en outre obtenu une bourse d'études de la Fondation Karl Kolle.

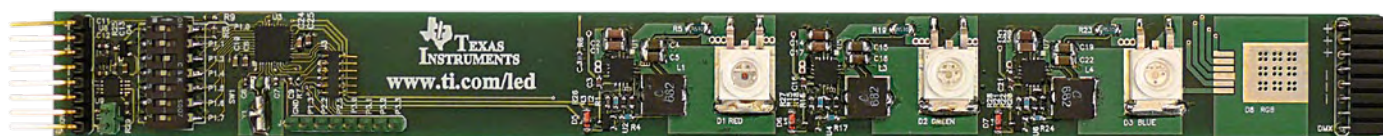


Figure 7. La platine du récepteur DMX.

de capacité (*overflow*) du temporisateur, parce qu'une écriture asynchrone dans ce registre peut conduire à un clignotement des LED. Dans le cas du temporisateur B, cette mise à l'heure synchrone est une fonction du module et déjà prévue lors de l'initialisation. Pour le temporisateur A, en revanche, il faut appeler en renfort la routine de service d'interruption (ISR) pour cause de débordement du temporisateur. Pour cela, on mémorise temporairement la dernière valeur pour le canal MLI du temporisateur A dans une variable et on lève le drapeau *Interrupt Enable* pour le débordement. Quand survient une interruption, on peut aisément procéder, dans l'ISR elle-même, à une actualisation du *Timer Register* synchronisée sur le dépassement.

Les valeurs proprement dites, qui sont inscrites dans le registre TxCCRx lors du dépassement, ne correspondent pas du tout à celles issues de la trame DMX. On utilise ici trois tableaux de 256 entrées disposés dans la mémoire de programme du MSP430. Les valeurs enregistrées sont des nombres entiers (*integer*) entre 0 et 65 535. Les valeurs en provenance de la trame DMX ne servent ici que d'adresses pour les tableaux, tandis que les valeurs qui résident à ces adresses seront, elles, copiées dans le *Timer Register*. Cette méthode permet d'enregis-

trer dans les tableaux des échelonnements de luminosité spécifiques à chaque LED et donc de produire une variation linéaire de l'intensité lumineuse par compensation de la caractéristique de la LED.

Lorsque tous les registres des temporisateurs ont été actualisés, l'automate fini du récepteur DMX retourne dans l'état d'attente initial jusqu'au lancement d'une nouvelle trame DMX. La structure complète de l'automate fini est représentée à la **figure 5**.

### Platines et téléchargements

La **figure 6** montre la platine d'adaptation pour le raccordement au DMX et au bloc secteur (selon le schéma de la figure 2). La platine allongée avec le récepteur à trois canaux DMX est visible à la **figure 7** (schéma de la figure 3). D1, D2 et D3 représentent des LED isolées (une rouge, une verte, une bleue) à installer, mais on peut aussi les remplacer par une seule LED RVB à insérer comme D8 (au lieu de D1, D2 et D3). La platine d'adaptation est attachée par le côté à la platine DMX-LED. L'autre côté sert à connecter une autre carte DMX, à laquelle on pourra en brancher une autre et ainsi de suite.

Sur la page Internet consacrée à cet arti-

cle ([www.elektor.fr/081004](http://www.elektor.fr/081004)) se trouve un fichier archivé (zip) à télécharger dans lequel vous trouverez, à côté d'un fichier Excel contenant la liste des composants, le tableau pour la détermination des adresses, le code C du micrologiciel, les fichiers Gerber ainsi que les plans de câblage et les données des platines pour le tracé des pistes, tant au format PCAD que PDF.

### Perspectives

Il y a une foule d'idées de développements possibles. C'est ainsi que l'on peut mettre en cascade deux canaux DMX512A à 8 bits pour former, à l'aide du MSP430, un signal MLI codé sur 16 bits pour un réglage plus précis de la luminosité. On peut aussi commander par un CI de la famille DRV88xx des moteurs pas à pas. Il est également envisageable de travailler sans fil, avec une liaison fondée sur une carte RF2500T, il y a déjà un connecteur (J4 sur la carte DMX) prévu. On peut ainsi allonger la portée sans nécessiter de câblage, voire commander à distance un récepteur sur batterie. Tout aussi concevable, l'extension du domaine d'adresses sur les 512 canaux, l'affichage de l'adresse sur écran LCD ou le changement d'adresse à l'aide de deux poussoirs ou d'un codeur incrémental.

(081004-I)

## Liens Internet

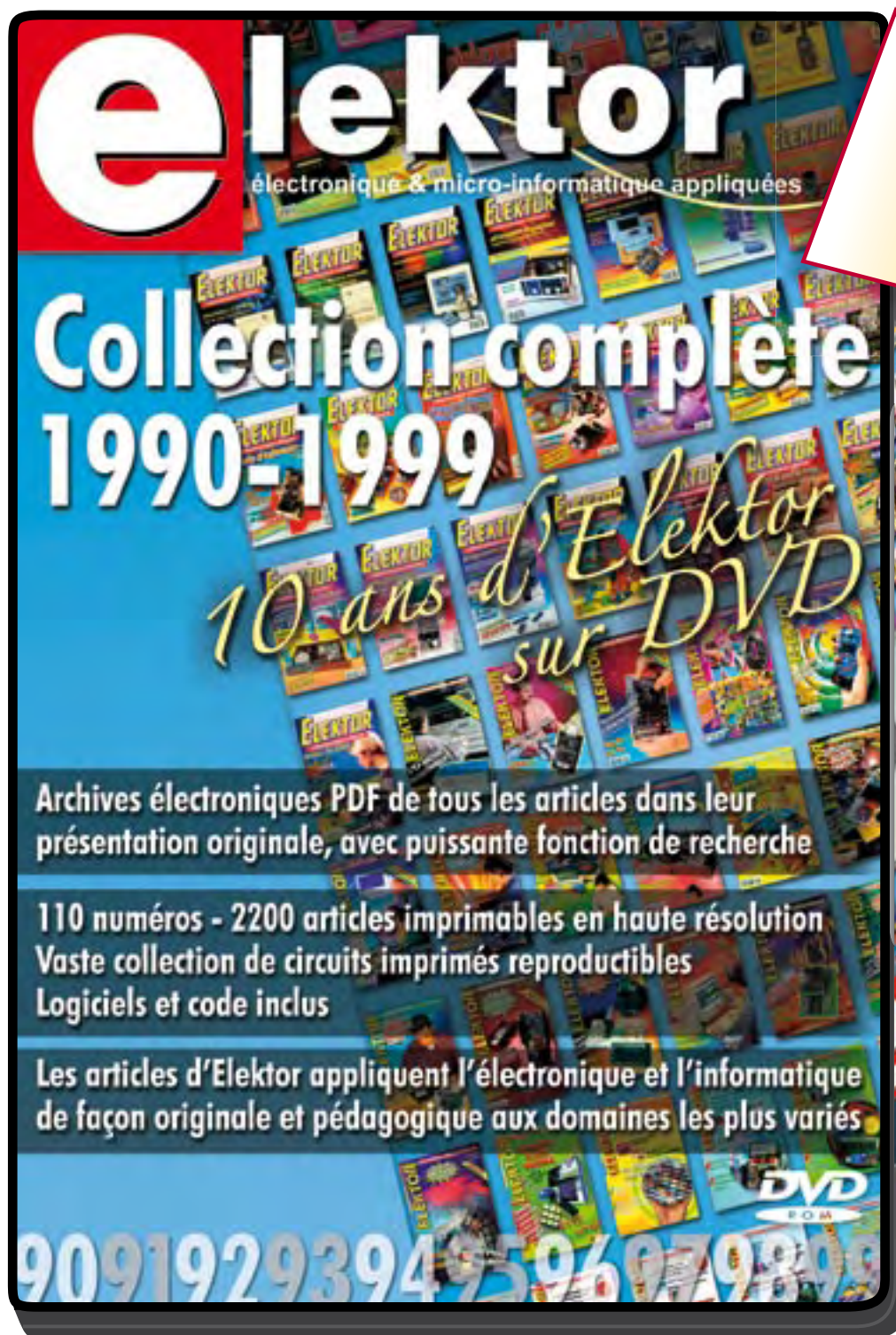
[www.OpenDMX.net](http://www.OpenDMX.net) (DMX-Open-Source-Project)

[focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2274.pdf](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/msp430f2274.pdf) (Caractéristiques MSP430F2274)

[focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd3082e.pdf](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/sn65hvd3082e.pdf) (Caractéristiques SN65HVD3082E)

[focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl431a.pdf](http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/tl431a.pdf) (Caractéristiques TL431A)

[focus.ti.com/lit/ug/slvu254/slvu254.pdf](http://focus.ti.com/lit/ug/slvu254/slvu254.pdf) (User's Guide TPS62110EVM-346)



**NOUVEAU**

Archives électroniques PDF de tous les articles dans leur présentation originale, avec puissante fonction de recherche

110 numéros - 2200 articles imprimables en haute résolution  
Vaste collection de circuits imprimés reproductibles  
Logiciels et code inclus

Les articles d'Elektor appliquent l'électronique et l'informatique de façon originale et pédagogique aux domaines les plus variés

**BONUS :**

Vous trouverez sur ce DVD-ROM la série complète des CD-ROM *Elektor Datasheet Collection* (vol. 1 à 5) ; il s'agit de fiches techniques originales et complètes de semi-conducteurs, mémoires, microcontrôleurs, etc.

**ISBN 978-2-86661-173-6**

**Prix : 89,00 €**

Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999. Elektor propose à ses lecteurs des montages électronique 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. Les principaux domaines d'application sont :  
alimentation • audio, vidéo & HiFi • auto, moto & vélo • domestique • expérimentation • hautes-fréquences • informations générales • loisirs • mesure • microcontrôleurs & PC • photographie

Les 2 200 articles d'Elektor réunis sur ce DVD-ROM sont présentés par ordre de parution (mois/année). Ils sont également classés par ordre alphabétique et par rubriques. Un index général permet d'effectuer des recherches dans tous les fichiers PDF du DVD-ROM même quand ils ne sont pas ouverts (31 000 liens hypertexte).

Pour commander en ligne :

**[www.elektor.fr/dvd90-99](http://www.elektor.fr/dvd90-99)**

# Bruits de labo



## Un amour de coccinelle

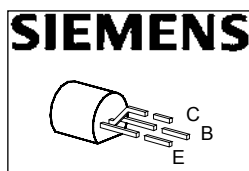
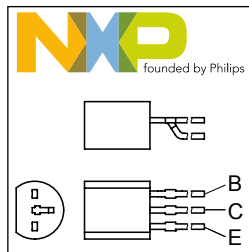
Ayant trouvé cette photo au labo, notre rédacteur, si sensible, s'est mis en tête que le labo d'Elektor se livrait à l'expérimentation sur les animaux. Que penser en effet à la vue de cette jolie coccinelle émergeant du chargeur solaire portable présenté dans notre livraison de janvier ([www.elektor.fr/090190](http://www.elektor.fr/090190)) ? Coccinelle et écologie font bon ménage, c'est bien connu. La charmante bestiole venait-elle de délivrer un certificat écologique pour cette source

d'électricité zéro pollution et zéro émission ? Quoi qu'il en soit, n'allez pas croire qu'un robot hexapode sera fourni en cadeau pour chaque commande en e-shoppe !

dans le cas du BD139 et autres grands frères en boîtier TO-126 ou TO-220. Vu de face, le brochage est un classique ECB. Confirmation est obtenue via les feuilles de caractéristiques du BC639 éditées par Fairchild et NXP. Rien d'anormal à ce stade. Or, malheur à celui qui croiserait la feuille de caractéristiques éditée par Siemens, qui permute l'émetteur et la base. Une erreur tellement hénorme que nous nous demandons encore si Siemens n'aurait pas produit ses propres BC639. Travaillant sur un nouveau projet et ayant perdu un temps considérable à cause de cette dif-

## L'enfer de la 3D

C'est bien ce que nous avons vécu au labo d'Elektor. Quoi de plus anodin qu'un transistor BC639 en boîtier TO-92 ? S'agissant d'un minitransistor de puissance bipolaire ( $I_c$  max 1000 mA), le collecteur est en position centrale comme



férence de brochage au niveau de la feuille de caractéristique, nous n'avons pas pris le temps de vérifier si les BC639 de Siemens étaient vraiment différents. Quoi qu'il en soit, erreur de dessin ou pas, voilà qui peut être extrêmement dommageable pour le circuit et pour le malheureux qui aura perdu des heures ou des journées à déterminer la cause d'une panne. Maigre consolation : ce genre de mésaventure est à rapprocher d'autres, par exemple [www.matuschek.net/restauration-td125mkii](http://www.matuschek.net/restauration-td125mkii) (le coup du fusible).

## Nouvel arrivage

On ne compte plus les kits d'évaluation de microcontrôleurs qui prennent la forme d'une clef USB. Nous connaissons déjà la clef USB basée sur le  $\mu$ C MSP430 de Texas Instruments ([focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/ez430-chronos.html](http://focus.ti.com/docs/toolsw/folders/print/ez430-chronos.html)). Voilà que Texas Instruments remet le couvert

avec un nouveau kit MSP430 doté d'un module LCD déporté qui prend la forme d'une jolie montre-bracelet.

La clef USB joue le rôle de programmeur pour la minuscule platine  $\mu$ C qui prend place ensuite dans le LCD montre-bracelet. Le  $\mu$ C est un MSP430 CC430F6137.

Fait remarquable, il embarque un module RF capable d'envoyer et de recevoir des données. La montre-bracelet peut ainsi devenir le centre nerveux d'un réseau de capteurs sans fil. Elle peut centraliser les données, afficher les données, stocker les données et réémettre vers un terminal.

Pas besoin de vous faire un dessin : le labo d'Elektor va bientôt vous présenter tout cela.



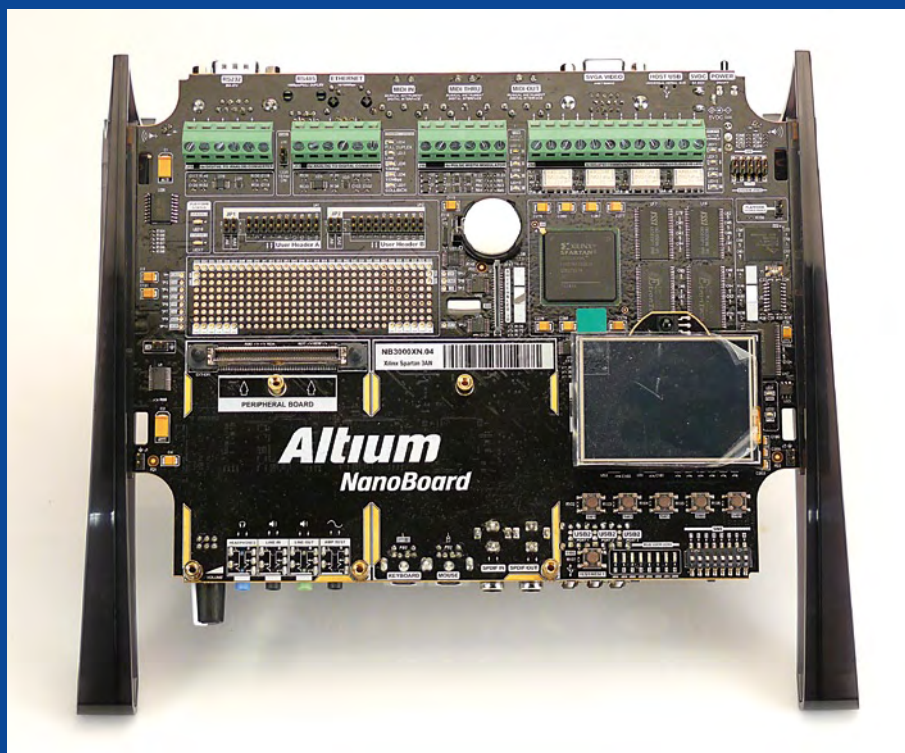
Vous ne l'ignorez pas, bien que surchargé en permanence le labo d'Elektor prend toujours plaisir à lire vos suggestions, questions ou autres demandes. Mais savez-vous que si vous avez vécu des dépannages acrobatiques ou des situations cocasses en relation avec l'électronique ou l'informatique, le labo d'Elektor prend le même plaisir à vous lire, pour publication éventuelle dans ces colonnes ? [laboratoire@elektor.fr](mailto:laboratoire@elektor.fr)

# Tour d'horizon de la NanoBoard 3000 d'Altium

Jens Nickel (Elektor Allemagne)

Le constructeur et éditeur de logiciels australien Altium a non seulement fortement baissé le prix de sa solution de conception électronique « Altium Designer » ces derniers mois, mais a complété sa famille des « Nanoboards » (cartes de développement avec FPGA) par une offre relativement avantageuse. En achetant une NanoBoard 3000 pour environ 300 € [1], vous bénéficiez pendant 12 mois d'une licence « Altium Designer » ainsi que d'un bloc IP (Intellectual Property) libre de droits (un processeur

dans son application mobile préférée. Un FPGA Spartan 3AN de Xilinx (fixe) sert l'intelligence de l'ensemble. Le concepteur qui souhaite développer et tester une électronique embarquée complète, ceci incluant processeur, contrôleur de mémoire et périphérique, n'a plus besoin d'ajouter ce genre d'éléments sur une carte imprimée. Ces éléments sont au contraire implémentés dans le FPGA sous forme de composants « Soft Design » (Conception Logicielle), et permettent au développeur de travailler sans connaissances préalables du VHDL ou de Verilog. La programmation se fait sous forme graphique en reliant les uns aux autres des blocs de fonctions pré-programmés.



L'arrière-pensée du constructeur est claire : celui qui réalisera avec ce logiciel un premier prototype sur la NanoBoard 3000 pourrait bien passer à la licence « Custom Board Implementation », qui permet de concevoir des cartes imprimées et permet aussi la liaison à un programme de CAO mécanique. Cette approche globale peut réduire la durée allant du développement à la fabrication en série, mais au prix d'un temps de formation important pour la maîtrise de l'imposante suite de CAO électronique.

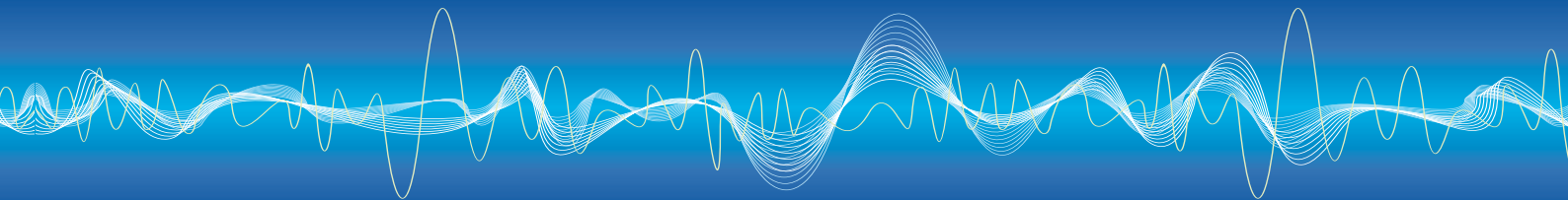
Le didacticiel Pas-à-Pas du site Web de la NanoBoard 3000 a été notre premier contact avec le logiciel (sur la page [2] cliquez sur « Formation Pas-à-Pas » dans la zone « Espace Formation »). Des vidéos courtes et claires illustrent chacune un exemple d'application, donnent un aperçu rapide et direct du concept à l'œuvre, et montrent combien le logiciel est performant. Sur le site d'Altium [3], et en

particulier sous les liens « Communauté » et « Formation », vous trouverez une mine d'informations supplémentaires sur Altium Designer, comme d'autres vidéos de formation, des manuels, un wiki et un forum d'utilisateurs.

Et quelle surprise au déballage de la carte ! Tout ce que l'électronicien désire tient sur une platine d'un noir racé : écran LCD-TFT (avec fonctionnalités tactiles), codec audio, mémoires SDRAM, SRAM et Flash abondantes, deux lecteurs de cartes SD, huit LED (RGB !), quatre circuits de commande MLI, des convertisseurs ADC et DAC à 4 canaux, quatre relais, une horloge temps réel, et bien plus. Parmi les interfaces de communication nous trouvons bien sûr USB et RS-232, mais aussi Ethernet ainsi que divers ports audio et vidéo (S/PDIF, MIDI, VGA...). Cette richesse de périphériques couvre probablement la plupart de ce qu'un concepteur en électronique d'aujourd'hui pourrait intégrer

particulier sous les liens « Communauté » et « Formation », vous trouverez une mine d'informations supplémentaires sur Altium Designer, comme d'autres vidéos de formation, des manuels, un wiki et un forum d'utilisateurs.

L'installation du programme n'est pas difficile, et après ouverture d'un compte sur le site d'Altium il est possible, comme nous l'avons dit, d'utiliser la suite (en combinaison avec la carte) pendant 12 mois. Vous pouvez ensuite vous rendre sur le site Web du fabricant de FPGA Xilinx et télécharger sa suite logicielle (gratuite après enregistrement). Les outils de cette suite s'intègrent de façon transparente à Altium Designer et sont responsables en coulisses du placement et du routage du FPGA. Nous ne ferons que mentionner l'organisation professionnelle et la convivialité de l'interface de développement. Les exemples



de projets - ils sont nombreux et organisés par domaine, tels que l'analogique, l'audio, l'affichage, le réseau - se chargent d'un seul clic dans la fenêtre d'aperçu du Projet. Vous pouvez y sélectionner des vues différentes. La vue Schémas montre ainsi la liaison d'un périphérique (disons l'écran) avec les « composants » du FPGA. Un autre clic va compiler le projet, et le chargement (l'upload), qui se fait par USB, est également simple.

Pour nous faire une meilleure idée du programme, nous avons entièrement repris le premier exemple des didacticiels vidéo. L'objectif est de contrôler les LED de la carte en leur affectant les couleurs et les luminosités de son choix. Il faut d'abord configurer correctement un contrôleur de LED et un instrument doté d'un curseur de réglage et d'un afficheur à sept segments, puis les connecter ensemble. Ces actions sont faites dans la vue Schémas du programme de façon purement virtuelle : rien à brancher sur la carte, aucun cavalier à positionner, et encore moins à souder.

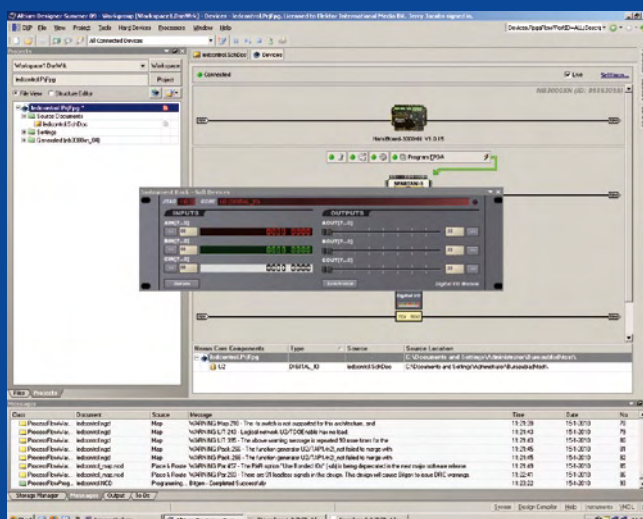
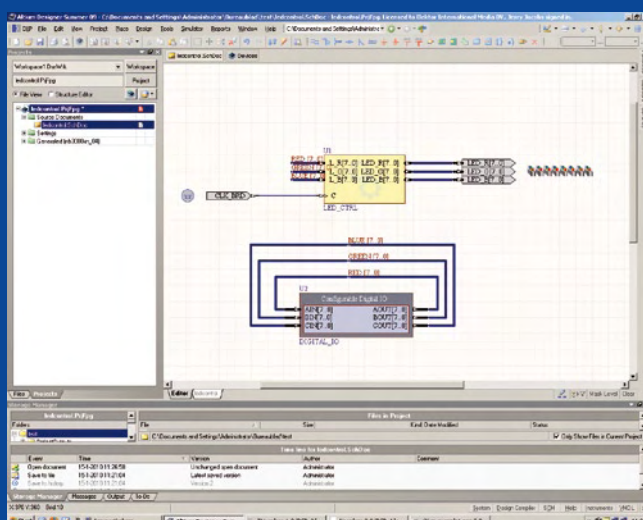
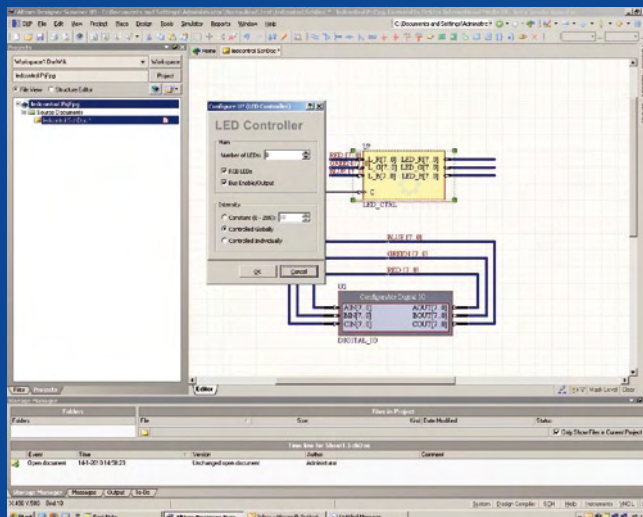
Le contrôleur de LED est l'une des nombreuses composantes de base de la conception logicielle pour le FPGA. L'instrument virtuel, lui, est hébergé par le PC, et la NanoBoard doit donc rester connectée à l'ordinateur pendant la durée d'exécution. Comme tout est commandé manuellement à partir du PC, ce premier exemple d'application a pu être réalisé sur le FPGA sans toucher au cœur du microcontrôleur.

Grâce aux étapes bien expliquées de la vidéo et d'un PDF téléchargeable, nous sommes arrivés en peu de temps au résultat souhaité (voir les captures d'écran). Reconnaissons néanmoins que le développement d'un projet personnel exigerait certainement plus de temps d'apprentissage et plus de pratique, ce qui ne serait toutefois pas étonnant vu la complexité du programme.

**Conclusion :** Ce kit vise avant tout les nouveaux venus dans le domaine du « Soft Design » – par exemple les petites équipes de développeurs ou d'universitaires – qui ont déjà mené à bien quelques projets en microcontrôleurs et veulent juste se familiariser avec l'approche FPGA. Ils pourront acquérir, pour une somme modique, un système parfaitement outillé, grâce auquel ils pourront explorer en profondeur cette voie moderne. Le FPGA n'est qu'un moyen d'arriver à ses fins, à savoir parvenir à un prototype dans un délai le plus court possible. En revanche, celui qui souhaite se concentrer sur les FPGA - et veut par exemple apprendre le VHDL - trouvera sur le marché des cartes encore plus compactes et meilleures marché. Les deux approches ne sont pas contradictoires et peuvent très bien être complémentaires. Un FPGA de même type peut être programmé (en supposant avoir le bon programmeur) avec les fichiers produits par Altium Designer, même si celui-ci appartient à une autre carte de développement ou à une platine fabriquée par soi-même.

(090555-1)

- [1] [fr.farnell.com/altium](http://fr.farnell.com/altium)
- [2] [nb3000.altium.com/fr](http://nb3000.altium.com/fr)
- [3] [www.altium.com/fr/altium\\_home.cfm](http://www.altium.com/fr/altium_home.cfm)



# À bas les crachotements du potentiomètre !



Jens Nickel (Elektor Allemagne)

Les lecteurs d'Elektor comptent de nombreux audiophiles qui ne possèdent pas toujours le récepteur Surround dernier cri avec connexion Ethernet, décodage des formats sonores à haute résolution et calibrage automatique. Que préfèrent ces amateurs de musique ? Un enregistrement stéréo de bonne qualité, bien entendu. La reproduction sera assurée si possible par une chaîne composée d'un tourne-disque haut de gamme et d'une combinaison préamplificateur/amplificateur final de la grande époque. Toute personne qui utilise ce genre d'équipement d'âge canonique devrait être familière avec le problème des potentiomètres et des commutateurs rotatifs crachotants. La surface de la plupart des contacts et des curseurs s'oxyde avec l'âge, ce qui diminue (en partie) fortement la conductivité. De nombreux mordus du haut de gamme n'hésitent pas à appliquer un produit de nettoyage des contacts aux potentiomètres crachotants. Le spray KONTAKT 60 (K60) jouit d'une grande popularité. Il a été mis au point par le fabricant allemand Kontakt Chemie (la marque a été acquise en 1984 par l'entreprise américaine CRC). Ce spray, disponible auprès de nombreux fournisseurs de matériel électronique par correspondance comme Reichelt et Conrad (chercher sous « KONTAKT 202 »), est aussi un très bon solvant de la couche d'oxyde. Toutefois : qui se limite à ce traitement risque une rechute après un certain temps. Les crachements du potentiomètre ou du commutateur seront pires qu'auparavant. La raison de ce trouble chronique est simple : K60 dissout la couche d'oxyde, mais laisse un dépôt. Celui-ci provoque après quelque temps la réapparition des bruits. L'utilisation du K60 est loin de constituer une thérapie complète. Les pages Web de ce produit en anglais [1] et en français [2] décrivent aussi en détail la marche à suivre (une information cruciale fait malheureusement défaut dans la version allemande de la page K60). Voici les instructions de traitement détaillées (n'appliquer le

produit qu'en plein air ou dans un local bien aéré) :

1. Pulvériser K60 sur les contacts atteints. Faire pivoter les potentiomètres et les commutateurs pour répartir le liquide.

Les contacts, s'ils sont accessibles, peuvent être nettoyés avec une brosse pour éliminer tous les résidus engendrés. Attendre ensuite que les contacts soient secs.

2. Le spray Kontakt WL permet alors de dissoudre et d'éliminer définitivement la couche résiduelle nouvellement formée. Attendre de nouveau que les contacts soient secs.

3. Le spray Kontakt 61 (K61) sert à enrober finalement les contacts d'une couche protectrice. Celle-ci combat une nouvelle oxydation.



Kontakt WL et Kontakt 61 sont également disponibles auprès des distributeurs mentionnés (chercher KONTAKT 208 et KONTAKT 205).

Les secours arrivent, hélas, trop tard pour certains potentiomètres : il ne reste plus qu'à procéder à un échange quand le curseur est trop oxydé et n'est plus solidement fixé à l'axe. Avec le temps, la couche de carbone de la piste résistante peut présenter de légères bosses dues à l'accumulation de la saleté et de la poussière. Une autre raison de procéder au remplacement intégral !

(100022-I, trad. Softcraft)

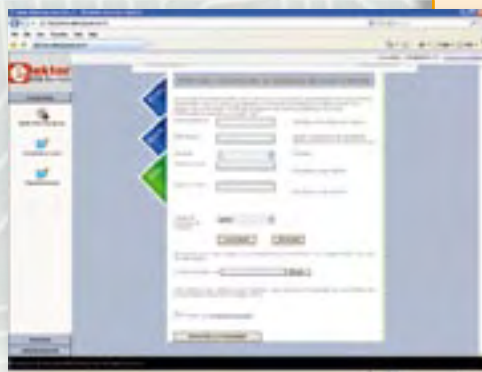
[1] [www.crcind.com/csp/web/ProdDisp.csp?country=ALL&product=KONTAKT 60&brand=KOC&lng=3](http://www.crcind.com/csp/web/ProdDisp.csp?country=ALL&product=KONTAKT 60&brand=KOC&lng=3)

[2] [www.crcind.com/csp/web/ProdDisp.csp?country=ALL&product=KONTAKT%2060&brand=KOC&lng=2](http://www.crcind.com/csp/web/ProdDisp.csp?country=ALL&product=KONTAKT%2060&brand=KOC&lng=2)

# Elektor PCB Service

➡ **Elektor fait briller vos cuivres**

Confiez nous la production en qualité professionnelle de vos prototypes (deux exemplaires au moins, trois si possible) ou vos circuits imprimés en petites séries (de 5 à 50) !



## Elektor PCB Service vous propose :

- la qualité optimale au meilleur prix
- la précision et la finition industrielles
- le calcul du prix en ligne : pas de mauvaise surprise
- la vérification préalable de la faisabilité
- l'expédition sous 5 jours ouvrables
- aucun frais
- aucune clause cachée en petites lettres
- l'assurance de qualité et de service d'Elektor
- pas de minimum de commande

Pour vous convaincre de la supériorité d'Elektor PCB Service, le meilleur moyen est de l'essayer :

**[www.elektorpcbservice.fr](http://www.elektorpcbservice.fr)**

# Four à refusion CMS d'Elektor

➡ **Elektor démocratise la soudure par refusion**



- Outil professionnel pour l'amateur et le pro
- Idéal pour bureaux d'études, écoles, universités, PME et particuliers
- Notice en français
- Utilisation facile grâce aux menus
- Sélectionné, testé et certifié par Elektor
  - Service après-vente assuré par Elektor
  - Vidéo de démonstration et téléchargements gratuits sur [www.elektor.fr/four\\_cms](http://www.elektor.fr/four_cms)

## Spécifications

Surface de platine effective :  
28,0×28,0 cm  
Consommation max. : 1650 W  
Alimentation : 230 V<sub>AC</sub>  
Dimensions : 41,8×37,2×25,0 cm  
Poids net : 16,7 kg

Réf. : 080663-91

Prix : 1429 € (hors frais de port)

Informations complémentaires et commandes :

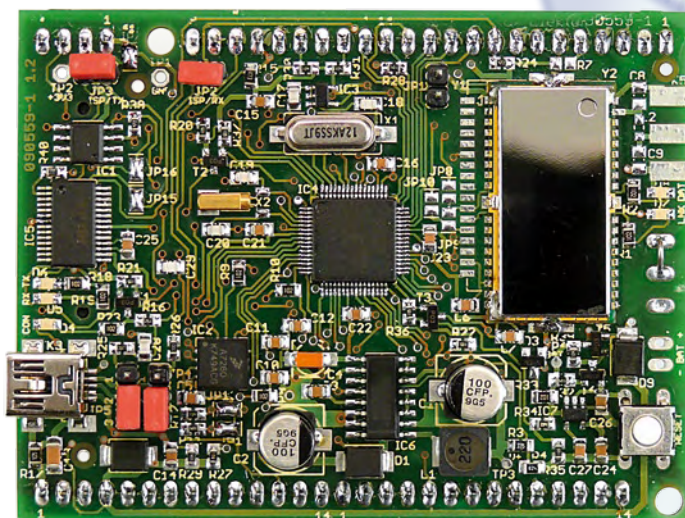
**[www.elektor.fr/four\\_cms](http://www.elektor.fr/four_cms)**

# Régnez avec le Sceptre !

## Système de prototypage rapide à 32 bits et à source ouverte

Clemens Valens (Elektor France)

Ce projet, code source et matériel ouverts, ambitionne d'être plus qu'une simple petite carte avec un gros micro et quelques périphériques utiles, il se veut carrément système de prototypage rapide. Pour justifier une telle appellation, il faut, outre une petite carte bien pratique, des outils de développement conviviaux et des bibliothèques qui accélèrent la mise en œuvre des périphériques de la carte. Ambitieux ? Peut-être, mais nous ne reculons devant rien pour devenir maître de l'univers des systèmes embarqués grâce au Sceptre !



Le but du prototypage rapide est de réaliser un prototype fonctionnel d'une application aussi vite que possible. Pour y arriver, il faut disposer d'outils puissants et faciles à utiliser, surtout quand il s'agit d'une application à microcontrôleur. L'idéal, c'est un assemblage simple de quelques briques intelligentes. Souvent, on n'a besoin que d'un seul exemplaire du montage et on aimerait utiliser le prototype tel quel. Les briques intelligentes doivent donc être consommables.

dont nous vous parlons de temps en temps. Un inconvénient d'Arduino, c'est en revanche sa faible puissance de calcul. Aussi faut-il presque toujours ajouter une carte d'extension pour pouvoir l'utiliser, parce qu'une carte Arduino ne comporte pas de périphériques. C'est en méditant sur ces points faibles qu'est née l'idée du Sceptre. Voici les spécifications récoltées jusqu'ici pour une plate-forme puissante de prototypage rapide :

Commençons par la première spécification : le cerveau du projet. Les micros les plus puissants accessibles aux amateurs sont actuellement ceux à 32 bits. Il y en a plusieurs, mais la spécification n° 3 en élimine beaucoup. Finalement, notre choix s'est arrêté sur le LPC2148 de NXP pour les raisons suivantes :

### Plate-forme mobile ouverte

Beaucoup de cartes de développement pour microcontrôleur que l'on trouve dans le commerce ne sont pas adaptées au prototypage rapide, car elles sont trop grandes, trop fragiles ou tout simplement trop chères pour n'être utilisées qu'une seule fois. Généralement il manque aussi le support logiciel pour développer rapidement une application. Un excellent exemple d'une plate-forme pour prototypage rapide est l'Arduino [1],

1. microcontrôleur puissant
2. périphériques utiles intégrés
3. facile à mettre en œuvre
4. petite dimensions
5. bon marché

Rajoutons à cette liste un sixième point :

6. le projet doit être réalisable par un amateur (averti), ce qui implique l'utilisation de composants faciles à trouver et à souder.

- Populaire : facile à trouver grâce à une grande communauté d'utilisateurs.
- Disponible en boîtier LQFP64 : relativement facile à souder, même par un amateur.
- Programmable in situ par simple port série : pas besoin d'un programmeur spécial.
- Puissant : cœur ARM7TDMI-S à 32 bits, 512 ko mémoire flash, 40 ko mémoire vive, beaucoup de périphériques

## Caractéristiques techniques

- Microcontrôleur ARM7TDMI-S LPC2148 à 32 bits, 512 ko flash, 40 ko RAM
- USB 2.0
- Bluetooth (classe 1 ou 2)
- Lecteur pour cartes SD
- Port série par USB (pour la programmation in situ par ex.)
- Accéléromètre à 3 axes
- Thermomètre DS18B20
- Horloge en temps réel
- Toutes les broches du micro sont accessibles
- Alimentation par batterie ou port USB
- Chargeur de batterie li-ion
- Petite taille : 6 x 8 cm
- Outils, logiciel et matériel gratuits et libres
- Bibliothèque étendue gratuite et libre

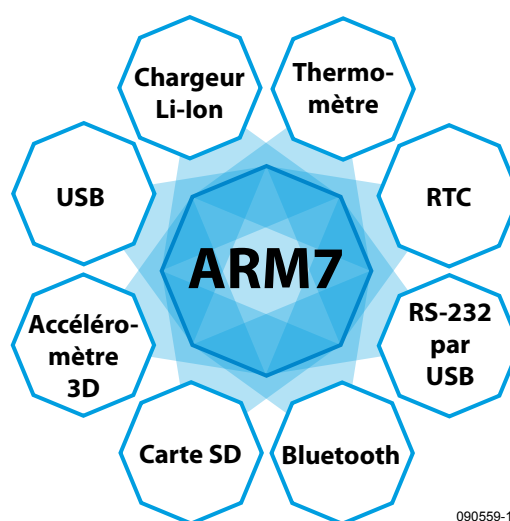
intégrés dont USB 2.0 et une horloge temps réel.

- Facile à mettre en œuvre : les outils de développement multi plates-formes et à source ouverte sont disponibles gratuitement sur la Toile, comme le sont beaucoup de bibliothèques.

On peut polémique longtemps sur les périphériques « utiles » à embarquer sur une carte comme nous l'avons en tête. Après mûre réflexion nous avons choisi les suivantes (figure 1) :

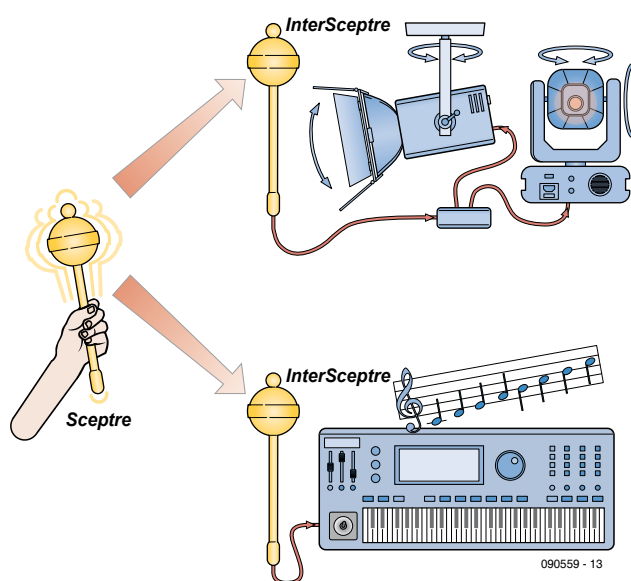
- Module Bluetooth : une liaison sans fil (classe I ou II, au choix) est bien sûr obligatoire aujourd'hui.
- Lecteur de cartes SD : pour le stockage de données et de programmes.
- USB 2.0 (périphérique) : puisque c'est déjà dans le micro...
- Port série RS-232 par USB : pratique pour la programmation in situ.
- Accéléromètre à 3 axes : de quoi faire des choses marrantes.
- Thermomètre : ça peut toujours servir.
- Horloge en temps réel : beaucoup d'applications en ont besoin.
- Chargeur de batterie li-ion : puisque la carte sera petite, elle sera portable et une alimentation par batterie s'impose.
- Port d'extension : parce qu'il est impossible de tout prévoir, toutes les broches du micro seront sorties sur des barrettes.

Tout cela sur une seule petite carte est malheureusement un peu en contradiction avec la spécification n° 6, car on est obligé d'utiliser des composants en CMS et une platine double-face un peu dense. Nous avons quand même fait l'effort de choisir des composants CMS relativement faciles à monter. L'alimentation avec chargeur de batterie par exemple est pour cette raison plus compliqué que nécessaire. Le seul composant pas évident à monter soi-même est l'accéléromètre 3D. Nous n'avons pas trouvé un tel composant dans un boîtier « commode ». Puisque le Sceptre s'appuie sur de nombreux projets à source ouverte, il est normal que ce projet soit également à source ouverte. Les



090559-11

Figure 1. Le synoptique du Sceptre.



090559 - 13

Figure 2. Voici une application possible du Sceptre. Les InterSceptres font l'interface entre le Sceptre et un périphérique quelconque comme un synthétiseur ou un moteur pas à pas.

codes sources et les fichiers de CAO (Eagle) sont ainsi disponibles en téléchargements gratuits sur la page Internet du Sceptre [2]. Vous pouvez donc tout modifier, c'est vous qui tenez le sceptre en main !

## Applications

Ceux qui sont familiers avec la console de jeu Wii de Nintendo ont peut-être remarqué des similitudes entre le Sceptre et la Wiimote, la télécommande de la Wii. C'est vrai, (vu que ce projet est entièrement libre, nous ne vous cachons plus rien, vive la transparence !), tous les deux sont portables et intègrent du Bluetooth, un accéléromètre à trois axes et un micro puissant. Notre première idée était en effet de faire une sorte de Wiimote et le nom Sceptre a été choisi pour souligner sa fonction de télécommande puissante (figure 2). Mais on peut faire beaucoup plus avec le Sceptre, car c'est une plate-forme ouverte et universelle.

Le lecteur de cartes SD par exemple permet d'utiliser le Sceptre comme enregistreur de données autonome. Un thermomètre et une horloge temps réel sont déjà sur la carte. En plus, le micro et la carte ont été conçus pour minimiser la consommation et prolonger la vie de la batterie.

Sa liaison Bluetooth en classe 1 (portée de 100 m en champ libre), son accéléromètre 3D et ses compétences en modulation de largeur d'impulsions (MLI) feront probablement plaisir aux modélistes, car le Sceptre pourra servir de cerveau pour appareils téléguidés. Ou à des robots. Pour exploiter au mieux le Bluetooth, la carte offre la possibilité de monter un connecteur SMA pour brancher une vraie antenne. Un petit circuit d'adaptation d'impédance a été prévu également.

Comme la carte possède un port USB (même deux !) elle peut facilement servir d'interface avec un ordinateur. Grâce aux ports d'extension du Sceptre, il est possible d'exploiter tous les périphériques du micro : UART (2), SPI (2), I<sup>2</sup>C (2), MLI (6), CNA (14), CAN (1), USB. Le Sceptre pourra même servir comme cœur d'un petit ordinateur avec clavier PS/2, écran LCD et lecteur de disque à carte SD.

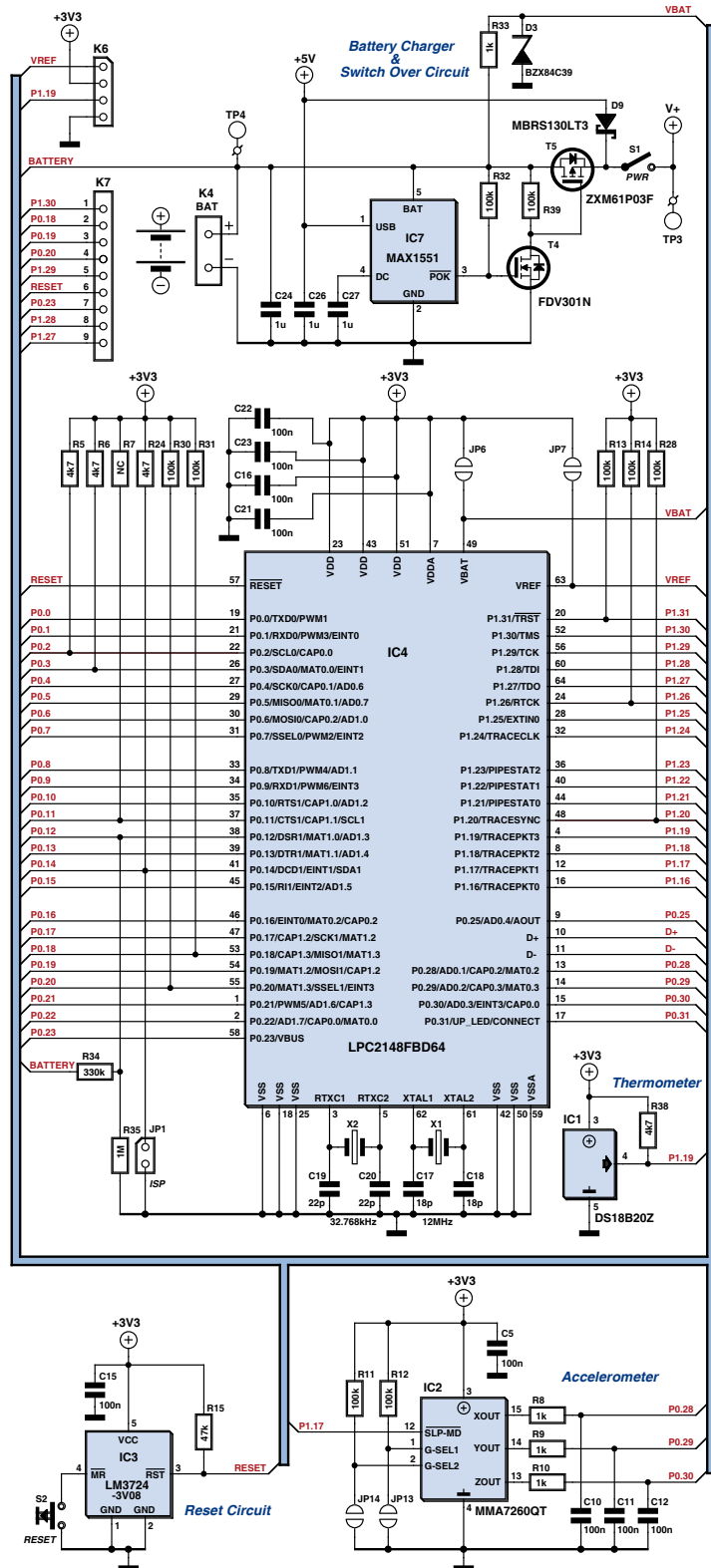
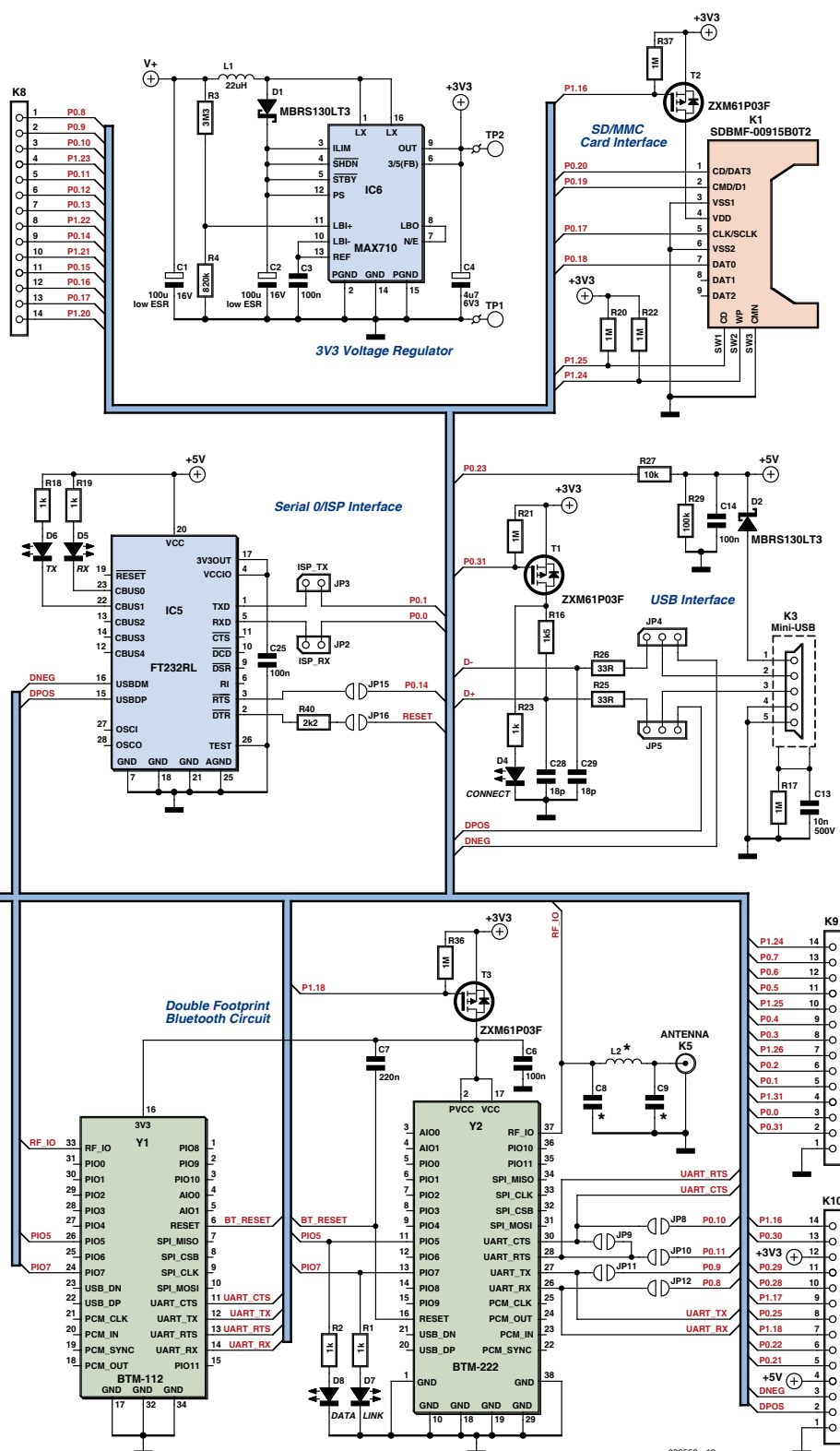


Figure 3. Le schéma électrique complet du Sceptre.



Bref, comme on dit quand on est à court d'idées : les applications du Sceptre ne sont limitées que par votre imagination.

## Le matériel

La figure 3 vous présente le schéma électrique du Sceptre. Puisqu'il compte une centaine de composants, le schéma peut paraître imposant à première vue, mais en le regardant de plus près, vous verrez qu'il n'y a rien de très compliqué. C'est pour cela que nous n'allons pas le détailler, mais nous limiter à quelques remarques :

- D'abord l'alimentation. La carte peut être alimentée par batterie ou par le port USB. L'alimentation par le port USB a la priorité et elle est également utilisée pour recharger la batterie. Le CI MAX1551 est un chargeur de batterie li-ion à seulement 5 broches. Le composant détecte lui-même si une tension est disponible sur l'une de ses deux entrées (nous n'en utilisons qu'une). Le circuit qui commute entre le 5 V du port USB et la batterie (D9, T4 et T5) est un peu plus complexe que les deux diodes habituelles de ce genre de circuits pour réduire le plus possible la chute de tension quand la batterie alimente la carte. Le but est bien sûr de faire durer la batterie le plus longtemps possible. La tension de la batterie ou du port USB est ensuite transformée en 3,3 V par le MAX710. Ce dernier fonctionne à partir de 1,8 V, on peut donc décharger la batterie assez profondément. Il existe des composants tout faits qui offrent toutes les fonctions décrites plus haut et davantage encore pour moins cher, ce sont les gestionnaires d'alimentation (PMIC pour Power Management Integrated Circuit). Le problème des PMIC c'est qu'ils n'existent qu'en boîtier QFN ou, pire encore, BGA, bref, des boîtiers que nous avons voulu éviter à tout prix.
- Il y a deux ports USB sur la carte, mais une seule embase. Deux cavaliers permettent de choisir lequel des deux ports aura le droit d'utiliser la belle embase embarquée. Au cas où les deux ports devraient servir en même temps, il est possible de connecter une embase USB

C'est un peu gros, dû aux nombreux composants, mais il n'y a rien de très compliqué.

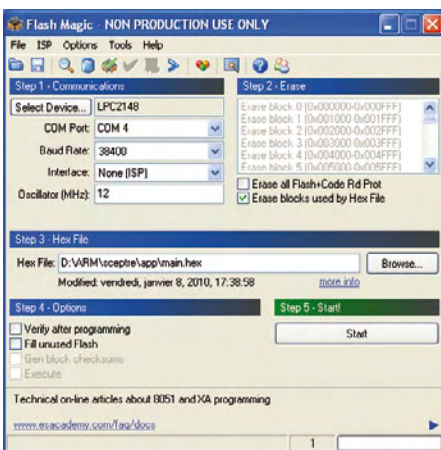


Figure 4. Paramétrage de Flash Magic. Les paramètres de communication sont les plus importants. La vitesse du port série ne doit pas dépasser le 38400 bauds pour la programmation. Pour le terminal vous pouvez choisir une vitesse plus élevée.

pour IC5 sur le port d'extension K10. IC5 est surtout prévu pour la programmation de la carte par USB, donc pendant la phase de développement. Une fois l'application terminée il est possible de le déconnecter et de libérer 4 E/S. Le CI est alimenté uniquement par le 5 V et ne consommera donc pas d'énergie de la batterie.

- Les ponts de soudure JP15 et JP16 peuvent rendre la programmation un peu plus confortable en autorisant la commutation automatique entre le mode de programmation et le mode de fonctionnement normal du micro. Sans ces cavaliers il faut placer JP1, appuyer sur le bouton reset, programmer le micro, enlever JP1 et appuyer de nouveau sur le

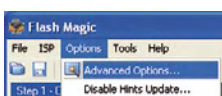
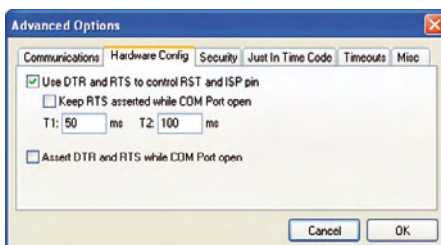


Figure 5. Options -> Advanced Options... : Cocher cette case permet à Flash Magic de mettre le Sceptre en mode programmation et de le redémarrer sans votre intervention.

bouton reset chaque fois que l'on veut programmer la carte, ce qui devient pénible à la longue.

- La LED D4 est prévue comme voyant de connexion pour le port USB du micro, mais rien n'empêche de l'utiliser pour autre chose. Dans ce cas, pensez à enlever R16 si le port USB du micro doit fonctionner en même temps.
- Par souci d'économie d'énergie, l'alimentation du lecteur de cartes SD et du module Bluetooth est commuté par des transistors (respectivement T2 et T3).
- Il y a deux empreintes pour un module Bluetooth sur la carte, l'une pour un module classe 1 (BTM-222), l'autre pour un module classe 2 (BTM-112). La raison est encore une fois la consommation de la carte. Un module classe 1 (100 m) est nettement plus gourmand qu'un module classe 2 (10 m).
- Le petit circuit «  $\pi$  » C8, L2 et C9 a été prévu au cas où il serait nécessaire d'adapter l'impédance de la sortie HF du module Bluetooth à l'antenne. Dans la plupart des cas ce circuit n'est pas nécessaire et on peut remplacer L2 par un pont en fil ou une résistance de 0  $\Omega$ . Un bout de fil de 31 mm suffira comme antenne, mais il est possible de monter un connecteur SMA (de type edge) sur la carte. Ainsi, on peut visser une antenne « WiFi » sur la carte (la classe !).
- Les modules Bluetooth prévus nécessitent seulement deux fils pour communiquer avec le micro, RX et TX. Les signaux RTS et CTS sont quand même disponibles (on ne sait jamais) et au besoin ils peuvent être connectés entre eux grâce à JP9.
- L'accéléromètre à 3 axes IC2 peut être mis en veille pour limiter sa consommation. On peut modifier sa sensibilité à l'aide de deux cavaliers. La sensibilité est la plus faible quand ils ne sont pas positionnés. Consultez la fiche technique pour plus de détails.
- Le thermomètre ne consomme de l'énergie que quand on lui parle. C'est un gentil petit composant.
- Finalement, les cavaliers JP6 et JP7 permettent de choisir les sources de tension pour Vbat (nécessaire pour l'horloge à

temps réel) et Vref (nécessaire pour le CNA).

## L'environnement de développement

Il faut des outils pour programmer un micro et c'est là où ça se complique souvent. Pas pour le Sceptre, car les outils de développement ont fait partie des spécifications dès le départ : ils devraient être gratuits et multi platesformes. L'avantage du cœur ARM comme celui utilisé par Sceptre c'est qu'il existe effectivement plusieurs chaînes de compilation gratuites basées sur GCC (GNU Compiler Collection [3]) qui fonctionnent sur Linux, MAC et Windows. Nous avons opté pour une collection d'outils qui commence à dater un peu, mais elle est vraiment simple à installer et qui comprend tout ce qu'il faut pour se lancer tout de suite. L'inconvénient est qu'il ne fonctionne que sur Windows. Il s'agit de la distribution WinARM [4], un gros fichier qu'il suffit de décompresser après l'avoir téléchargé. Dans cette distribution on trouve le compilateur, l'éditeur de liens, un éditeur de texte spécial programmation, un outil pour flasher le micro et beaucoup plus encore. Le fait d'avoir choisi WinARM ne veut absolument pas dire que vous êtes obligé de faire pareil. Tous les codes sources développés pour le Sceptre devraient pouvoir se compiler avec n'importe quel compilateur C/C++ capable de produire des exécutables pour le LPC2148.

Une autre raison pour rester sur Windows vient de l'outil de flashage Flash Magic [5]. Même si WinARM inclut son propre outil de flashage (*lpc21isp*), Flash Magic, gratuit pour un usage personnel, est convivial et permet d'éviter des erreurs de manipulation. Cet outil intègre aussi un terminal pour port série, ce qui est très pratique pour le débogage. Pendant le développement d'un programme, un port série est souvent utilisé pour envoyer des messages sur le (bon) fonctionnement du programme. Le flashage du micro nécessite aussi un port série et en utilisant le même port série pour ces deux tâches, on peut se contenter d'un seul câble entre l'ordinateur et le Sceptre. Flash Magic évite les conflits entre l'outil de flashage et

## Liens Internet

- |  |  |
|--|--|
| [1] <a href="http://arduino.cc">arduino.cc</a>   | [5] <a href="http://www.flashmagictool.com/">www.flashmagictool.com/</a> |
| [2] <a href="http://www.elektor.fr/090559">www.elektor.fr/090559</a>   | [6] <a href="http://www.winehq.org/">www.winehq.org/</a>                 |
| [3] <a href="http://gcc.gnu.org">gcc.gnu.org</a>   | [7] <a href="http://www.pnotepad.org">www.pnotepad.org</a>               |
| [4] <a href="http://www.siwawi.arubi.uni-kl.de/avr_projects/arm_projects/#winarm">www.siwawi.arubi.uni-kl.de/avr_projects/arm_projects/#winarm</a> | [8] <a href="http://www.ftdichip.com">www.ftdichip.com</a>               |

le terminal, car ils ne peuvent pas être actifs en même temps. Donc impossible d'oublier de libérer le port série chaque fois que l'on veut reprogrammer le micro, c'est Flash Magic qui s'en occupe.

Il paraît que Flash Magic fonctionne sur Linux et MAC OS X dans l'émulateur Windows WINE [6].

Pour être complet, lpc21isp aussi intègre un terminal, mais pour en profiter il faut utiliser la même vitesse de communication pour le flashage et le débogage, car il n'est pas possible de les spécifier individuellement.

### Installation

L'installation de l'environnement de développement basé sur WinARM est donc un jeu d'enfant. Téléchargez la dernière distribution [4] (actuellement la version 20060606, nous n'avons pas encore essayé la version bêta 20080331) et décompactez le fichier sur votre disque dur. Rajoutez la ligne suivante au chemin d'accès (*path*) de Windows (supposant que vous ayez décompacté le fichier dans la racine de C) :

```
C:\WinARM\bin;C:\WinARM\utils\bin;
```

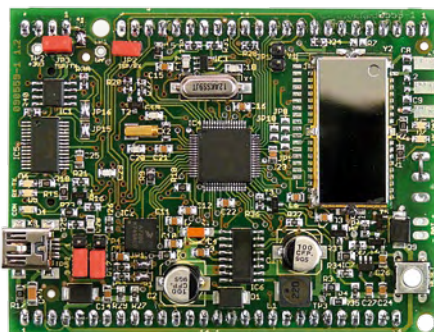
Cette étape n'est pas obligatoire, vous pouvez également la saisir dans une invite de commandes ou la mettre dans un fichier *batch* (.BAT) que vous exécutez chaque fois que vous démarriez une session de programmation de Sceptre, comme ceci :

```
set path = %path%;C:\WinARM\
bin;C:\WinARM\utils\bin
```

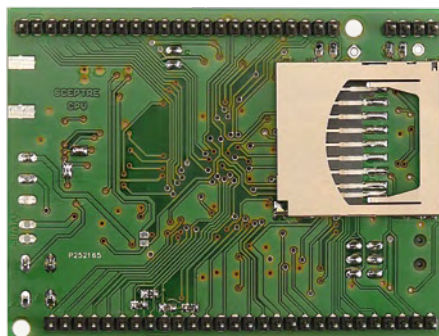
Comme WinARM comprend tout ce dont vous avez besoin, l'installation est maintenant terminée. Vous pouvez tester votre installation en compilant l'un des exemples inclus dans WinARM et qui se trouvent ici (pour le LPC2148) :

```
WinARM\examples\lpc213x_lpc214x_
examples\
```

Pour un peu plus de confort, nous vous conseillons d'installer également Flash Magic (qui remplace d'ailleurs le *LPC2000 Flash Utility*, désormais obsolète). Ce logiciel est constamment mis à jour pour rajouter de nouveaux processeurs ; donc téléchargez et installez la version la plus récente.



## Avec le Sceptre vous êtes le maître !



Ensuite, paramétrez l'outil pour le Sceptre comme dans la figure 4 en sélectionnant le port COM qui convient. Les options de l'étape 4 (Step 4) ne font que ralentir la programmation, à vous de voir si vous voulez les utiliser ou pas.

Il se peut que vous n'ayez pas encore installé les pilotes pour le port série par USB du Sceptre. Ce port utilise une puce standard de FTDI et vous trouverez les pilotes sur [8] (pilotes VCP). Vous ne savez pas si vous possédez déjà les pilotes ? Branchez le Sceptre à votre ordinateur et votre sys-

tème d'exploitation (SE) vous le dira. Les SE modernes sont capables de trouver et d'installer tout seuls le bon pilote.

Pour vérifier la communication entre le Sceptre et l'ordinateur, il est intéressant d'essayer de détecter le microcontrôleur. Si les options avancées sont correctes (figure 5) cela se fait avec Flash Magic par la commande « ISP -> Read Device Signature... »

Si tout va bien vous obtenez l'ID 0x0402FF25 et la version du *bootloader* de 2.12. Pour faire la même chose avec lpc21isp il faut utiliser la commande suivante :

```
lpc21isp -detectonly -control
main.hex com4 38400 12000
```

Il faut indiquer un fichier HEX, même s'il n'existe pas. Comme identification vous devrez obtenir :

```
Synchronizing. OK
Read bootcode version: 2.12.0
Read part ID: LPC2148, 512 kiB ROM
/ 40 kiB SRAM (67305253)
```

Le dernier numéro est la conversion en décimale de 0x0402FF25, le numéro trouvé par Flash Magic.

### À suivre...

Le lecteur averti peut désormais se lancer dans le développement d'applications pour le Sceptre. Vous pouvez déjà télécharger sur [2] une première version de la bibliothèque en C/C++ que nous sommes en train de développer. Cette bibliothèque qui est encore loin d'être terminée contiendra des fonctions pour développer rapidement une application basée sur le Sceptre.

Les lecteurs moins pressés préfèrent peut-être attendre le mois prochain pour apprendre en détail comment mettre en œuvre le Sceptre.

À bientôt !

(090559-I)

# Développements en Classe D

## exit le filtre LC de sortie

Thijs Beckers (Elektor Pays-Bas)

En quelques années, l'ampli audio en Classe D s'est fait une place au soleil malgré des normes EMI contraignantes. Telle structure est pourtant connue pour se comporter comme un émetteur HF. Qu'est-ce qui a bien pu changer ?

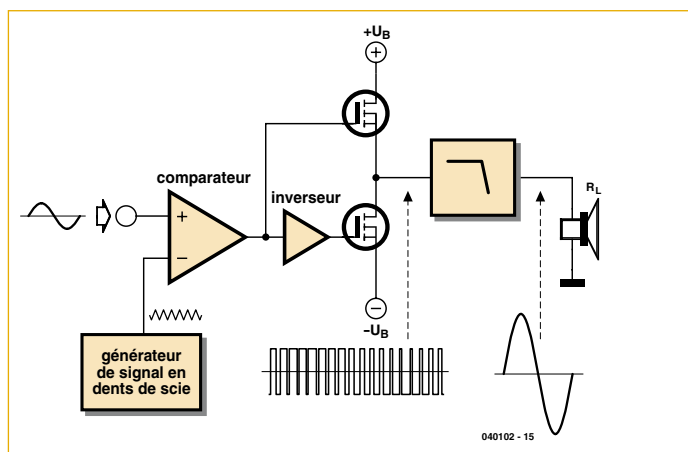


Figure 1. Schéma générique d'un amplificateur en Classe D

Un amplificateur audio en Classe D ne chauffe pas, contrairement à ses homologues en classe A ou AB. Les constructeurs de microprocesseurs s'ingéniant pour abaisser la consommation des lecteurs MP3, l'amplificateur audio en Classe D apparaît comme un choix logique, mais néanmoins risqué au niveau de la qualité perçue (THD+N) et de la compatibilité EMI. Voici en **figure 1** le schéma générique d'un tel ampli en Classe D.

Un compromis intervient au niveau du filtre passe-bas, filtre censé empêcher le rayonnement du signal de commutation. Voici en **figure 2** l'effet du filtre passe-bas sur le signal à modulation de largeur d'impulsion (MLI). À la sortie du filtre, nous retrouvons un signal analogique. Tel filtre nécessite des inductances insaturables et des condensateurs à faible résistance série qui s'avèrent incompatibles avec la miniaturisation et une production de masse et bon marché. C'est en mai 2006 que Royce Higashi de National Semiconductor (NS) présente l'idée d'un amplificateur en Classe D différent, bâti sur un montage en pont qui de façon native supprime tout signal de commutation inutile sur la bobine du haut-parleur. L'idée de Royce Higashi consiste à alimenter chaque branche du pont en MLI avec un rapport cyclique de 50 % au repos, sans déphasage. Là est la nouveauté car la charge, bien que soumise à un signal de mode commun intense, ne voit plus aucun signal différentiel. À partir de cet instant, si un signal audio doit être transmis, les signaux de chaque branche glissent, se

déphasent, et il apparaît alors un court signal différentiel haute-fréquence, qui s'élargit en fonction de la modulation et qui délivre la puissance. Une illustration est le LM4673 capable de se passer de filtre LC en sortie, ampli mono en Classe D de 2,6 W sur 4 Ω alimenté en 5 V. Il est couramment disponible chez Farnell à moins de 2 € la pièce.

### Filtrage au naturel

La fréquence de coupure du filtre passe-bas naturel dépend de la résistance cuivre  $R_e$  de la bobine du haut-parleur, ainsi que de son inductance  $L_e$ , bobine maintenue immobile. La formule est :

$$f_c = 1/(2\pi \cdot L_e/R_e).$$

Pour  $R_e = 3,2 \Omega$  et  $L_e = 0,2 \text{ mH}$ , il vient  $f_c = 2,5 \text{ kHz}$ . Si le découpage s'opère à 1,2 Mhz, le courant HF est à -53 dB environ. Le calcul se complique dans le cas d'un baffle multivoie muni d'un filtre répartiteur.

### Précautions

De tels étages de sortie audio ont le don de rendre fous les bricoleurs et les réparateurs. On ne peut utiliser un des fils de sortie pour router le signal BF vers un ampli externe. Il faut obligatoirement exploiter les deux fils de sortie, et venir y connecter un ampli différentiel obligatoirement précédé d'un énergique filtre passe-bas. Mieux vaut s'en rappeler lorsqu'on effectue un relevé de mesures.

### Modulation CMI

CMI pour Common Mode Idle. Dans les fiches de caractéristiques de ses circuits MAX9700, MAX9705 et MAX9715, Maxim décrit une modulation qui, comme chez National Semiconductor, évite l'envoi de la totalité de la HF en permanence sur la charge, mais qui va plus loin, en éliminant toute émission inutile de HF en mode commun. Concentrons-nous sur la **figure 3**. Chaque branche dispose de son propre comparateur branché sur le générateur en dent de scie. Cela permet de rentrer le signal de façon différentielle. Noter que dans le schéma qui nous est proposé, les étages de sortie MOS opèrent une inversion de signal.

Commençons par faire abstraction de la porte XOR inversée. Si le signal d'entrée est à  $V_{cc}/2$ , c'est le cas particulier où les deux comparateurs reçoivent les mêmes signaux sur leurs entrées. Par conséquent ils sortiront tous deux un signal de rapport cyclique de 50 %, en phase. Donc les MOS sortiront des signaux de rapport cyclique de 50 %, en phase également. La charge ne voit alors pas de signal différentiel, mais le signal de mode commun reste maximal et la paire de liaison se transforme en antenne rayonnante.

Cela fait penser au circuit de National Semiconductor. Si le signal d'entrée se rapproche de  $V_{cc}$ , la sortie du comparateur de la branche haute est majoritairement à  $V_{cc}$ , donc le MOS de la branche haute sortira un signal de rapport cyclique de 25 % par exemple. En ce qui concerne la branche basse, le signal en entrée est inversé, qui se rapproche de la masse, par conséquent la sortie du comparateur est majoritairement à la masse et le MOS de la branche basse sortira un signal de rapport cyclique de 75 % par exemple. Il apparaît donc

un signal différentiel sur la charge. Considérons à-présent la porte XOR. Lorsque les sorties des comparateurs sont égales, la porte XOR inversée se réveille et sort un niveau haut. Une centaine de nanosecondes plus tard (un cycle entier dure moins de  $1\ \mu\text{s}$ ), lorsque Ron a chargé Con, l'œuf de Colomb est cuit : SW1 et SW2 sont rendus passants, qui forcent un niveau haut sur les grilles des MOS, qui par conséquent connectent les deux fils de sortie à la masse. La charge se voit non seulement privée de signal différentiel, mais aussi privée de signal de mode commun (la masse est la référence). Jugez de la transformation : lorsque le signal en entrée vaut  $V_{CC}/2$ , les sorties des comparateurs sont égaux et en phase, mais sont forcées une centaine de nanosecondes plus tard à  $V_{CC}$  via SW1 et SW2. L'émission de mode commun ne dure que ce temps très bref. La majorité du temps, la charge se trouve à la masse, des deux côtés. Le signal différentiel reste bien nul, et le rayonnement en mode commun de la paire de sortie est presque entièrement supprimé. Mais comme d'habitude (cfr précautions), malheur à celui qui se risquerait à exploiter le signal d'une des deux branches.

### Modulation SSM

En janvier 2005 Maxim a déposé un brevet (U.S. 6847257) qui concerne une technique sophistiquée d'étalement de spectre (SSM comme *Spread Spectrum Modulation*). Le principe consiste à appliquer une modulation de fréquence aléatoire sur la fréquence de commutation, par exemple 10 %. Il en résulte un spectre FM dense et étalé, proche d'un bruit blanc, sans préjudice marqué pour une fréquence particulière. Toute la subtilité du brevet consiste à procéder à une telle modulation de fréquence, énergique, sans préjudice pour la fidélité de l'ampli.

La combinaison de la modulation CMI et SSM permet en principe de se passer de filtre passe-bas en sortie. Toutefois, si l'ampli est destiné à être connecté sur un casque ou sur un haut-parleur externe, donc muni d'une longueur de fil, il se peut que l'émission EMI excède la norme FCC type B. Il faut alors réintroduire un filtre LC en sortie, mais cent fois moins exigeant que dans le cas d'un ampli en Classe D de première génération. À tel point que de petites perles de ferrite ou une petite self de mode commun peuvent éventuellement suffire.

### Etage de sortie AEL

AEL pour *Active Emission Limiting*. Actuellement présentée comme une innovation, demande de brevet en cours, Maxim a optimisé les transistors MOS en sortie pour arrondir quelque peu les commutations. Ceci définit le compromis entre rendement et pollution électromagnétique. Maxim a également travaillé les transistors MOS en sortie pour les adapter à la nature selfique du courant HF, déphasé par rapport à la tension. Tout a été mis en œuvre pour éviter la mise en conduction brutale des diodes intrinsèques, dites de roue libre. Les étages de sortie AEL combinés à la modulation CMI et SSM permettent d'optimiser le compromis entre rendement et pollution électromagnétique. L'environnement de travail se trouve moins parasité, tout bénéfice pour la distorsion harmonique en boucle ouverte qui se révèle insignifiante. Dans un tel contexte assaini, une rétroaction globale peut être envisagée pour encore améliorer la fidélité.

### Applications

Les amplificateurs en Classe D mélangeant allègrement HF et BF, on portera une attention particulière au dessin du circuit imprimé. On veillera à séparer les courants de commutation des courants audio,

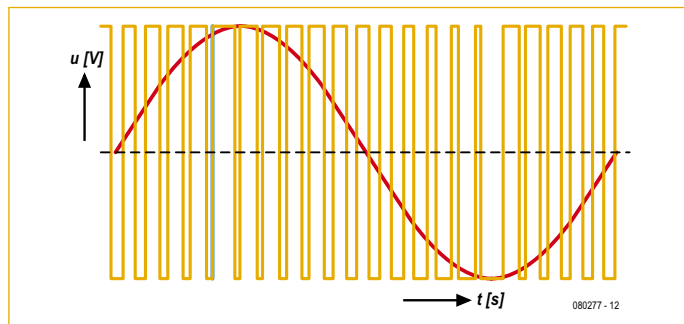


Figure 2. Le signal MLI (jaune) une fois filtré en passe-bas se transforme en un signal sinusoïdal (rouge).

jusqu'au niveau de l'alimentation.

Certes, les amplificateurs en Classe D se justifient dès qu'il est question de nomadisme et d'autonomie. Mais ce qui est en train de changer, est que ces avancées semblent prétendre à la qualité et à la fidélité, en réintroduisant, espérons-le, la notion de plaisir d'écoute. N'est-ce pas l'essentiel, après tout ?

Compte tenu de l'ensemble des techniques qui ont été déployées pour éliminer les émissions HF à la source, celui qui désire expérimenter bénéficie d'une plus grande latitude au niveau de l'exécution. Le circuit imprimé peut prendre quasiment n'importe quelle forme. Pratiquement, les circuits MAX9700, MAX9705 et MAX9715 nécessitent moins de composants externes, nécessitent moins de mise au point, et partent gagnants en ce qui concerne le respect des normes EMI les plus récentes.

Sur papier il semble que l'on ne puisse plus reprocher grand-chose à ces amplificateurs en Classe D Maxim de deuxième et troisième génération. Pourraient-ils se substituer aux meilleurs amplificateurs en Classe AB du marché, avec le bénéfice d'une consommation en baisse ? Quel est leur bruit ramené à l'entrée ? Cette valeur est-elle compatible avec un casque ou un haut-parleur sensible ?

Si tout ceci s'avère probant pour les puissances de l'ordre du Watt, notre impatience est grande de voir ces concepts s'appliquer au monde de la HiFi domestique.

Qu'en pensent les gourous, sur le plan subjectif ?

(090557-I, trad. Cnockaert)

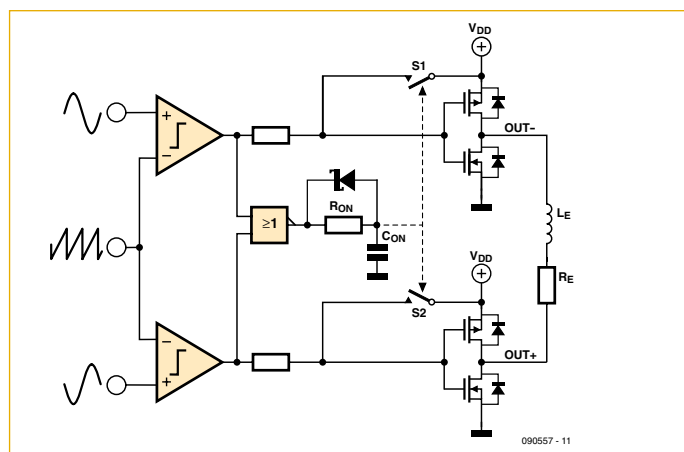


Figure 3. Cette modification permet de supprimer le filtre de sortie.

# Petits & source ouverte

## Systèmes d'exploitation embarqués à source ouverte

Harald Kipp (Allemagne)

L'article « Système d'exploitation multitâche léger pour microcontrôleurs » dans le dernier numéro a permis de se familiariser avec l'univers des systèmes d'exploitation pour microcontrôleurs. L'appétit vient en mangeant. Un coup d'œil sur Internet permettra de trouver de nombreux projets à source ouverte similaires.

« Internet n'oublie rien », une caractéristique souvent citée qui ne facilite pas l'établissement d'un aperçu général : dans un inventaire préliminaire, l'auteur a mis à jour pas moins de 30 projets d'OS à source ouverte qui supportent aussi des microprocesseurs 8 bits. La plupart d'entre eux semblent toutefois se trouver en animation suspendue : seule la moitié environ de tous les projets ont été mis à jour au cours des six derniers mois. Notre tableau se limite donc à 15 projets montrant des signes de vie. Ce choix est bien entendu subjectif et ne dit rien sur la qualité. De véritables bijoux, qui ne demandent qu'à être découverts, se dissimulent parfois parmi les projets actuellement inac-

tifs. Tout cela grâce à la source ouverte ! Respirez un bon coup, car nous allons passer directement à la question cruciale : qu'est-ce qu'un système d'exploitation ? Même les experts ne sont pas unanimes à ce sujet. Généralement parlant, un système d'exploitation a deux fonctions : gérer les ressources et dissimuler les détails du matériel. Parmi les ressources, on compte généralement le CPU, la mémoire et les appareils E/S. Les détails du matériel sont dissimulés aux programmes d'application, ce qui permet à ceux-ci de tourner sans modifications sur différents systèmes physiques.

### Gestion du CPU

Tous les systèmes d'exploitation présentés ici permettent d'accomplir plusieurs tâches (tasks en anglais), apparemment en parallèle. Multitasking (mode multitâche) est le terme technique approprié ; nous en avons présenté en détail les avantages dans le numéro précédent (en nous basant sur Femto OS) [1]. Le passage d'une tâche à l'autre se nomme « changement de contexte » (context switching). La complexité de cette transition varie selon le type de système d'exploitation. Usuellement, les systèmes d'exploitation offrent deux modes de fonctionnement multitâche : coopératif et préemptif.

En mode multitâche coopératif, un changement de contexte n'a lieu que lorsqu'une tâche cède volontairement le contrôle du CPU. Le côté positif : l'application est protégée contre une interruption à n'importe quel endroit. Ce mécanisme fonctionne suffisamment bien en pratique. Un grand nombre d'applications passent usuellement leur temps à attendre des événements externes. Le système d'exploitation Nut/OS (voir tableau) de la radio Internet d'Elektor [2] le démontre clairement.

De courts sous-programmes en assem-

bleur dans le système d'exploitation effectuent le changement de contexte. Cela ne facilite guère l'adaptation à un autre CPU. Le projet Protothreads de l'Institut suédois d'informatique démontre d'autre part que le mode multitâche peut être complètement implémenté en code C. Petit inconvénient : le contenu des variables locales non statiques est perdu lors du changement de contexte. Cette méthode trouve son plein emploi dans le système d'exploitation Contiki (voir tableau).

Il faut consacrer plus d'efforts au système d'exploitation comme à l'application pour utiliser le mode multitâche préemptif. La tâche active peut être interrompue à tout moment dès qu'une tâche de priorité plus élevée a été réactivée par un événement. Le programmeur doit traiter chaque tâche comme un sous-programme d'interruption. Qui a déjà programmé avec des interruptions connaît les pièges à éviter. L'accès aux variables globales peut provoquer des erreurs en l'absence de mesures appropriées. Il faut aussi que les sous-programmes soient réentrants [3] pour être utilisés « simultanément » par plusieurs tâches. L'avantage décisif du mode multitâche préemptif est toutefois évident : les fonctions de haute priorité sont effectuées dans un temps minimum.

Dans des cas individuels, l'application est le facteur déterminant la méthode la plus appropriée. Quelques systèmes d'exploitation apparus entre-temps offrent les deux variantes. Citons FreeRTOS et Femto OS (voir tableau).

### Commande des tâches

Les tâches doivent pouvoir se commander l'une l'autre indépendamment du type de mode multitâche utilisé. Il est irrationnel de lancer une tâche de sortie avant que la seconde tâche ait déterminé les résultats nécessaires. La méthode basée sur ce que

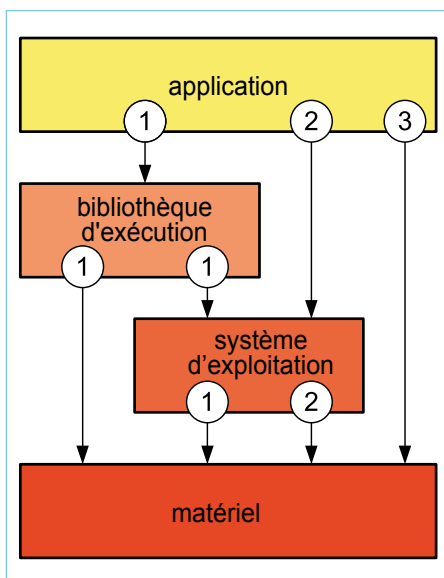


Figure 1. L'accès par l'intermédiaire d'une bibliothèque d'exécution rend une application indépendante du matériel et du système d'exploitation (1). L'accès par l'intermédiaire du système d'exploitation (2) « extrait » du matériel (par opposition à l'accès direct (3)).

## Vue d'ensemble

Le tableau ne contient que les systèmes d'exploitation qui continuent à être développés et requièrent un microprocesseur 8 bits ou plus pour fonctionner. Seules les familles de processeurs sont répertoriées sous « plateformes cibles ». Cela ne signifie toutefois pas que tous les membres d'une famille sont activement supportés. La licence est la licence principale qui peut différer partiellement de l'original.

Projet	Plateformes cibles	Licence	Particularités	Lien
BeRTOS	AVR, ARM	GPL	Nombreux pilotes, possibilités graphiques.	<a href="http://www.bertos.org">www.bertos.org</a>
ChibiOS/RT	AVR, ARM, MSP430, Coldfire, H8S, x86	GPL	Conception statique, sûre.	<a href="http://chibios.sourceforge.net">http://chibios.sourceforge.net</a>
Contiki	6502, ARM7, AVR, MSP430, Z80 u.a.	BSD	TCP/IP, 6LoWPAN, possibilités graphiques.	<a href="http://www.sics.se/contiki">www.sics.se/contiki</a>
Femto OS	AVR	GPL	Très petit et compact.	<a href="http://www.femtoos.org">www.femtoos.org</a>
FreeRTOS	ARM, AVR, MSP430, Coldfire, x86, PPC et autres	GPL	Très répandu.	<a href="http://www.freertos.org">www.freertos.org</a>
FunkOS	AVR, ARM, MSP430	Sleepycat	Possibilités graphiques	<a href="http://funkos.sourceforge.net">http://funkos.sourceforge.net</a>
HACK-RTOS	Zilog CPUs	GPL	Compact, assembleur seulement.	<a href="http://www.hack-rtos.ru">www.hack-rtos.ru</a>
Helium	HCS08, Coldfire	GPL	Petit noyau.	<a href="http://helium.sourceforge.net">http://helium.sourceforge.net</a>
Nano-RK	AVR	GPL	Réseau de capteurs	<a href="http://www.nanork.org">www.nanork.org</a>
Nut/OS	ARM, AVR	BSD	TCP/IP, similaire à POSIX	<a href="http://www.ethernut.de">www.ethernut.de</a>
NuttX	8052, ARM, Z80 u.a.	BSD	TCP/IP, API POSIX	<a href="http://nuttx.sourceforge.net">http://nuttx.sourceforge.net</a>
scmRTOS	AVR, ARM, Blackfin, MSP430 et autres	LGPL	C++	<a href="http://scmrtos.sourceforge.net/ScmRTOS">http://scmrtos.sourceforge.net/ScmRTOS</a>
TinyOS	ARM, AVR	BSD	Réseau de capteurs, nesC	<a href="http://www.tinyos.net">www.tinyos.net</a>
TNKernel	ARM, PIC24, HCS08, Coldfire	BSD	API ITRON	<a href="http://www.tnkernel.com">www.tnkernel.com</a>
YAVRTOS	AVR	LGPL	Simple planificateur de tâches.	<a href="http://www.chris.obyrne.com/yavrtos">www.chris.obyrne.com/yavrtos</a>

L'on nomme des sémaphores est connue depuis longtemps. Dans le cas le plus simple, il s'agit d'une variable dont une tâche peut incrémenter la valeur de 0 à 1. La tâche suivante qui tente de répéter cette opération est bloquée. Elle ne redevient active que lorsque la première tâche a remis le sémaphore à zéro. L'accès aux sémaphores n'est bien entendu pas direct. Il est effectué par un sous-programme du système d'exploitation. Ce sous-programme se charge le cas échéant du changement de contexte. La plupart des nombreux autres mécanismes sont toutefois basés sur le même principe.

Les exigences de la synchronisation en mode multitâche préemptif sont évidemment plus critiques. Le changement de contexte est plus complexe que celui de la méthode coopérative. Une région critique, dans laquelle un changement de contexte est interdit, permet de se protéger brièvement de l'accès d'autres tâches. Cette méthode est comparable à la désactivation des interruptions (interrupt disable) de la program-

mation sans système d'exploitation.

La plupart des systèmes d'exploitation offrent une gestion dynamique de la mémoire. Elle permet au système d'exploitation de prêter de la mémoire à une tâche qui en a besoin. Elle sera finalement rendue et pourra être utilisée par d'autres tâches. Les petits systèmes, qui souffrent notoirement d'un manque de mémoire, ont tout à y gagner.

Vous n'avez certainement jamais revu certains stylos-billes ou livres que vous avez prêtés. Les systèmes d'exploitation font occasionnellement des expériences similaires, particulièrement lorsque les applications sont écrites en C. Les concepteurs de ChibiOS/RT (voir tableau) ne sont pas les seuls à avoir délibérément renoncé à une gestion dynamique de la mémoire. Ils éliminent par la même occasion un autre problème connu, la « fragmentation de la mémoire ». La mémoire disponible atteint peu à peu un tel degré de fragmentation que le système se trouve littéralement « à

bout de souffle ».

### Gestion des E/S

La gestion des entrées/sorties n'est plus intégrée que dans certains systèmes d'exploitation. Elle faisait auparavant partie intégrante d'un système d'exploitation digne de ce nom, tandis que les fonctions évoquées plus haut formaient le noyau – kernel en anglais – du système.

Le noyau des systèmes similaires à Linux se charge même des entrées/sorties. Le soutien offert par les systèmes d'exploitation plus simples est pratiquement nul. Cela ne semble pas constituer de prime abord un grand problème. Les interfaces du matériel, quand elles sont relativement simples, peuvent être commandées directement par l'application. Le but important que constitue la dissimulation des détails du matériel n'est toutefois plus atteint. Ces considérations ne s'appliquent pas qu'aux commandes E/S classiques, mais aussi à d'autres fonctions dépendant du matériel comme la lecture ou le réglage de la date et de

## Compatibilité

Qui veut transborder son application d'un système d'exploitation à l'autre doit s'attendre à passer un moment difficile : les fonctions spécifiques du système d'exploitation (lancer une tâche, établir des priorités, etc.) offrent une compatibilité – disons – modérée. Il sera difficile de passer ensuite à un autre système. Les systèmes d'exploitation tels que Nuttx ou TNKernel (voir tableau) basés sur les normes ITRON et POSIX [7] [8] sont l'exception dans le domaine des petits systèmes.

l'heure.

En fait, il n'existe presque aucun système d'exploitation offrant directement les commandes E/S requises par l'application. C'est plutôt une bibliothèque d'exécution (runtime library) qui sert d'intermédiaire entre l'application et le système d'exploitation (figure 1). Ces bibliothèques sont souvent assez flexibles pour couvrir de nombreuses fonctions usuelles sans l'assistance du système d'exploitation. Cela s'applique tout au moins aux fonctions répondant aux normes C89 ou C99 des programmes en C [4].

### Processus et fils d'exécution

Les systèmes d'exploitation haut de gamme pour CPU à partir de 32 bits offrent bien entendu d'autres avantages. Ils sont souvent basés sur un noyau monolithique qui charge les applications dans la mémoire de travail et les exécute pendant le temps octroyé. Plusieurs applications peuvent tourner en parallèle (multiprocessing). Un élément hardware spécial de gestion de la mémoire (memory management unit en anglais, abrégé MMU) protège les programmes les uns des autres. Le système d'exploitation arrête tout programme défectueux qui tenterait d'empiéter sur la mémoire d'un autre programme. Le changement de contexte entre des processus protégés n'est pas un jeu d'enfant. Pourquoi alors ne pas exécuter plusieurs tâches quasi parallèlement dans un processus ? Ces tâches se nomment « fils » (threads). Les fils participant à ce traitement multifil (multi-

threading) se partagent la mémoire d'un processus. C'est le point où les limites avec les systèmes bien connus tournant sur PC s'estompent. Il n'est donc pas étonnant que Linux soit indiscutablement le champion des sources ouvertes pour systèmes embarqués d'une certaine taille.

Les petits systèmes ne disposent généralement pas de la possibilité de gérer plusieurs processus. Le système d'exploitation est généralement empaqueté dans des bibliothèques. Celles-ci seront assemblées avec l'application en un seul fichier binaire. Ce fichier est ensuite chargé sur le système cible où il est exécuté sous forme de processus unique. Le mode multitâche se réduit à un traitement multifil. Pas de protection de la mémoire. Un seul sous-programme défectueux causera facilement un « plantage » intégral.

Le système d'exploitation Contiki déjà évoqué démontre qu'il est aussi possible de réaliser des choses étonnantes avec un matériel minimum (contrôleur 8 bits). Contiki permet non seulement de lancer dynamiquement des processus pendant le temps d'exécution, mais offre même une interface graphique à cet effet (figure 2). L'affichage graphique et le connecteur pour la souris ne sont pas indispensables. Contiki dispose en effet d'un serveur VNC [5] avec support TCP/IP. Un navigateur lancé sur le PC charge une applette Java servant de client VNC. Il permet de visualiser l'interface graphi-

que du système d'exploitation embarqué. L'interface graphique comporte même un navigateur Web : en cliquant deux fois sur l'icône correspondante, on pourra surfer sur Internet avec un petit processeur 8 bits !

### Environnement de développement

Il faut configurer les petits systèmes d'exploitation pour les adapter de façon optimale au matériel disponible et aux exigences de l'application. Il suffit généralement d'éditer sur PC un fichier source abondamment documenté puis de lancer le pro-

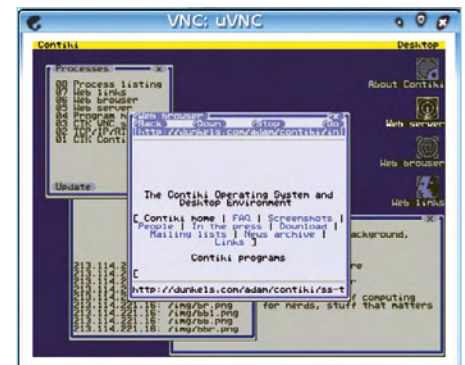


Figure 2. L'interface graphique de Contiki peut être commandée par un navigateur à partir d'un PC.

gramme « make » ou similaire pour recréer le système selon ses besoins. On dispose dans certains cas de programmes de configuration conviviaux. Citons par exemple l'outil de configuration du système d'exploitation Nut/OS (figure 3) ou les assistants (wizards) de BeRTOS et Helium (voir tableau). Malheureusement, rien ne garantit que le compilateur et l'éditeur de liens (linker) utilisés jusqu'alors pour le développement du micrologiciel seront compatibles avec le système d'exploitation choisi.

Il peut aussi arriver que les outils de développement conseillés ne soient pas disponibles avec le système d'exploitation utilisé sur le PC. Les utilisateurs de Mac OS sont encore trop négligés, mais ils ne devraient pas se laisser impressionner pour autant. Le plus sûr est de recourir à un environnement de développement disponible sous Linux. Il est

### Liens sur le Web

- [1] [www.elektor.fr/090843](http://www.elektor.fr/090843)
- [2] [www.elektor.fr/071081](http://www.elektor.fr/071081)
- [3] [fr.wikipedia.org/wiki/Réentrance](http://fr.wikipedia.org/wiki/Réentrance)
- [4] [fr.wikipedia.org/wiki/Bibliothèque\\_standard\\_de\\_C](http://fr.wikipedia.org/wiki/Bibliothèque_standard_de_C)
- [5] [fr.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_Network\\_Computing](http://fr.wikipedia.org/wiki/Virtual_Network_Computing)
- [6] [www.opensource.org/licenses/alphabetical](http://www.opensource.org/licenses/alphabetical)
- [7] [fr.wikipedia.org/wiki/Portable\\_Operating\\_System\\_Interface](http://fr.wikipedia.org/wiki/Portable_Operating_System_Interface)
- [8] [en.wikipedia.org/wiki/ITRON](http://en.wikipedia.org/wiki/ITRON)

extrêmement facile de créer aussi ces outils sous OS X à partir des paquets source. On peut aussi avoir recours aux émulateurs Linux, Fink pour utilisateurs Mac et Cygwin ou MingW sous Windows.

On a créé sa première application d'envergure. Il ne reste plus qu'à chercher les bogues. Ce n'est pas forcément un jeu d'enfant malgré le débogueur in situ (in-circuit debugger). Il faut en effet transférer chaque modification au système cible. Il est possible de tester tout d'abord l'application sur un PC lorsque l'interface de programmation est suffisamment compatible, comme avec Nuttx ou Nut/OS. Dans la plupart des cas, le nombre de modifications qui devront être transférées au système embarqué est faible. Un simulateur, comme offert avec Contiki, est encore plus commode.

### Licence

Un bricoleur qui programme pour ses propres besoins peut simplement ignorer les licences de l'univers des sources ouvertes. Cette liberté a toutefois des limites quand le logiciel est cédé à un tiers. La GNU General Public License (abrégée GPL) [6] est draconienne à cet égard. Si une bibliothèque est soumise à une licence GPL, une application utilisant ladite bibliothèque doit être aussi publiée sous forme de code source. Il est toutefois possible d'introduire des exceptions dans la GPL initiale. De telles exceptions sont plutôt la règle dans le domaine du logiciel embarqué – et voilà pourquoi des kits d'évaluation vendus sur le marché comportent des systèmes d'exploitation source ouverte comme FreeRTOS (figure 4).

Dans le cas de la LGPL (Lesser General Public License), l'application qui utilise une bibliothèque source ouverte peut elle-même rester source fermée. Seules des modifications apportées à la bibliothèque elle-même doivent être ouvertes.

La licence BSD (abrégé BSD-L) est relativement peu exigeante. Elle exige seulement de conserver les avis de droit d'auteur lors d'un transfert.

La lecture et la compréhension des conditions de licence ne sont pas une partie de plaisir. Prévoyez suffisamment de temps pour étudier ces textes avant d'opter pour un système !

(091035-I, trad. Softcraft)

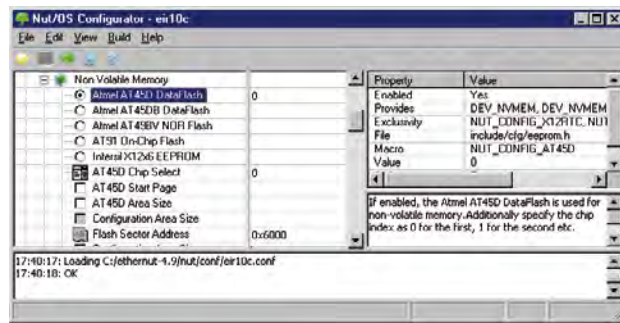


Figure 3. Configuration confortable du système d'exploitation Nut/OS.



Figure 4. FreeRTOS, qui est soumis à la GPL, est aussi offert (en sus des systèmes d'exploitation commerciaux) avec le kit d'évaluation Ethernet LM358962 de l'entreprise Luminary.

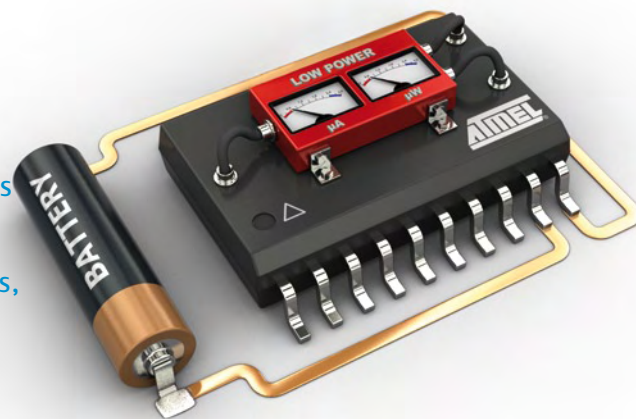
Figure 5. La page d'accueil des projets d'OS (ici BeRTOS) offre l'intégralité des téléchargements, trucs & astuces et dernières infos.

# Chaque microwatt compte

## Conception de circuits à faible consommation avec les AVR

Andreas Ridenauer (Allemagne)

Cet article entend vous aider dans la conception de projets à basse consommation avec les microcontrôleurs AVR, jusqu'au dernier microampère. C'est important pour le fonctionnement de circuits sur piles, super-capas, cellules solaires, boucles de courant 20 mA ou pour la « cueillette des milliwatts ».



Dans cette quête de la faible consommation, il ne faut pas oublier la consommation des appareils en mode veille. En France, les économies envisageables se monteraient à 7,2 TWh par an, selon Greenpeace (1 TW = 1000 MW), ce qui est considérable, non ? Les économies d'énergie commencent dès la conception du circuit, c'est ce que nous allons traiter ici, avec comme exemple les microcontrôleurs AVR habitués des pages d'Elektor. Les AVR se classent sans conteste parmi les microcontrôleurs les moins gourmands, aussi bien en valeur absolue que par rapport à la puissance de calcul. Les raisons en sont la conception en CMOS et l'architecture Harvard, associées au jeu d'instruction efficace de type RISC et à diverses astuces comme le *Flash Sampling*, qui consiste à alimenter la mémoire flash seulement pendant les phases d'accès.

Comme première lecture sur le sujet, on recommande les notes d'application AVR040 [1] et AVR042 [2]. Vous y trouverez des directives importantes pour la conception matérielle, pas seulement du point de vue des économies d'énergie !

Pour les économies d'énergie, nous vous donnons dans les paragraphes suivants des trucs concrets et des suggestions.

### Composants externes

Les LED seront des types à haut rendement et ne s'allumeront que brièvement.

Les relais bistables n'ont besoin que de courtes impulsions de courant lors de la commutation. Avec les relais standard, il est possible au moins de diviser l'intensité par deux, après le collage, au moyen de la modulation de largeur d'impulsion.

Les transducteurs piézo sont plus économes que les dynamiques, surtout s'ils sont attaqués à leur fréquence propre.

### Choix du microcontrôleur

Dans la famille AVR, les caractéristiques d'économie d'énergie sont variables. Choisissez quand c'est possible une version *picoPower* et

parmi elles spécialement les nouveaux types A, qui sont encore de 10 à 60 % plus économes. Par exemple l'ATmega88PA, à la place des ATmega88P et ATmega88. Les XMEGA sont basés sur les techniques les plus économes.

### Ports d'E/S

Les broches d'entrées/sorties inutilisées doivent être configurées en entrée. Toutes les entrées numériques (y compris inutilisées) doivent être fixées à un niveau logique défini, que ce soit par le circuit extérieur ou par l'activation des résistances de polarisation internes (*pull-up*). Ces résistances ne sont pas activées en état de *reset*. Pour limiter la consommation dans cet état, les polarisations internes sont obligatoires. Les XMEGA ont d'autre part des polarisations au niveau bas intégrées (*pull-Down*).

### Alimentation de l'horloge

Dans les composants CMOS, la consommation est à peu près proportionnelle à la fréquence d'horloge. Pour le fonctionnement en permanence, on choisit la fréquence juste suffisante pour assurer la puissance de calcul nécessaire. Mais qu'en est-il quand le fonctionnement permanent n'est pas nécessaire et que d'autre part un traitement rapide épisodique est nécessaire ? Dans ce cas, plusieurs modes de sommeil (*sleep modes*) sont disponibles. L'unité centrale est alors isolée la plupart du temps de l'horloge du système (ou bien l'horloge est complètement arrêtée), réveillée en cas de besoin et renvoyée au sommeil après exécution de sa tâche.

Le **tableau 1** donne une vue d'ensemble des divers modes de sommeil. Dans tous les modes, l'UC peut être réveillée par une interruption extérieure, la remise à zéro, la détection de l'adresse TWI (I<sup>2</sup>C) et le chien de garde (quand il est activé).

Si on dispose d'un signal de réveil externe comme la pression d'une touche ou l'activation d'une interface, l'AVR peut être basculé dans le mode d'économie d'énergie dit *powerdown*. Avec une consommation de 0,1 µA, c'est le mode de sommeil le plus économique. Si

Tableau 1. Modes de sommeil

Mode sommeil	Horloge principale	RTC	Réveil	Réveil SPM/EEPROM Ready	Réveil fin de conversion A/N	Réveil RTC	Réveil par autres interruptions	Remarques
Idle	marche	marche	rapide	oui	oui	oui	oui	
ADC Noise Reduction	marche	marche	rapide	oui	oui	oui	non	Comme Idle, mais moins de modules actifs
Power Down	arrêt	arrêt	lent	non	non	oui	non	Réveil extérieur seulement
Power Save	arrêt	marche	lent	non	non	non	non	Comme Power Down, mais possibilité de réveil autonome
Stand-by	marche	arrêt	rapide	non	non	non	non	Comme Power Down, mais horloge principale active
Extended Stand-by	marche	marche	rapide	non	non	non	non	Comme Power Save, mais horloge principale active

le microcontrôleur doit se réveiller lui-même, l'horloge en temps réel (*Real Time Clock*) doit rester active. Dans ce mode d'économie intermédiaire dit *Power-Save*, un AVR Pico-Power ne consomme, avec moins de 1  $\mu\text{A}$ , qu'à peu près le dixième d'un AVR standard. Ces données ne sont toutefois que des valeurs « typiques » sujettes à dispersion. D'autre part, elles ne se rapportent qu'à une température de 25 °C.

En fonctionnement intermittent avec de longues phases de sommeil et de courtes phases de travail, il y a une différence notable entre des phases actives à fréquence élevée et à fréquence basse, donc plus de plus longue durée : des phases actives rapides sont un peu plus avantageuses. Ici c'est la tension d'alimentation qui fixe des limites et les oscillateurs RC internes ne peuvent atteindre en général que la moitié de la fréquence maximale (exception : le XMEGA). Si par exemple le débit d'une interface série UART impose une fenêtre active donnée, on peut abaisser la fréquence d'horloge, en dehors de cette fenêtre, à la valeur strictement nécessaire. Lors des calculs, on rétablira la fréquence plus élevée. Pour cela il est préférable (quand c'est possible) de commuter entre deux sources d'horloge prédéfinies que de modifier le facteur du prédiviseur. En règle générale, il ne faut pas utiliser une fréquence supérieure à ce qui est nécessaire. Les XMEGA se prêtent particulièrement bien à cette commutation. S'il faut par exemple une fréquence de 16 MHz, il

faut la produire avec l'oscillateur RC à 2 MHz et la PLL, au lieu de l'oscillateur à 32 MHz et un diviseur. Si l'UC et les composants périphériques réclament des horloges différentes, l'horloge principale qui les produit sera de fréquence aussi basse que possible (voir la note d'application AVR2010 [3]).

### Oscillateurs d'horloge

Non seulement la fréquence, mais aussi le type de la source d'horloge jouent un rôle : d'abord en fonction de la consommation de courant, ensuite en fonction du temps de démarrage des oscillations.

Si on a recours aux modes de sommeil avec des exigences modestes quant à la précision et à la stabilité de la fréquence, il faut utiliser l'oscillateur RC interne. Non seulement il évite la sensibilité aux chocs et l'encombrement du quartz, mais il supprime le temps de démarrage et par là économise de l'énergie : un quartz a besoin d'environ 15 000 périodes d'oscillation pour se stabiliser, un oscillateur RC se contente de six ! Entre les deux on trouve le résonateur céramique avec 200 à 1000 périodes. Leur précision suffit pour une interface série, mais pas pour une horloge en temps réel. Les AVR les plus récents disposent d'un capteur de température qui permet le calibrage de l'oscillateur RC par le report de la température dans le registre OSCAL. Les écarts de 1 à 2 % ainsi obtenus suffisent pour une interface UART. Ici aussi les XMEGA sont plus confortables avec

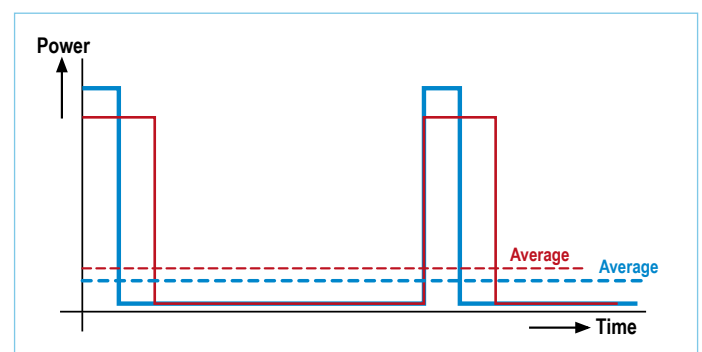
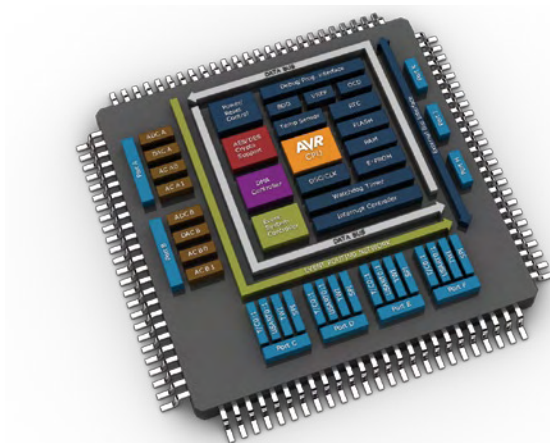


Figure 1 – De courtes phases d'activité rapide réduisent la consommation moyenne de courant.

Tableau 2. Types d'oscillateurs		
Types d'oscillateurs	Précision	Temps de démarrage en cycles
Quartz	10 à 50 ppm	16 k
Quartz horloger 32 kHz	10 à 50 ppm	16 k à 32 k
Résonateur céramique	0,5 à 1 %	200 à 1 k
Oscillateur RC	1 à 2 % (calibré)	6
Horloge externe	–	6

leur oscillateur RC à 32 kHz calibré à 1 % sur toute la plage de température et de tension.

Si la précision du quartz est indispensable, on peut économiser de l'énergie en configurant le fusible CKSEL sur *Low Power Crystal Oscillator* de préférence à *Full Swing Crystal Oscillator*, mais aux dépens de la susceptibilité électromagnétique (CEM). Dans les rares cas où une horloge externe permanente doit rester disponible, ce sera la solution la plus économique.

On trouvera une vue d'ensemble des différents types d'oscillateurs dans le **tableau 2**.

### Tension d'alimentation

La consommation de courant est à peu près proportionnelle à la tension d'alimentation. La tension minimale de la plupart des AVR modernes est 1,8 V, celle des XMEGA de 1,62 V. Plus la tension UB est basse, plus s'abaisse aussi la fréquence d'horloge maximale. Les ATtiny23U/43U contiennent un convertisseur élévateur qui autorise le fonctionnement sur un seul élément, pile ou accumulateur. Le fonctionnement sûr est ainsi possible à partir de 0,9 V, ce qui permet une très bonne utilisation de la pile. En dessous de 0,6 V, la puce est entièrement déconnectée, pour éviter une décharge profonde. Le régulateur à découpage lui-même a besoin de 17 µA, ce qui n'est pas encore la solution optimale pour les circuits à temporisateur en marche permanente.

### Détection des creux de tension (*brownout*)

Si la tension d'alimentation tombe trop bas, le comportement du microcontrôleur devient imprévisible. Pour l'éviter, il faut activer la surveillance de la tension par *BrownOut Detection* (BOD). Au passage en dessous de la valeur minimale, le microcontrôleur est commuté en état de remise à zéro (*reset*). Les AVR Pico-Power disposent de la

*Sleeping-BOD* (SBOD) qui peut être désactivée en mode sommeil. En fonctionnement sur piles, la chute de tension est si progressive qu'il faut la vérifier périodiquement avec le convertisseur A/N ou le comparateur analogique. On peut alors facilement émettre un avertissement de pile faible bien avant d'atteindre le seuil de BOD.



### Power Reduction Register (PRR)

Il faut déconnecter les périphériques inutilisés. De nombreux AVR disposent d'un registre *Power Reduction Register* (PRR). Les temporisateurs, convertisseurs A/N, interface TWI (I<sup>2</sup>C) peuvent être isolés de l'horloge par la mise à 1 d'un bit, et restent dans leur dernier état jusqu'à ce que l'horloge soit appliquée à nouveau. Le comparateur analogique doit être désactivé séparément, par la mise à 1 du bit ACD dans le registre ACSR. L'économie est de quelque 60 µA sous 3 V. Pour cela il faut que l'interruption du comparateur analogique soit bloquée, sinon elle sera déclenchée par le changement du bit. Donc il faut effacer préalablement le bit ACIE du registre ACSR ! Si la référence de tension à barrière de potentiel (Vref) est reliée en interne à une entrée de comparateur, elle entre en ligne de compte pour 15 µA, même dans un mode de sommeil. D'où l'utilité de mettre à 0 le bit ACBG du registre ACSR !

Les économies potentielles par la déconnexion des périphériques sont résumées dans le **tableau 3**.

### Registre des E/S à usage général/ports virtuels (XMEGA)

Comme les *Special Function Register* (SFR) sont devenus à la longue beaucoup plus nombreux que ce que recouvre l'espace mémoire prévu à l'origine, les instructions rapides IN, OUT etc. ne peuvent

Tableau 3. Économies en cas d'arrêt de périphériques		
Module	Économie actif	Économie mode Idle
USART	2 %	6 %
Temporisateur asynchrone (RTC)	4 %	15 %
Temporisateur/Compteur	2 %	6 %
Convertisseur A/N	4 %	14 %
SPI	3 %	11 %

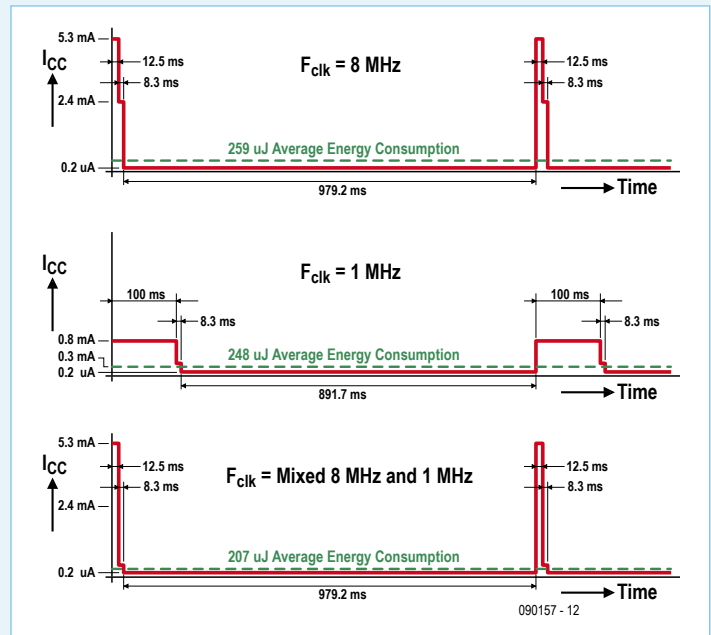
## Commutation dynamique d'horloge avec l'exemple Remote Keyless Entry (RKE)

Une clé électronique sans contact a été réalisée avec un ATmega128 classique parce que les AVR Pico-Power avec 128 ko de mémoire n'étaient pas encore disponibles à l'époque. Aujourd'hui on peut utiliser un ATmega1284PA ou un ATxmega-128A1, plus économes, en conservant le même principe.

La clé-émetteur se trouve pendant 98 % du temps en mode Power-Down et est activée une fois par seconde aux fins de test par une pression de touche. La tension d'alimentation est de 3 V. La communication avec la station de base, cryptée par AES, se fait par radio avec un débit de 9600 bauds. Le traitement des données, y compris le cryptage, a besoin de 100 000 cycles d'horloge, chaque message émis comporte 8 octets.

On utilise d'abord la fréquence maximale de l'oscillateur RC, 8 MHz. Il en résulte une consommation d'énergie de 250  $\mu$ J (microjoule) par émission. Si on rabaisse la fréquence d'horloge à 1 MHz, on peut faire une économie d'énergie significative pendant la durée de la communication, imposée par le débit sériel. Les opérations mathématiques se déroulent également avec une consommation de courant moindre, mais de ce fait elles durent plus longtemps. Il en résulte, avec une consommation de 248  $\mu$ J,

une économie globale de 4 % par rapport au fonctionnement à 8 MHz. Mais si on effectue les calculs à la fréquence rapide de 8 MHz et qu'on redescend à 1 MHz pour la communication, on arrive à une consommation de 207  $\mu$ J seulement, et on économise donc 20 % !



Opération	Cas	Horloge [MHz]	Durée [ms]	Courant [ $\mu$ A]	Puissance [mW]	Énergie [ $\mu$ J]
Calcul (active) 100.000 cycles	1	8	12,5	5300	15,9	198
	2	1	100,0	800	2,40	240
	3	8	12,5	5300	15,9	198
Émission (Idle) 8 octets	1	8	8,3	2400	7,2	60
	2	1	8,3	300	0,90	8
	3	1	8,3	300	0,90	8
Power Down	1	0	979,2	0,2	0,001	1
	2	0	891,7	0,2	0,0006	0,5
	3	0	979,2	0,2	0,0006	0,6
Total/section	1	-	1000,0	86	0,26	259
	2	-	1000,0	83	0,25	248
	3	-	1000,0	69	0,21	207

s'appliquer qu'à une petite partie. Ici on peut économiser quelques cycles d'horloge par un choix judicieux des périphériques. Les nouveaux AVR disposent d'un registre d'entrées/sorties à usage général auquel on peut accéder plus rapidement que dans l'espace de mémoire SRAM. Dans les XMEGA, la phase active peut être raccourcie par le recours aux *Virtual Ports*. Ils permettent l'accès aux registres DIR, IN, OUT et INTFLAGS de quatre ports avec des instructions à un cycle pour le transfert de données et la manipulation de bits.

### Convertisseur analogique/numérique (ADC)

Logiquement le CA/N ne sera utilisé qu'en cas de besoin effectif et dans ce cas seulement en mode de conversion unique (*single conversion*). Il a besoin de 200  $\mu$ A sous 3 V. Dans le cas du mode de réduction du bruit, l'UC est déconnectée pendant la conversion, ce qui

économise du courant et améliore la précision, puisque les parasites éventuels dus au fonctionnement de l'UC sont épargnés au CA/N. Comme le temps de conversion A/N sur 8 bits est de 12  $\mu$ s seulement (contre 65  $\mu$ s sur 10 bits), on peut économiser de l'énergie quand les 8 bits suffisent. Puisqu'il n'existe pas de mode spécial à 8 bits, on règle l'horloge ADC sur une fréquence élevée (1 MHz) et on utilise le bit ADLAR pour stocker l'octet significatif du résultat dans le registre ADCH. On lit le résultat 12  $\mu$ s plus tard et on arrête le convertisseur.

### Digital Input Disable Register (DIDR)

Toutes les entrées analogiques des AVR peuvent aussi être utilisées comme E/S tout ou rien. Lors de l'application de tensions analogiques, des courants circulent de l'alimentation à la masse dans les

**Tableau 4: Checklist pour la conception Low-Power avec les microcontrôleurs AVR**

Mesure	Registre	Fusibles	OK
Optimisation des circuits externes			
Alimentation sous basse tension		BODLEVEL	
Utilisation des types picoPower / A / XMEGA			
Niveaux logiques définis sur les entrées / pull-ups	PORTx		
E/S inutilisées en entrée avec pull-up	DDRx		
Utilisation des modes Sleep	SMCR		
Fonctionnement périodique avec RTC et oscillateur RC		CKSEL	
Phases actives brèves et rapides	CLKPR	CKDIV8	
Changement dynamique d'horloge	CLKPR		
Mode oscillateur à basse consommation		CKSEL	
Oscillateur à démarrage rapide		CKSCL/SUT	
Utilisation de Sleeping BOD ou BOD	MCUCR	BODLEVEL	
Arrêt du débogage intégré (On Chip Debugger)		OCDEN	
Déconnexion Debug Wire / interface JTAG	MCUCR	DWEN/JTAGEN	
Utilisation du registre Power Reduction	PRR		
Utilisation du registre General Purpose I/O	GPIO		
Utilisation des Virtual Ports (XMEGA)	VPORTx		
EEPROM/Flash: Power Reduction Mode (XMEGA)	CTRLB (EPRM/FPRM)		
CA/N / CA : déconnexion des entrées logiques	DIDR		
CA/N : mode de réduction du bruit	SMCR		
CA/N : 8 bits suffisent ?	ADCSR(A), ADMUX		
Arrêt du comparateur analogique	ACSR		
Déconnexion de la diode à barrière de potentiel (Vref)	ACSR, ADCSR(A)	BODLEVEL	
Arrêt du chien de garde (WDT)	MCUSR, WDTCR	WDTON	
XMEGA : Event System et DMA	Voir feuille de caractéristiques		
LCD : choix de la forme d'onde / basse fréquence de trame	LCDCCR, LCDFRR, LCDARA, LCDARB		
Matériel au lieu de logiciel, autant que possible			
Optimiser le logiciel pour la vitesse (assembleur ?)	GPIO		

## Liens et littérature

- [1] AVR040 : EMC Design Considerations [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc1619.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1619.pdf)
- [2] AVR042 : AVR Hardware Design Considerations [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2521.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2521.pdf)
- [3] AVR105 : Power Efficient High Endurance Parameter Storage in Flash Memory [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2546.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2546.pdf)
- [4] « Innovative Techniques for Extremely Low Power Consumption with 8-bit Microcontrollers », A.M. Holberg & A. Saetre (Atmel White Paper) [www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc7903.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc7903.pdf)

étages d'entrée logiques, parce que les deux transistors conduisent quelque peu. La consommation augmente de quelques centièmes de microampère par broche. C'est pourquoi les types picoPower comportent un registre *Digital Input Disable* (DIDR) qui permet de séparer broche par broche les branches d'entrées logiques du multiplexage analogique.

## Accès à l'EEPROM et à la mémoire flash

Dans le XMEGA, le contrôleur de la mémoire non volatile (NVM) peut être configuré en mode économie d'énergie.

Dans ce cas, l'EEPROM et/ou les parties inutilisées de la mémoire sont déconnectées aussi en mode actif.

Par ailleurs, l'écriture dans l'EEPROM est plus économique en mode page qu'en mode octet.

## Déconnexion des WDT et UC

Arrêter le chien de garde (*WatchDog Timer*, WDT) économise environ 6  $\mu$ A sous 3 V. On ne l'utilisera, si c'est possible, que pendant les phases de débogage.

Les XMEGA offrent davantage de possibilités, grâce à l'accès direct à la mémoire (*Direct Memory Access*) et à l'*Event System*, pour mettre l'unité centrale en sommeil tout en continuant de réagir aux stimuli. Ainsi, un enregistreur de données par exemple peut fonctionner presque sans activité de l'unité centrale : l'horloge en temps réel (RTC) déclenche périodiquement par l'*Event System* une conversion A/N, le résultat est stocké en mémoire par DMA. C'est seulement en cas de besoin que l'UC est réveillée par une interruption, par exemple si le résultat de la conversion tombe en dehors d'une fenêtre définie. L'accès direct à la mémoire réduit de 96 % l'utilisation de l'UC dans une communication SPI à 4 Mbit/s et de 57 % dans une communication par l'UART à 2 Mbit/s. Un cryptage AES peut s'effectuer dans le XMEGA indépendamment de l'UC. Fondamentalement, on exploitera les ressources matérielles au lieu de solutions logicielles et on choisira le microcontrôleur en conséquence.

La conception du logiciel a une influence, et non la moindre, sur la consommation d'énergie : usage modéré des sous-programmes, algorithmes rapides de préférence à l'économie de place en mémoire, tableaux de valeurs de préférence au lieu de calculs compliqués, interruptions au lieu de scrutation, RJMP au lieu de JMP (quand c'est possible), stockage autant que possible des variables utilisées fréquemment dans les registres de travail (en assembleur).

Dans les langages de haut niveau, optimiser le code en vue de la rapidité d'exécution. Des approfondissements intéressants se trouvent dans un *white paper* d'Atmel [4].

## LCD

Certains AVR disposent d'un contrôleur d'afficheur à cristaux liquides. Pour réduire leur consommation au minimum, on choisit les formes spéciales des signaux de pilotage et on garde la fréquence des trames aussi faible que possible. On trouve des détails à ce sujet dans les feuilles de caractéristiques sous *Minimizing Power Consumption* et *Low Power Waveform*. Avec l'horloge LCD synchrone, on peut aussi mettre le module LCD en mode Idle (repos) ou Power-Save, avec l'horloge asynchrone d'autre part en mode ADC-Noise Reduction.

## Conclusion

Vous trouverez un résumé sous forme de checklist dans le **tableau 4**. Si on met en œuvre tous les procédés cités, on peut par exemple faire fonctionner un capteur de température qui transmet une mesure toutes les 30 s dans un réseau sans fil Zigbee pendant 10 ans, théoriquement, avec deux piles bâton de 1,5 V, y compris la consommation de l'émetteur-récepteur utilisé, de type AT86RF212/231. Toutefois, seules les piles au lithium ont une telle durée de vie.

(090157-I, trad. Brodier)



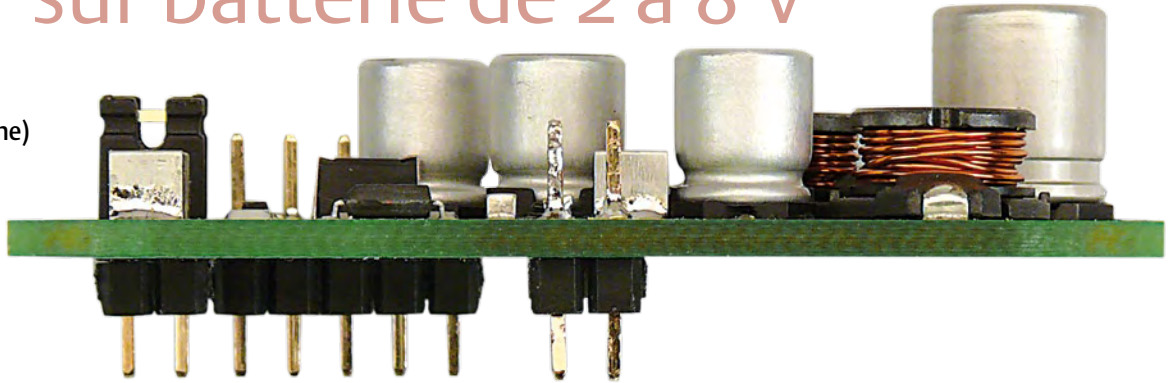
## L'auteur

Andreas Ridenauer a étudié l'électrotechnique à l'Université Technique de Darmstadt et en formation continue avec l'Université de Hagen. Il est ingénieur d'application chez le distributeur Atmel INETEK et intervient comme chargé de cours, auteur spécialisé et animateur de séminaires (entre autres lors des AVR-Workshops d'Elektor).

# Régulateur SEPIC 5V

## Du 5 V sur batterie de 2 à 8 V

Daniel Goß (Allemagne)



De nombreux circuits et microcontrôleurs sont faits actuellement pour fonctionner sur batterie à tension très basse. Mais il faut quand même souvent travailler avec une tension d'alimentation de 5 V. Si l'on demande une bonne exploitation de la batterie ou une extinction automatique, on risque de devoir passer un temps considérable à développer une alimentation appropriée. C'est justement pour fournir une solution universelle toute prête que ce régulateur de 5 V a été conçu.

### Caractéristiques techniques

- Plage de la tension d'entrée de 2 à 8 V (de 2 accus AA jusqu'à 2 x Lilon ou LiPo)
- Fournit 150 mA à un circuit sous 5 V à partir de deux accus AA
- Particulièrement adapté aux circuits à microcontrôleur sous 5 V
- Rendement de 75 % à 2 V et > 76 % entre 3 et 8 V à l'entrée
- Composants standard aisément disponibles
- Tous les raccords au pas de 2,54 mm
- Fonction de mise hors tension logicielle par microcontrôleur
- Bouton d'allumage utilisable ensuite en saisie de donnée
- Faible consommation en veille ou arrêt logiciel.

Une plus large gamme de tension d'alimentation permet un fonctionnement direct sur accumulateurs ou sur piles. Mais dès qu'il s'agit de composants tels que des écrans LCD ou des capteurs, la plage de tension de la source rétrécit souvent très fort. Et comme de nombreuses applications à microcontrôleur exigent encore une tension de service de 5 V, force est de développer pour eux une source d'énergie polyvalente capable de délivrer en sortie un 5 V stable à partir d'une tension d'entrée qui, elle, peut aller de 2 à 8 V.

Du coup, la source d'énergie peut aussi bien être constituée d'une paire d'accumulateurs bâton (2 à 2,4 V) que de deux cellules Lilon ou LiPo (7,2 V). Le courant de sortie, qui peut atteindre 150 mA, devrait convenir à la plupart des appareils alimentés sur piles. C'est un

niveau logique qui met en service le montage, le fait passer en mode de veille et l'arrête.

### Le principe

En raison de sa plage de tension et de la facilité de se le procurer, le choix s'est porté sur le LT1302 de Linear Technology. Il s'agit en fait d'un convertisseur élévateur à découpage. Mais il est utilisé ici en configuration dite SEPIC (*single ended primary inductor converter*) [1] qui le rend utilisable en convertisseur *Buck-Boost* [2]. On atteint de la sorte une plus grande gamme de tension d'entrée du fait que le circuit peut travailler comme convertisseur élévateur pour les tensions d'entrée inférieures à 5 V aussi bien que comme convertisseur abaisseur pour les tensions de source supérieures à 5 V. Et qui plus est, cela lui confère en outre la fonction de déconnexion de la sortie (*Out-*

### put Disconnect Function)

Le circuit (**figure 1**) est monté sur une petite platine (**figure 2**) garnie de CMS. Les broches de raccordement sont distantes de 2,54 mm (**figure 3**) ce qui permet de la brancher directement sur une platine d'expérimentation ou de la monter sur une plaque perforée. Outre le raccord pour la batterie K1, il y a une embase de connexion à 5 broches (K3) à la sortie et un cavalier de test (K2). La tension minimale d'entrée de 2 V sur K1 signifie en pratique que deux accumulateurs AA peuvent encore servir jusqu'à leur décharge à 1 V

La tension de sortie stabilisée de 5 V est disponible à la broche 1 de K3. Les autres contacts portent les indications *BattSense*, *PowerOn*, *PowerHold* et Masse. La ligne *BattSense* permet de faire surveiller la tension de batterie par un microcontrôleur doté d'un convertisseur A/N dans le circuit alimenté. Relier à la masse la ligne *PowerOn* fait démarrer le convertisseur à découpage qui fournit alors 5 V à la sortie. Le microcontrôleur peut alors mettre la ligne *PowerHold* au 5 V pour arrêter le convertisseur. Quand la tension sur *PowerOn* disparaît, le convertisseur reste activé par T1. Mais le microcontrôleur peut se débrancher et mettant à la masse la ligne *PowerHold*. Nous vous en dirons davantage à la fin de cet article à propos de la liaison à un microcontrôleur et d'autres possibilités d'application.

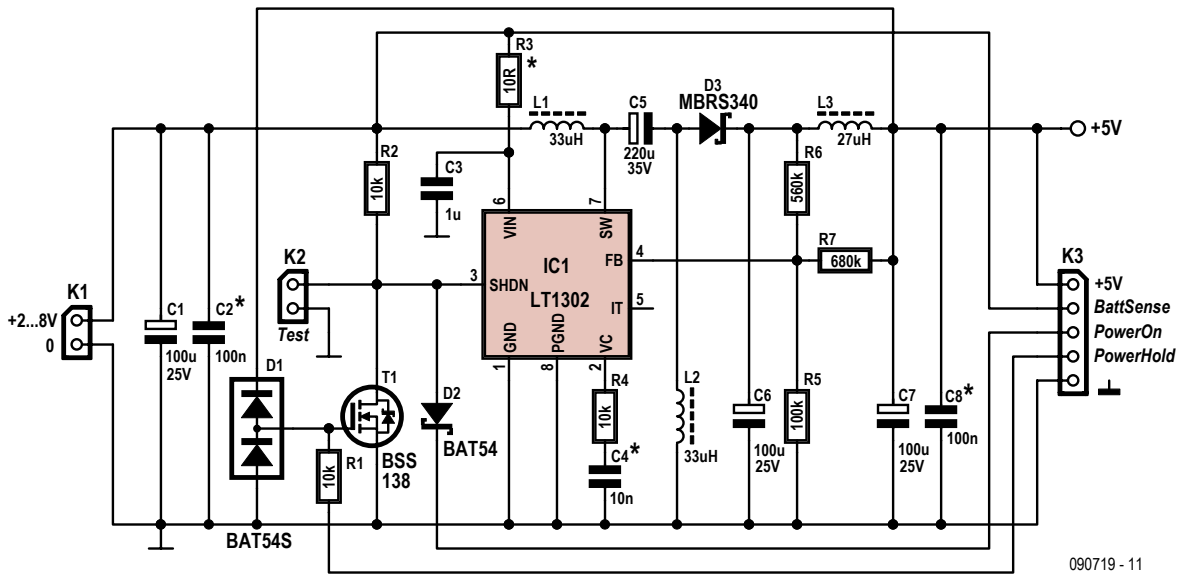


Figure 1. Le schéma du régulateur SEPIC de 5 V avec le LT1302 de Linear Technology.

### Le fonctionnement

La **figure 4** vous présente le synoptique du LT1302 pour mieux comprendre la fonction de commutation. À ceux qui souhaitent analyser en détail le circuit, nous recommandons d'en réaliser une simulation à l'aide du programme gratuit LTSpice [3]. Dans le dossier de téléchargement de cet article [4], il y a comme illustrations quelques oscillogrammes relevés lors de la simulation.

En service comme élévateur de tension, le cycle de « boost » commence par la mise à

la masse du transistor (Q4 à la figure 2) de commutation intégré dans IC1, en conséquence de quoi un courant se met à circuler par L1. Dès lors, C5 se charge à travers L2, ce qui augmente encore le courant dans L2. À la **figure 5**, le courant dans L1 et L2 est amplifié par le transistor mis en conduction. Ces courants sont de sens opposés, mais s'additionnent. Maintenant, IC1 bloque le transistor. C5 n'est donc plus relié à la masse à travers Q4, il est amené au niveau de la tension positive d'entrée, laquelle est encore augmentée par la tension de self-induction due

à L1. La bobine L2 aussi pourrait maintenir le courant. Par conséquent, elles contribuent, de concert avec C5, à faire apparaître sur D3 une tension positive supérieure à celle de l'alimentation de IC1, qui n'est autre que la tension d'entrée du circuit. La **figure 6** montre le trajet du courant lors du blocage du transistor.

Donc C5 et L2 chargent ensemble le condensateur réservoir C6. Cette situation dure environ 4,5  $\mu$ s, jusqu'à ce que Q4 dans IC1 soit remis à la masse. C5 peut de nouveau

## Liste des composants

### Résistances :

Toutes CMS 0805, 1%  
R1, R2, R4 = 10 k $\Omega$   
R3 = 10  $\Omega$  (voir texte)  
R5 = 100 k $\Omega$   
R6 = 560 k $\Omega$   
R7 = 680 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1, C6, C7 = 100  $\mu$ F/25 V CMS (p.ex. Farnell 1735335)  
C2, C8 = 100 nF/100 V CMS (p.ex. Reichelt CMS-1812 100N, voir texte)  
C3 = 1  $\mu$ F/25 V CMS tantale 0805 (p.ex. Farnell 1135280)  
C4 = 10 nF/100 V CMS (p.ex. Reichelt CMS-1812 10N, voir texte)  
C5 = 220  $\mu$ F/35 V CMS (p.ex. Farnell 9695877)

### Inductances :

L1, L2 = 33  $\mu$ H, 2 A, 0,12  $\Omega$  CMS (p.ex. Farnell 1612699, Reichelt L-PISM 33 $\mu$ )  
L3 = 27  $\mu$ H, 0,8 A, 0,26  $\Omega$ , CMS (p.ex. Farnell 1539570)

### Semi-conducteurs :

Tous CMS  
D1, D2 = BAT54S (SOT-23, STMicroelectronics)  
D3 = MBRS340 (SMC, ON Semiconductor)  
T1 = BSS138N (SOT-23, Infineon)  
IC1 = LT1302 (SO-8, Linear Technology)

### Divers :

K1, K2 = embase mâle bipolaire  
K3 = embase à 5 picots  
Platine EPS 090719 (voir e-choppe ou [www.elektor.fr/090719](http://www.elektor.fr/090719))  
Tracé des pistes à télécharger sur [www.elektor.fr/090719](http://www.elektor.fr/090719)

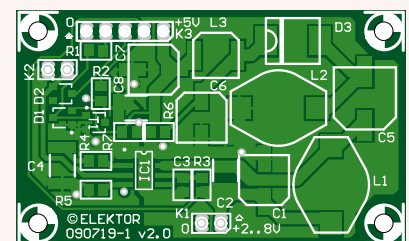


Figure 2. La platine est complètement pourvue de CMS. En raison des hautes températures pendant le brasage sans plomb par refusion, C2, C4, C8 et les embases devront être soudés à la main par après.

## Le mot du Labo Elektor

Sur le circuit de Daniel Goß, nous n'avons apporté que peu de modifications. Comme protection pour la porte de T1, nous avons ajouté la double diode D1 ainsi que R1. Nous avons conservé l'idée d'épingler la platine au pas de 2,54 mm sur une carte d'expérimentation. En revanche, les trous de fixation ne sont plus dans ce même alignement pour raccourcir un peu la platine. Que ce soit pour l'épingler ou la souder sur une autre carte, il n'est pas nécessaire de la fixer par vis.

Trois du condensateur SMD (1812) sont des modèles à feuille plastique. En réalité, ce sont des MKT qui ont une résistance série plus basse et de meilleures propriétés diélectriques que des céramiques 0805, par exemple. Mais on peut se demander s'il est possible de les soumettre à la refusion avec une soudure sans plomb, puisque la série 1812 dans la famille Wima ne peut supporter que 220 °C. La feuille de caractéristiques cite 210 °C comme température maximum pour ces condensateurs et le point de fusion du polyester se situe à 245 °C.

Sur le prototype du laboratoire Elektor, tous les composants sur la platine, à l'exception des embases et des condensateurs C2, C4 et C8, ont été soudés sans plomb au four Elektor pour CMS. Comme la température peut y atteindre 260 °C, ces composants à risque ont donc été finalement soudés à la main.

Nous avons mesuré le rendement énergétique du circuit qui a atteint un courant de sortie un peu supérieur à 150 mA (résistance de charge de 33 Ω, cavalier « Test » mis sur K2).

Le rendement dépend légèrement de la tension d'entrée, avec un minimum de 74,8 % sur 2 V et un maximum de presque 77 % pour de tensions d'entrée entre 3,5 et 6,5 V. Pour les tensions d'entrée plus élevées, le rendement faiblit très légèrement pour atteindre 76,2 % sur 8 V.

L'avantage du système survolteur-dévolteur (*buck-boost*, quand on

roule à gauche) est naturellement la plage étendue de la tension d'entrée. Mais il faut compter avec une légère diminution du rendement par rapport à une application standard du LT1302 en tant que pur convertisseur élévateur. Comme régulateur de 5 V, pour une tension d'entrée de 3 V, il accède à un rendement maximum de près de 87 %.

La feuille de caractéristiques du LT1302 recommande, pour les tensions d'entrée supérieures à 5 V, un découplage supplémentaire de l'alimentation de la puce, constitué d'une résistance de 10 Ω (au moins 2 Ω) et d'un condensateur au tantale de 1 µF. Lors de nos mesures, nous avons mis une résistance (R3) de 0 Ω. Le condensateur

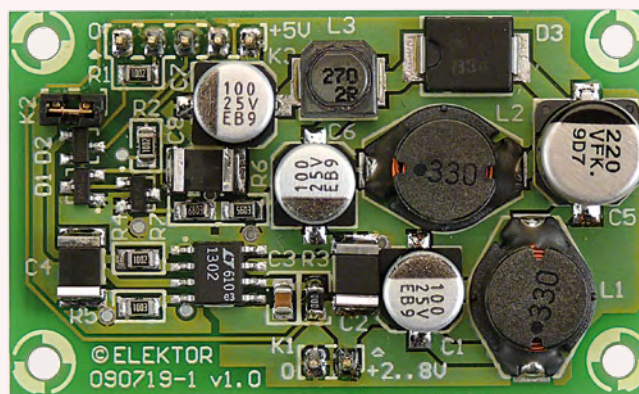
C3 pourrait être aussi de 100 nF (CMS 0805). Avec des tensions plus basses, de l'ordre de 2 V, une valeur supérieure pour R3 causerait une chute de potentiel qui ferait tomber trop bas la tension sur le LT1302. Si l'on n'utilise par exemple que deux accumulateurs AA comme source de tension, on peut simplement ponter R3 et conserver l'électrolytique au tantale.

Quand ShutDown est bas, la consommation au repos varie,

dans le domaine de 2 V à 8 V, entre à peu près 0,4 et 1 mA. La puce elle-même prend environ 0,2 mA, le reste est dû seulement à la résistance R2 de rappel au niveau haut (ShutDown est relié à la masse). La tension minimale de Shutdown est de 1,8 V et le courant de polarisation correspondant, de 20 µA. On a choisi pour cela 10 kΩ pour R2. En pratique, il est sans doute possible d'aller un peu plus haut, ce qui serait avantageux sous de plus hautes tensions d'entrée en particulier.

Pour un arrêt provoqué par T1 (la grille de T1 est reliée à la masse par PowerHold), le circuit ne consomme que 10 µA à peine.

**Ton Giesberts**



se décharger à travers L2 et dans L1 aussi le courant recommence à circuler. Ce jeu de bascule continue jusqu'à ce que la tension sur FB (la broche 4 de IC1) dépasse 1,245 V. Dès ce moment, le LT1302 arrête l'oscillateur interne à 220 kHz. Alors, comme plus aucun courant ne peut circuler vers C5, la tension repart à la baisse jusqu'à atteindre 1,24 V sur FB ce qui va relancer l'oscillateur. Après quatre cycles, le seuil de déclenchement est atteint et l'on observe une courte pause.

En service comme abaisseur de tension (*buck*) pour de plus hautes tensions d'entrée, un seul cycle de commutation suf-

fit pour obtenir le seuil de 1,245 V sur FB. Par conséquent, l'oscillateur s'éteint tout de suite. Comme l'entrée est séparée de la sortie par C5, le courant ne peut plus circuler et la tension de sortie diminue de nouveau. Dès que le seuil de 1,24 V est atteint, un nouveau cycle commence.

À cause de la légère ondulation qui persiste du fait du travail de découpage du convertisseur, il y a encore à la suite de C6 un filtre composé de L3 et C7/C8. Ce filtre amoindrit le restant d'ondulation dans la tension de sortie. Pour garantir malgré tout un réglage correct, le diviseur de tension pour FB, à savoir R5, R6 et R7, est constitué de manière un peu plus complexe. R6 réduit de 55 % le

niveau et accélère le réglage, tandis que R7 compense la chute de tension sur L3.

Un niveau bas sur SHDN (broche 3, entrée *Shutdown*, fermeture) active le LT1302. Tant que cette broche est attirée au niveau haut par R2, la puce est à l'état de repos. T1 met SHDN au niveau bas dès que le microcontrôleur lui envoie un niveau haut.

La cellule R3 et C3 découple le LT1302 des fluctuations, des pics et autres parasites dans la tension d'alimentation.

### Avec un microcontrôleur

L'exemple de la **figure 7** montre la liaison du circuit à un microcontrôleur du type

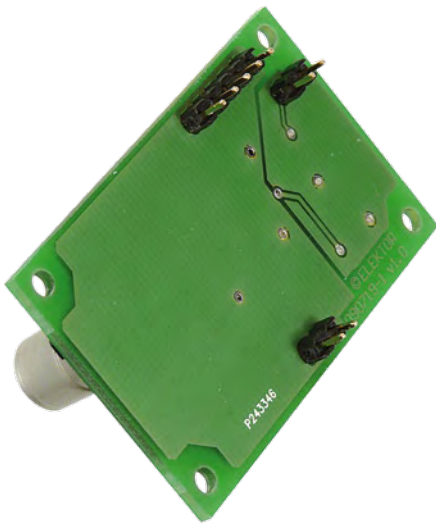


Figure 3. Grâce à un connecteur mâle au pas de 2,54 mm, la platine peut s'insérer dans une carte d'expérimentation à trous.

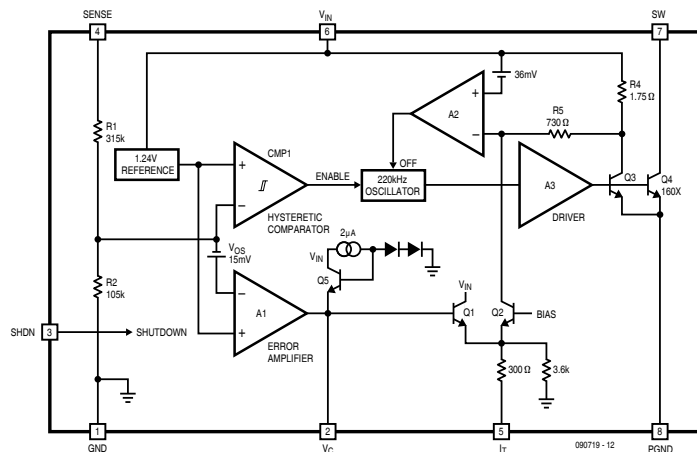


Figure 4. Diagramme fonctionnel du LT1302. Le transistor Q4 commute le courant à travers les selfs extérieures.

ATTiny24. La platine du régulateur SEPIC est reliée par les lignes PowerOn et PowerHold de K3 au microcontrôleur. Power

rHold ne doit pas rester en l'air, sous peine de voir T1 quitter l'état de blocage complet et faire augmenter inutilement la

consommation du circuit. Le microcontrôleur peut scruter le bouton-poussoir S1 comme une touche normale

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 Radio-Fréquences</li> <li>✓ Appareils programmables</li> </ul> <p>Great Value in Test &amp; Measurement <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°, Écarts, 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>Composants électroniques Appareils de mesure Matériel informatique Réalisation de circuits Réalisation de prototype</p> <p>Tél. 02 31 47 53 88 / Fax. 02 31 47 36 80 <a href="mailto:contact@l'impulsion.fr">contact@l'impulsion.fr</a> <a href="http://www.l'impulsion.com">www.l'impulsion.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>
<p><b>GSE</b> sprl PC INDUSTRIELS MICROCONTROLEURS Nouveau site e-business <a href="http://www.gsenet.com">www.gsenet.com</a></p> <p><a href="http://www.elektor.fr">www.elektor.fr</a></p>			

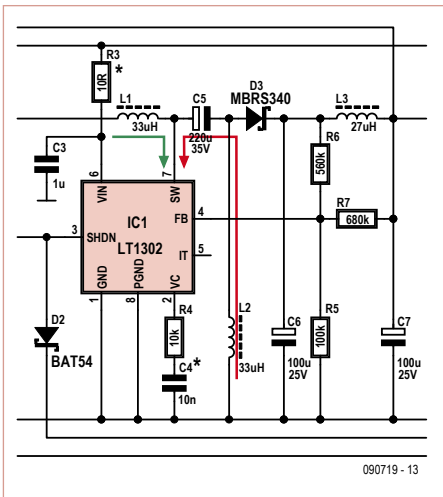


Figure 5. Le trajet du courant dans L1 et L2 lorsque le transistor conduit.

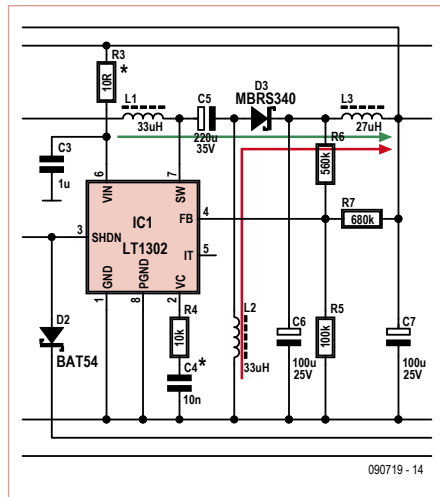


Figure 6. Le trajet du courant lorsque le transistor est bloqué.

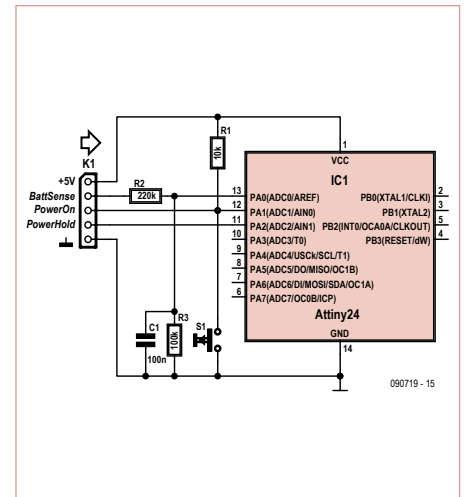


Figure 7. Voici comment on peut relier le circuit à un microcontrôleur.

d'entrée, il y a une résistance de polarisation haute R1 prévue à cet effet. Comme la diode Schottky D2 du circuit du convertisseur s'occupe du découplage de R1, le poussoir peut servir de bouton de démarrage quand le convertisseur de tension est à l'arrêt. Quand le bouton est actionné, le convertisseur démarre et fournit du 5 V au contrôleur. Lequel, une fois lancé, se charge d'attirer PowerHold au niveau haut. Le FET T1 dans le circuit du convertisseur commute et maintient actif le circuit, même après que le bouton soit relâché.

Le contrôleur, après un certain temps d'inactivité ou par une sélection du menu, par exemple, peut désactiver l'alimentation en renvoyant PowerHold au niveau bas. Comme maintenant tout le circuit, y compris R1 et donc PowerHold, n'est plus relié que par la connexion de masse, on est sûr que T1 bloque et la consommation du régulateur tombe sous les 20  $\mu$ A.

Naturellement, on peut aussi utiliser ce montage pour n'alimenter que certaines parties de circuit. Il ne faut, pour cela, qu'une liaison entre PowerHold et le microcontrôleur, lequel peut, avec cette broche, allumer et éteindre l'alimentation de 5 V. Comme un contrôleur, au cours du processus de programmation, ne peut pas lever le niveau de la broche PowerHold, il est possible d'activer durablement le régulateur au moyen du cavalier K2 (Test). On peut ainsi maintenir en permanence l'alimentation en fonction pendant la programmation, le débogage ou les essais, sans avoir à changer le code source du programme.

La liaison de BatSense au convertisseur A/N du microcontrôleur doit se faire sous la plus haute impédance possible. Cette sortie n'est pas isolée de la batterie par un Output-Disconnect quand le circuit passe en mode de veille. C'est pourquoi il faut prendre en compte le courant qui circule dans le divi-

seur de tension. Comme la tension y reste présente quand le convertisseur est désactivé, elle peut aussi servir à alimenter un circuit d'éveil ou à maintenir une mémoire. Il faut cependant garder en tête que cette tension n'est ni stabilisée ni filtrée. Pour garder la mesure suffisamment précise, on peut intégrer un condensateur (100 nF environ) en soutien au diviseur de tension. Il charge sans difficulté la capacité interne de l'échantillonneur bloqueur du convertisseur A/N et le diviseur de tension peut passer à haute impédance, puisque la haute impédance de l'entrée du convertisseur A/N le permet.

En plus, il faudra encore veiller à ce que la tension de la batterie soit toujours présente sur ce circuit à l'entrée du convertisseur A/N quand le reste du circuit est sans courant. Normalement, cela ne devrait pourtant pas donner de souci, du fait que le diviseur de tension est fortement résistif.

(090719-l)

## À propos de l'auteur

Daniel Goß possède le diplôme d'État d'assistant technique en informatique, il est informaticien de métier spécialisé dans l'intégration des systèmes. Sa profession est consultant en techniques de l'information et en sécurité des communications. Il travaille pour une grande société allemande prestataire de services dans ce domaine.

Son temps libre, il le consacre au développement de circuits, surtout basés sur les microcontrôleurs AVR, et à la programmation pour Windows en C++ et C#.

Son adresse de courriel : [flashback@flashsystems.de](mailto:flashback@flashsystems.de)

La page d'accueil de son site (les logiciels et autres projets) : [www.flashsystems.de](http://www.flashsystems.de)

## Liens Internet :

- [1] [fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur\\_SEPIC](http://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_SEPIC)
- [2] [maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote\\_number/1051/](http://maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/1051/) (note d'application)
- [3] [linear.com/designtools/software](http://linear.com/designtools/software) (téléchargement gratuit de LTSpice)
- [4] [elektor.fr/090719](http://elektor.fr/090719) (le dossier du projet et téléchargement gratuit concernant l'article)

# Interface audio numérique pour ordinateur

Joseph Kreutz (Allemagne)

Les cartes mères d'ordinateur et bien d'autres équipements informatiques sont équipés d'entrées et de sorties numériques audio au format S/PDIF, mais qui produisent ou reçoivent un signal au niveau TTL. Les interfaces optiques font généralement défaut, malgré leur indéniable utilité. Ce sont ces carences que se propose de pallier le montage décrit dans cet article.

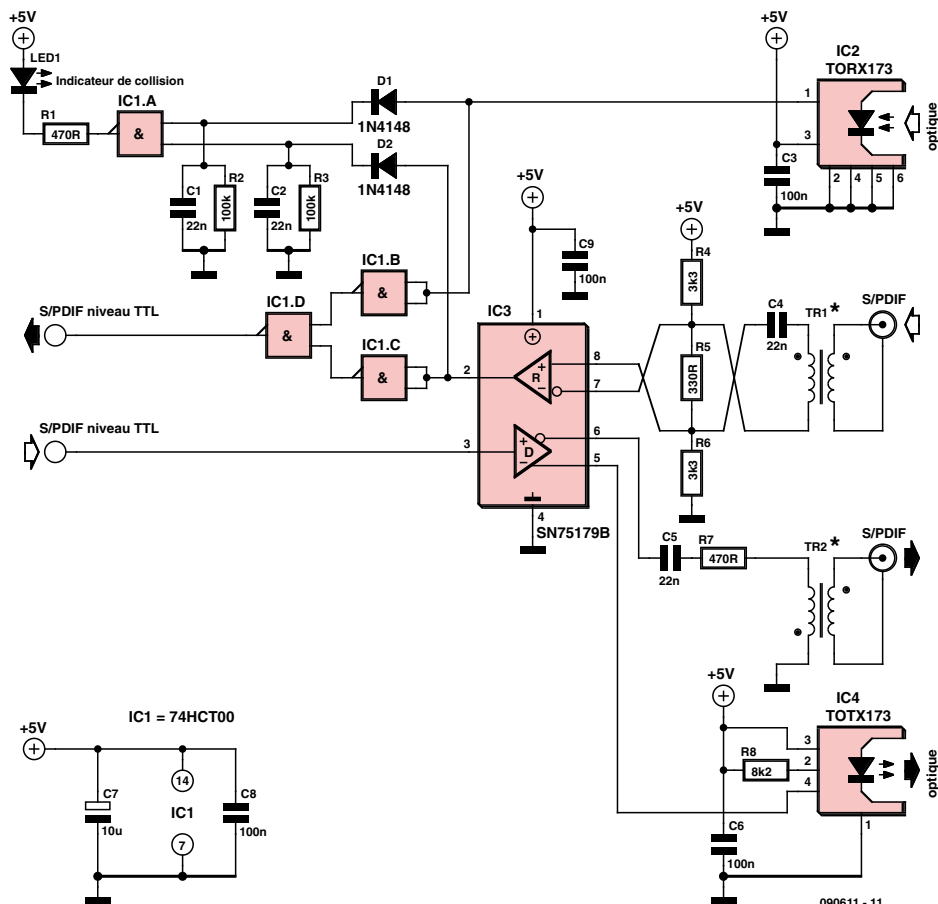
La partie réception comprend une interface électrique S/PDIF isolée par transformateur, basée sur la section de réception de IC3, un émetteur-récepteur du type SN75179B ou équivalent. Cette partie du circuit est agencée de façon à produire un signal de sortie nul si aucun signal d'entrée n'est présent. Le récepteur optique IC2 est un circuit de type TORX 173. Les portes logiques IC1.B à IC1.D sont câblées pour former une porte OU qui aiguillera les signaux vers la sortie au niveau TTL, d'où ils seront appliqués à l'équipement destiné à les recevoir. Il va de soi que les entrées optiques et électriques ne peuvent être simultanément utilisées, sans quoi le décodage et l'exploitation des signaux seraient impossibles. Le rôle de IC1.A, avec D1, D2 et les cellules R2-C1 et R3-C2 est d'indiquer l'occurrence d'une telle condition fautive : la LED s'éclaire alors afin de signaler le problème.

Le transformateur TR1 n'est guère difficile à confectionner : sur un tore de ferrite de type L44-X830 d'Epcos (Ø 12,5 mm) sont bobinés un primaire de 6 spires de fil émaillé de 0,3 à 0,5 mm de diamètre, et un secondaire de 12 spires du même fil. Tout tore ferrite dont  $\alpha = 2200 \text{ nH}/\sqrt{\text{spire}}$  conviendra.

Le signal au niveau TTL issu de l'équipement informatique est appliqué à la section d'émission de IC3. La sortie inversée est appliquée au transformateur TR2 à travers C6 et R7. TR2 est constitué du même type de tore ferrite que TR1, mais comprend 20 spires au primaire et 8 au secondaire. Il faudra veiller à connecter son primaire en opposition de phase pour compenser l'inversion de signal induite par IC3. La sortie non inversée de la section d'émission de IC3 est connectée à un émetteur optique de type TOTX 173. Il va de soi que les sorties numériques électrique et optique peuvent fonctionner simultanément sans le moindre inconvénient.

La construction du circuit ne suscite aucun commentaire particulier. Chaque circuit intégré sera découplé par un condensateur de 100 nF placé à proximité immédiat de ses bornes d'alimentation, et un condensateur de 10  $\mu\text{F}$  / 16 V assurera le découplage global du circuit aux fréquences basses. La tension d'alimentation de 5 V sera prélevée sur l'équipement informatique où sera installée l'interface.

(090611-I)



# 100 Mbps sur une paire torsadée

## Comment fonctionne le VDSL2

Stefan Tauschek (Allemagne)

Dans le combat pour les cent derniers mètres, la paire torsadée semblait avoir perdu la partie face à des solutions neuves comme la fibre optique ou le WiMax. Le vent a tourné avec la norme VDSL2, parce que sur de courtes distances les 100 Mbps sont réalisables. Cela ouvre la porte au « triple jeu » sur le bon vieux câble téléphonique : simultanément téléphonie, Internet rapide et audio-vidéo multicanaux en direct (*streaming*) !

La motivation essentielle du VDSL2 (*Very high bit rate Digital Subscriber Line*) est la perspective d'offrir sur une « boucle finale » à large bande passante des services à contenu payant comme la télévision par Internet (IP-TV). Et tant mieux si le tout peut passer par les câbles enfouis depuis des décennies. La norme VDSL2 prévoit un débit maximal supérieur à 100 Mbps (*Downstream*). Les procédés de compression modernes comme le H.264 (MPEG4 AVC) permettent de transmettre plusieurs canaux de télévision simultanés. S'y ajoute la navigation fluide sur Internet et naturellement plusieurs communications téléphoniques en même temps. Ceux qui ont besoin d'un débit encore plus rapide peuvent recourir au *bonding* et réunir plusieurs lignes VDSL2 en un canal logique avec la capacité supérieure qui en découle.

### La norme VDSL2

Les premières tentatives de normalisation d'un procédé VDSL ont commencé dès 1995 sous la conduite de British Telecom. On n'a pas réussi alors à se mettre d'accord sur un procédé de modulation. C'est en 2003 enfin qu'un consortium de fabricants de semi-conducteurs, avec la promotion de la DMT (*Discrete Multi Tone Modulation*, voir plus loin), a ouvert la voie de l'adoption du VDSL par l'ITU (*International Telecommunication Union*, norme G.993.1). La norme VDSL2 (G.993.2 [1]) a été lancée finalement par l'ITU en 2004. D'autre part, l'institut de normalisation américain ANSI et l'européen ETSI (*European Telecommunication Standardization Institute*) étaient associés. En mai 2006, le VDSL2 est entré en vigueur. Le système de modulation DMT est le même que pour l'ADSL et l'ADSL2+, ce qui permet la compatibilité de spectre.

### La ligne

La « boucle d'abonné » (en jargon télécom) est du point de vue technique une paire torsadée non blindée en fil AWG24 (*American Wire Gauge* 24, soit un diamètre d'environ 0,5 mm). Le câble correspond à peu près à UTP Cat-1 et n'a pas d'impédance caractéristique garantie. À titre de comparaison : il faut au moins du câble UTP Cat-5 pour transmettre de l'éthernet rapide (100 Mbps, *Fast Ethernet*) et du Cat-7 pour l'éthernet Gigabit (sur une distance maximale de 100 m).

Les lignes téléphoniques ont été conçues pour une bande passante de tout juste 4 kHz. Déjà avec l'introduction du RNIS (Numeris) et

son débit de 128 Kbps au début des années 1990, ce support paraissait au bout du rouleau. L'amortissement non plus ne permettait pas un débit supérieur, car avec une fréquence de 10 MHz d'une part et une distance de 500 m de l'autre, il faut compter avec un amortissement de 30 dB au minimum.

La paire de cuivre est un support difficile. Chaque technologie de transfert doit pouvoir s'accommoder d'impédances et d'amortissements différents suivant la longueur et le type d'installation. Une solution déjà éprouvée avec succès par l'ADSL est la division de l'ensemble de la bande de fréquences en nombreuses bandes. Dans chaque bande est transmise une fraction du flux de données sous forme d'un signal modulé QAM [2].

### 4096 modems...

On peut se représenter l'ensemble comme une batterie de modems séparés, sur des porteuses décalées, avec au final une utilisation uniforme du spectre (**figure 1**). Les bandes de fréquences s'appellent *tones* en anglais, d'où le nom du procédé : *Discrete Multi Tone modulation*. Le VDSL2 permet l'utilisation d'un maximum de 4096 *tones*. L'écart entre ces sous-porteuses dépend du profil utilisé, il est couramment de 4,3125 kHz. La seule exception est le profil 30a avec un écart de 8,625 kHz.

La modulation DMT est essentiellement une modulation OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing* [3][4]), avec toutefois la différence décisive que chaque tonalité peut être adaptée individuellement à la ligne et ainsi transporter des contenus d'information différents (*bit loading*). Dans les meilleures conditions de transmission, jusqu'à 15 bits peuvent moduler une sous-porteuse, dans les pires conditions, la configuration se réduit à un seul bit. Les modems déterminent eux-mêmes la qualité de la ligne par des séquences de test pendant l'initialisation.

La modulation OFDM est déjà utilisée avec succès dans des normes de transmission numérique par radio comme le WLAN (802.11), la télévision numérique DVB-T ou encore le WiMAX (802.16). La technologie a été mise en œuvre plusieurs fois dans le silicium, par conséquent l'expertise des fabricants est mûre pour ce qui concerne les composants clés.

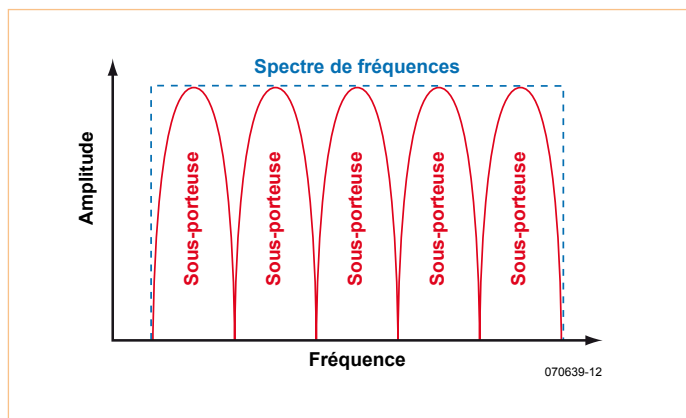


Figure 1. Principe de la modulation DMT : étalement du spectre sur de nombreuses sous-porteuses (source : [14]).

### ... dans une puce

Les avantages de la modulation DMT paraissent certes impressionnants, mais il faut encore pouvoir les transposer dans les composants adéquats avec des moyens raisonnables. La stratégie à portée de main, une PLL modulable pour chaque sous-porteuse et l'addition de leurs sorties, bute sur le grand nombre de « modems intégrés ». C'est là que les mathématiques numériques offrent une issue, parce qu'elle connaît des règles de transformation entre le domaine du temps et le domaine des fréquences, comme la transformée de Fourier discrète et sa réciproque, la transformée de Fourier inverse (IDFT). Dans le domaine des fréquences en particulier, on peut calculer facilement les sous-porteuses comme des grandeurs complexes avec module et phase ; on peut ensuite les transposer dans le domaine temporel par une transformée de Fourier inverse. Les algorithmes nécessaires sont disponibles pour les DSP, il ne reste aux fabricants qu'à faire en sorte que les performances soient à la hauteur.

La **figure 2** représente le synoptique d'un modem DMT en modes émission et réception. Du côté émission les données (flux de données sérielles) sont d'abord soumises à un codage auto-correcteur puissant, comme le Reed-Solomon par exemple [5] ; elles sont ensuite transposées par une conversion série-parallèle en sous-flux (*sub-streams*) en fonction du nombre de « tones » nécessaires. Chaque sous-flux est alors modulé en QAM, avec le nombre des configurations QAM déterminé par la charge utile (*bit loading*). Les sous-flux deviennent des sous-porteuses dans le domaine des fréquences et enfin (après l'IDFT) des sous-porteuses dans le domaine temporel. Toutefois les signaux restent toujours dans le domaine numérique, ce qui impose le passage par un convertisseur N/A et un filtrage. On peut alors enfin les envoyer sur la paire téléphonique.

En option, on peut ajouter par « extension cyclique » au début et à la fin des symboles numériques DMT (domaine temporel) des échantillons redondants pour diminuer le taux d'erreurs de transmission. Car malheureusement l'étalement des canaux sur la ligne de transmission produit un « étalement » des signaux qui peut poser des problèmes avec des changements de symboles en succession rapide.

### Coopération dans le spectre

Grâce à la technologie des DSP, on peut donc fixer à la demande un nombre et un agencement arbitraires de sous-porteuses pour

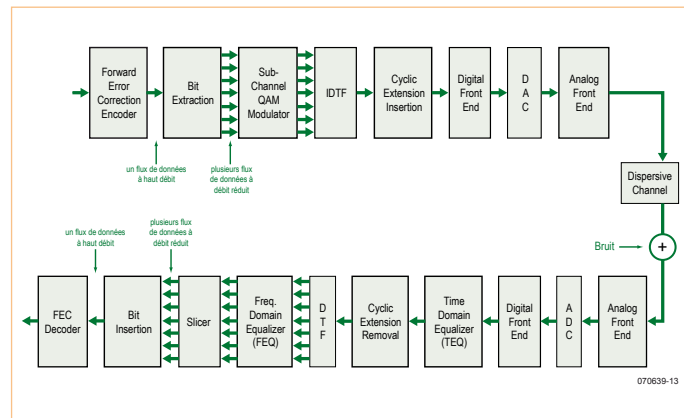


Figure 2. Synoptique à haut niveau d'un modem VDSL (source : [14]).

la modulation DMT, de même chaque sous-porteuse peut transporter une charge utile différente et enfin le niveau (la puissance émise) de chaque sous-porteuse peut être défini. Cela permet à la DMT de s'adapter aux conditions de lignes et aux directives de compatibilité électromagnétique les plus diverses. Ainsi est-il possible et même prescrit d'épargner les bandes radio-amateurs (*HAM*) représentés sur la **figure 3**. Et cela selon les vœux des deux parties, car les *surfeurs* du ouébe ne veulent pas faire fuir les radio-amateurs et inversement. La puissance émise par le VDSL2 est plutôt faible, limitée à 20 dBm, soit 100 mW.

Le matériel VDSL doit être capable, tant du côté émission que du côté réception, d'ajuster la puissance de chaque sous-porteuse pour s'adapter aux variations de niveau spécifiques de la ligne. Comme la grandeur essentielle dans ce domaine est la densité spectrale en dBm/Hz, on appelle *PSD shaping* (*Power Spectrum Density*) le procédé de conformation de la courbe de densité spectrale en fonction de la fréquence. Le *PSD shaping* est l'outil de base de la gestion statique du spectre (SSM pour *Static Spectrum Management*) qui doit garantir la cohabitation sans perturbations réciproques des nombreuses lignes d'abonné dans un réseau câblé. L'intermodulation dans un toron de câbles est justement, après l'atténuation épouvantable des paires téléphoniques, le deuxième critère dans la recherche des transferts à haut débit.

L'intermodulation des signaux entre des conducteurs voisins dans un faisceau de câbles est aujourd'hui une des principales limitations des performances des DSL. La gestion statique du spectre (SSM) avec des masques fixes de densité spectrale garantit que les lignes ne se perturbent pas, même dans les pires conditions. Toutefois cette approche plutôt prudente élève le cas le plus défavorable au rang d'étalon et interdit l'exploitation de tout le potentiel.

De là l'idée d'adapter en continu le masque spectral des différents lignes aux conditions actuelles du trafic, et de réaliser ainsi une gestion dynamique du spectre (DSM [6][7]). Effectivement, les gains rendus possibles par des algorithmes raffinés sont considérables. On estime réalisable un doublement ou même un triplement des débits cumulés d'un faisceau de câbles [8].

### Nouvelles caractéristiques

Avec la norme VDSL2 arrivent aussi des caractéristiques intéressantes. Ainsi plusieurs lignes DSL peuvent être associées dans un

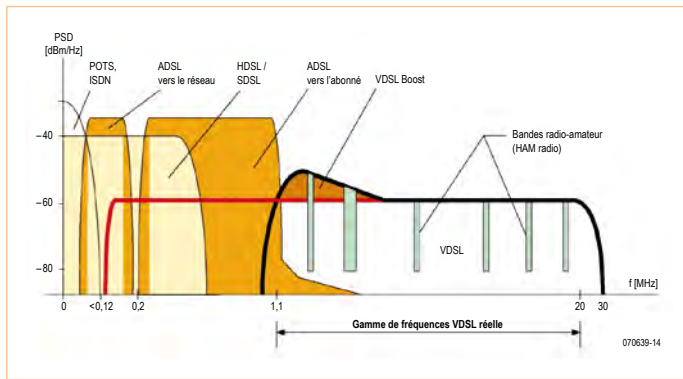


Figure 3. Utilisation d'une bande de fréquence suivant différentes normes et réserves dans le spectre pour éviter les perturbations du trafic radio-amateur (source : [15]).

canal logique (*channel bonding*) et augmenter encore la capacité. La qualité de service (*Quality Of Service*) est maintenue par les protocoles, ce qui est très utile avant tout pour les transmissions vidéo et VoIP.

Dans sa version à longue portée (*Long range*), le VDSL2 est capable, grâce à l'annulation des échos prévisibles (*echo cancellation*) et à l'égalisation dans le domaine temporel, de transporter un flux de 4 Mbps sur 5 km, avec un débit croissant à mesure que la distance se réduit (**figure 4**).

Avec la modulation DMT et des fonctions similaires à celles de l'ADSL, le VDSL2 dispose de toutes les caractéristiques techniques qui permettent la compatibilité avec les systèmes ADSL existants. Ainsi les fournisseurs d'infrastructures peuvent faire migrer leurs clients petit à petit sans sacrifier les investissements existants.

## Chipsets et matériels

Pour l'heure, au moins quatre fabricants de semi-conducteurs ont mis sur le marché des puces VDSL2 : Broadcom [10] avec la combinaison de puces BCM6306 + BCM6339, Conexant [11] avec la famille Accelity CPE, Infineon [12] avec son jeu de puces PEB83000 et Ikanos [13] avec les modules Fusiv/Vx180. Texas Instruments avait sa solution avec la plate-forme UR8, mais il a vendu sa technologie à Infineon en juin 2007. Les interfaces analogiques pour les applications VDSL2 continuent chez TI avec par exemple le pilote de ligne THS6204. La situation est similaire chez le fabricant Centillium : la famille de puces VDSL2 Palladia a été vendue en juillet 2008 à Ikanos.

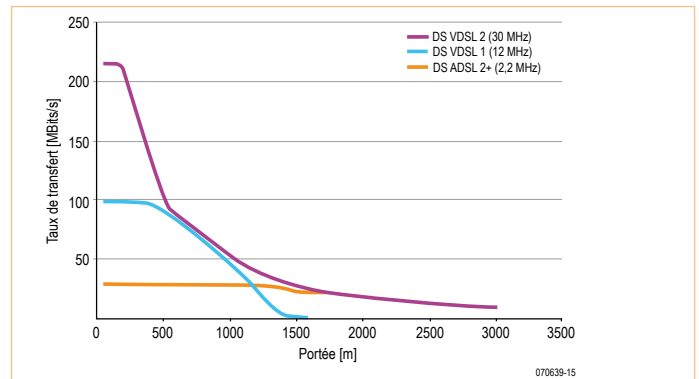


Figure 4. Correspondance entre le débit et la ligne de transfert. En dessous de 500 m, on peut atteindre des débits supérieurs à 100 Mbps.

On rencontre le plus vraisemblablement en Allemagne les composants Infineon, car ils sont utilisés aussi bien dans les appareils Speedport de T-Home que dans les produits spécialisés Fritz!Box de la firme AVM. En fait le Speedport Wg20V ressemble curieusement au Fritz!box 7570 ! Dans les forums spécialisés, on trouve des informations sur la façon de *fritzer* un Speedport, c'est-à-dire de charger le micro-logiciel d'un Fritz!Box dans un Speedport.

En Allemagne, Deutsche Telekom présente sous la marque T-Home Entertain une offre complète avec les composants matériels indispensables et les abonnements « triple jeu ». Après le démarrage fin 2006, la réponse du marché a été décevante ; jusqu'à 2007, l'offre a séduit tout juste 120 000 clients. Ensuite la demande s'est renouvelée. Pendant l'année 2008, le nombre de clients est monté à 500 000 et on prévoit, confiant, que ce nombre doublera en 2009.

Il ne fait pas de doute que le VDSL2 a effectué une percée dans le transfert de données sur paire de cuivre et que les opérateurs d'autres infrastructures (câble à large bande, satellite, entre autres) auront du mal à maintenir leur offre.

Toutefois la fibre de verre n'en devient pas superflue, c'est le moyen par lequel les données sont distribuées aux répartiteurs en lisière de propriété ou dans les sous-sols des immeubles d'habitation. C'est seulement en aval que le VDSL2 joue ses atouts et propulse les bits le long des lignes téléphoniques.

(070639-l, trad. Brodier)

## Liens ouèbe

- [1] [www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2](http://www.itu.int/rec/T-REC-G.993.2)
- [2] [fr.wikipedia.org/wiki/Modulation\\_d%27amplitude\\_en\\_quadrature](http://fr.wikipedia.org/wiki/Modulation_d%27amplitude_en_quadrature)
- [3] [en.wikipedia.org/wiki/Discrete\\_multitone\\_modulation](http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_multitone_modulation)
- [4] [fr.wikipedia.org/wiki/Orthogonal\\_Frequency\\_Division\\_Multiplexing](http://fr.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_Frequency_Division_Multiplexing)
- [5] [fr.wikipedia.org/wiki/Code\\_de\\_Reed-Solomon](http://fr.wikipedia.org/wiki/Code_de_Reed-Solomon)
- [6] [www.isl.stanford.edu/~cioffi/dsm](http://www.isl.stanford.edu/~cioffi/dsm)
- [7] [www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/apl/T0605\\_DSM\\_ed02-EN\\_tcm172-282671635.pdf](http://www1.alcatel-lucent.com/com/en/appcontent/apl/T0605_DSM_ed02-EN_tcm172-282671635.pdf)
- [8] [funkschau.biz/heftarchiv/pdf/2005/fs15/fs\\_0515\\_s51.pdf](http://funkschau.biz/heftarchiv/pdf/2005/fs15/fs_0515_s51.pdf)
- [9] [fr.wikipedia.org/wiki/QoS](http://fr.wikipedia.org/wiki/QoS)
- [10] [www.broadcom.com/products/DSL/xDSL-CPE-Solutions](http://www.broadcom.com/products/DSL/xDSL-CPE-Solutions)
- [11] [www.conexant.com/products/entry.jsp?id=376](http://www.conexant.com/products/entry.jsp?id=376)
- [12] [www.ikanos.com](http://www.ikanos.com)
- [13] [www.infineon.com/cms/de/product/channel.html?channel=db3a304312c463390112d7c2aa2a001a](http://www.infineon.com/cms/de/product/channel.html?channel=db3a304312c463390112d7c2aa2a001a)
- [14] [ikanos.welcomm.com/lib/assets/pdfs/solutions/dmt\\_benefits\\_oct02.pdf](http://ikanos.welcomm.com/lib/assets/pdfs/solutions/dmt_benefits_oct02.pdf)
- [15] [xdsl.teleconnect.de/xDSL\\_germ/PDF/dslReview2005\\_31.pdf](http://xdsl.teleconnect.de/xDSL_germ/PDF/dslReview2005_31.pdf)

# Insoleuse UV

Gert Baars (Pays-Bas)

De nos jours, rares sont les amateurs qui gravent eux-mêmes leurs circuits imprimés. Pourtant, cela n'est pas très difficile. Encore faut-il savoir se procurer le typon, une photocopieuse, une insoleuse UV, le circuit imprimé présensibilisé, les produits chimiques (révélateur et attaque) et deux cuves résistant à ces produits chimiques.

Le typon peut être photocopié sur une feuille transparente. Si le typon se présente sous la forme d'un fichier, il conviendra de l'imprimer sur une feuille transparente en prenant soin de choisir la qualité de celle-ci en fonction de la technologie d'impression (laser ou jet d'encre). Le typon est plaqué sur le circuit imprimé présensibilisé, puis exposé aux rayons UV. Le bain d'hydroxyde de sodium est utilisé en tant que révélateur pour dissoudre la résine qui a été exposée aux UV. Le bain de perchlorure de fer se charge de dissoudre les portions de cuivre ainsi mis à nu. La concentration doit être de 38 degrés Baumé. Une température de 40 C accélère les opérations. Dès 48 C, des gaz toxiques se dégagent. Il est possible de se doter d'une machine à mousse de chlorure ferrique, non chauffée et cependant rapide. Question écologie, on veillera à ne pas faire n'importe quoi avec les produits usés.

L'insoleuse UV est onéreuse si achetée dans le commerce. Avec des circuits à faible densité, on peut se contenter de laisser opérer le soleil en profitant d'une fenêtre bien exposée. Le recours aux lampes UV permet d'atteindre les hautes densités. Le souci comme d'habitude est la mise en boîte.

Le matériel nécessaire n'est ni cher ni compliqué : une boîte dotée d'une glace en façade, des tubes UV et si possible, une minuterie. Ne pas oublier les starters et les ballasts. N'importe quel scanneur A4 en panne constitue un boîtier idéal avec sa glace en façade et son couvercle. Les tubes TL quant à eux peuvent provenir d'une ancienne lampe à bronzer que l'on installera au mieux en fonction de leur longueur sur une platine auxiliaire comportant les starters et les ballasts. Le tout devra rentrer dans le boîtier du scanneur.

Le résultat final dépend entre autres de la précision avec laquelle le typon est plaqué sur le circuit imprimé pendant l'exposition aux rayons UV. Le moindre écart, la moindre bulle cause un effet d'ombre qui réduit la netteté des contours. Il est conseillé d'intercaler du feutre et du carton entre le circuit imprimé et le couvercle du scanneur. On veillera à appliquer une pression uniforme. Quelques gros bouquins ou catalogues viendront à point. L'exposition aux UV ne dure pas longtemps : 2 à 3 minutes suffisent généralement.

(ogoo88-l, trad. Cnockaert)

## Faites imprimer votre circuit !

**Elektor recherche (pour ses différentes éditions) des Auteurs/Concepteurs Techniques**

*Vous avez conçu et réalisé un projet électronique original. L'idée qu'il méritait d'être présenté à un public plus nombreux voire publié dans le plus grand magazine européen consacré à l'électronique au quotidien, Elektor. vous a frôlé. Vous écrivez des logiciels, possédez une bonne plume croquant les détails, des dons exceptionnels de conception/de dessin de schémas (et de platines), ainsi qu'un PC, d'une adresse E-mail et un accès à Internet pour une communication aisée avec le reste de l'équipe d'Elektor... Alors, n'hésitez pas à nous contacter pour... vous faire publier.*

**Elektor-France - Clemens Valens (redaction@elektor-fr)**

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)

# Hexadoku

## Casse-tête pour électroniciens

Après la grille spéciale du mois dernier qui utilisait les « chiffres » de 1 à 9 et de A à G, voici un hexadoku à l'ancienne, moulé à la louche hexadécimale. Seriez-vous capable de mettre les bons chiffres dans les bonnes cases ? Si vous pensez que oui, 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 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 **1er avril 2010** à :

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

### Les gagnants

La solution de l'Hexadoku du n° 379 (janvier) est : **26FB4**

Le gagnant du **E-blocks Starter Kit Professional** est : Martin Müller (Suisse).

Les **3 chèques-cadeaux Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun vont à :

Jean-Pierre VANDECANDELAERE (Belgique), Jean-Philippe POKET (Belgique) et Raimund NEUBAUER (Suisse).

Nos félicitations aux lauréats !

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

(c) PZZL.com

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

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.



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

Ces quatre titres extraits du catalogue d'Elektor témoignent de la diversité des sujets abordés, et du sérieux avec lequel ils sont traités. Une référence pour tous ceux qui apprennent.

# Sélection spéciale

à l'occasion de la participation d'Elektor  
à la « 21<sup>e</sup> semaine de la Presse et des Médias  
dans l'école » du 22 au 27 mars 2010



## Construire des robots très simples qui rampent, roulent, marchent, sautent...

ISBN : 978-2-86661-148-4

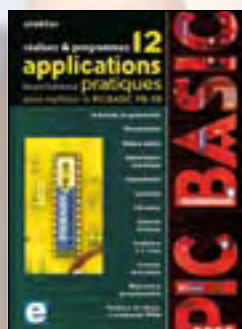
Auteur : H. Katzenmaier

Prix : 30,50 €

**Attention : ce livre est un livre  
de MÉCANIQUE !**

*Les lecteurs qui possèdent  
déjà plusieurs livres de  
robotique achètent ce  
livre parce que les autres  
livres ne traitent pas de la  
mécanique en détail.*

Avec beaucoup d'astuce, mais relativement peu d'électronique et encore moins de microcontrôleurs, ce livre intéressera pourtant aussi l'électronicien, car quiconque construit des robots aura à résoudre de petits et de gros problèmes mécaniques. L'enseignant trouvera ici une mine d'idées pour alimenter ses projets pédagogiques.



## Réalisez et programmez 12 applications pratiques pour maîtriser le PICBASIC PB-3B

ISBN : 978-2-86661-166-8

Auteur : Gérard Guihéneuf

Prix : 42,50 €

Grâce à la simplicité des microcontrôleurs PICBASIC programmables en langage BASIC, l'électronique numérique programmable est désormais à la portée de tous.

*Le module programmable PICBASIC PB-3B ne coûte que quelques dizaines d'euros et l'environnement de développement PICBASIC Studio est disponible en téléchargement libre et en version complète.*  
[www.elektor.fr/picbasic](http://www.elektor.fr/picbasic)



## Comprendre et dimensionner les installations domestiques à énergies renouvelables

ISBN : 978-2-86661-170-5

Auteur : Gérard Guihéneuf

Prix : 32,50 €

Les applications possibles des énergies renouvelables ne manquent pas : production électrique photovoltaïque, éolienne ou hydraulique, chauffe-eau solaire, chauffage des locaux par géothermie, par aéro-thermie ou par biomasse (bois-énergie).

Pour chaque énergie renouvelable, cet ouvrage donne le vocabulaire nécessaire, des principes physiques, et des méthodes de dimensionnement des matériels.

**Bonus :** L'auteur n'a pas oublié ses collègues de l'Éducation Nationale : en complément du livre, il propose un dossier pédagogique constitué de sept diaporamas et questionnaires d'évaluation pour les élèves.  
[www.elektor.fr/nrj](http://www.elektor.fr/nrj)



## Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR®

ISBN : 978-2-86661-169-9

Auteur : Florian Schaeffer

Prix : 49,50 €

Ce livre est 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 (ATmega8 et ATmega16), conçus pour lui, constitue une plate-forme durable.

Codes source et dessins des platines disponibles sur le site de l'éditeur (téléchargement gratuit).

*La plupart de ces projets reposent sur la platine Mini-Mega, une carte d'expérimentation décrite dans le magazine Elektor (réf. 050176-1 + 2), et le programmeur USBprog (réf. 060224-71).*  
[www.elektor.fr/riscavr](http://www.elektor.fr/riscavr)

### Coup de projecteur sur l'un de nos auteurs

**Gérard Guihéneuf** (auteur des deux livres présentés ci-dessus) enseigne l'électrotechnique à Nantes aux élèves de BEP Métiers de l'Électrotechnique et de Bac Pro Électrotechnique Énergie et Équipements Communicants. Passionné d'électronique et d'informatique appliquées, il a publié des articles dans des revues de vulgarisation. Aujourd'hui ses cours portent également sur les applications domestiques à énergies renouvelables.

# elektor

T. : +33 (0)1 49 19 26 19 | @ : [ventes@elektor.fr](mailto:ventes@elektor.fr)

Consultez la table des matières de ces ouvrages sur notre site [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) où vous découvrirez les programmes et le matériel décrits dans nos ouvrages ainsi que l'ensemble de notre catalogue.



### Rolf Blijleven (Pays-Bas)

Dès le premier coup d'œil sur ces deux boîtes noires (voyez la photo d'en-tête), je l'ai compris tout de suite : voilà des objets de qualité, il faut les conserver. Avec quelques collègues, je déambulais dans l'immeuble déjà presque vide. Qui trouvait quelque chose à son goût pouvait l'emporter, sinon c'était voué au conteneur. Un sort que ces boîtes ne devaient résolument pas connaître, j'en étais convaincu. Pourtant, je ne savais même pas de quoi il s'agissait. L'immeuble avait été construit pendant les années de gloire de l'entreprise, quelque quarante ans auparavant, bien avant mon époque. Les boîtes noires, qui ne sont noires qu'en façade, les coffrets sont en acajou, se trouvaient au grenier du magasin. Pendant les douze années où j'ai travaillé dans l'établissement, je ne les avais jamais aperçues. Que pouvaient-elles bien être, en réalité ? On aurait dit des bancs de décades, mais pourquoi donc était-il inscrit « Compensator » sur la grande ? Aucun de mes collègues ne les avait jamais utilisées. Je les ai donc ouvertes. D'abord la plus petite des deux, c'était très

## Deux boîtes noires

facile. Ce qui m'est alors apparu (**figure 1**) m'a fait penser aux livres de Jules Verne, du temps où l'électricité était affaire de pionniers. C'était effectivement un banc de résistances, avec un commutateur

rotatif et deux potentiomètres. Il devait bien avoir 40 ans,

mais pas la moindre tache de rouille décelable.

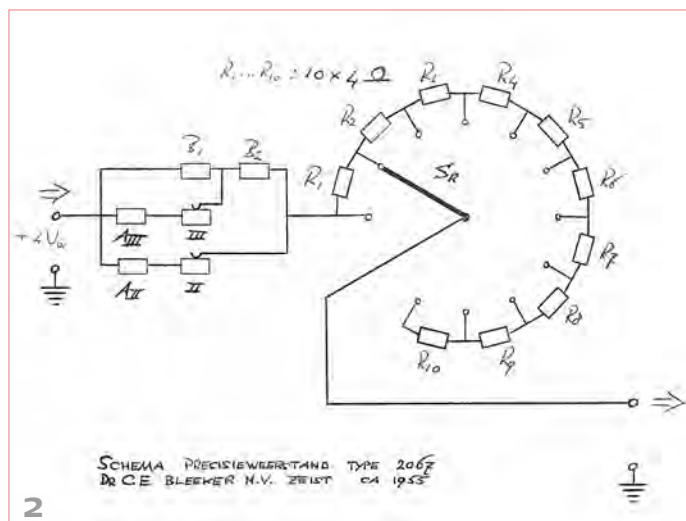
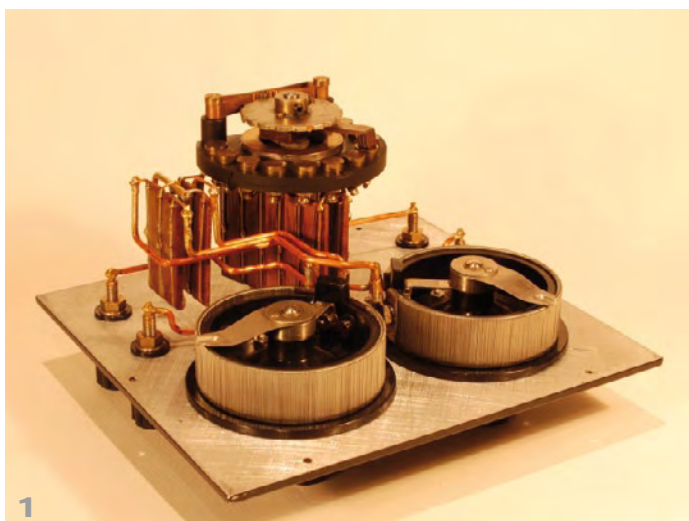
La qualité, Monsieur !

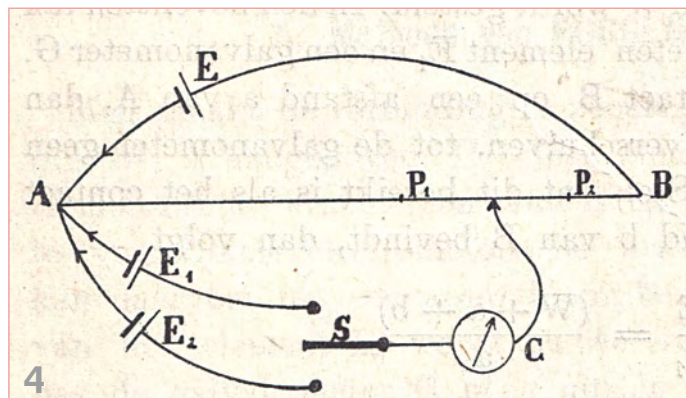
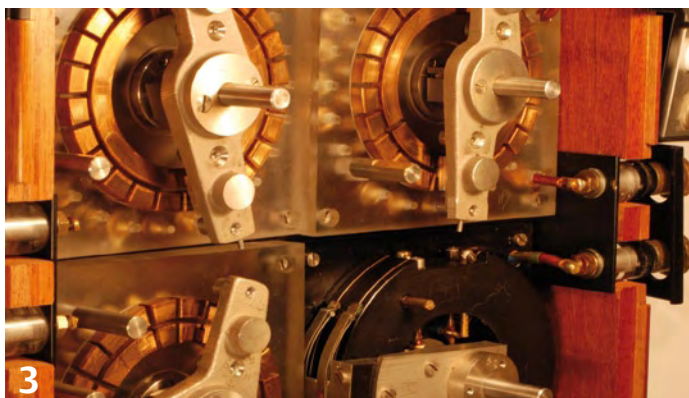
Son schéma (**figure 2**) a été vite dessiné, mais je voulais aussi savoir ce qu'il faisait, je l'ai donc raccordé. Il semblait constituer une résistance variable de 150 à 200 ohms. Le commutateur de décade fait des pas de 4 ohms, le réglage II a une plage de 6 ohms. Le réglage III n'a pas de plage spectaculaire, on le voit déjà dans le schéma, mais 60 mΩ ? À quoi cela peut-il bien servir ?

La réponse, je ne l'ai découverte qu'après des recherches quasi historiques. Dans la grande boîte (**figure 3**) aussi, il semblait bien qu'il y avait un travail de spécialiste, mais il s'agissait visiblement d'un appareil beaucoup plus complexe. Les câbles n'étaient pas faciles à voir, mais bien des commutateurs à décade, ici aussi, un contact à glissière, quelques commutateurs, mais surtout des bornes de raccordement. Y brancher une alimentation et faire des mesures au petit bonheur la chance ne me sembla pas une bonne idée. Mais que faire alors ?

« Compensator » était-il inscrit dessus. Mon livre de théorie de l'école technique supérieure mentionnait que cela servait à « mesurer sans charge et avec grande précision », mais il ne parlait pas de multimètre. Même Google ne renvoyait aucune indication à ce sujet, voilà qui promettait !

Finalement, j'ai trouvé la réponse dans un livre ancien dans une librairie spécialisée dans les livres anciens et d'occasion. On y décrivait un « appareil de compensation » et même le schéma qui correspondait à celui de mon appareil (**figure 4**). Eurêka ! Quel âge avait ce livre ? J'ai regardé dans les premières pages : édité à Delft en... 1902 ! Je ne m'attendais pas à retourner si loin dans le temps. Ce





n'est plus de la rétronique, on tend là vers la paléotronique ! Mais le fonctionnement était bien expliqué.

A B est un long fil, de grande résistivité, auquel on applique une tension E (**figure 4**) ; les deux tensions à mesurer E1 et E2 se branchent comme le schéma l'indique et S1 est un contact mobile. Il faut ensuite déterminer les points P1 et P2 pour lesquels le courant s'annule avec respectivement E1 et E2. On a donc :

$$\frac{E1}{E2} = \frac{\text{résistance de } AP_1}{\text{résistance de } AP_2}$$

Le rapport des résistances est égal au rapport des longueurs.

Prenons à présent le banc de résistances à la place du fil. Si vous déplacez le point C pour ramener l'appareil de mesure à zéro, vous influencez aussi la résistance A B. Mais si vous prenez deux bancs de résistances en série et insérez C entre les deux, alors vous pourrez ramener l'appareil à zéro tout en gardant la résistance totale égale en abaissant l'un des bancs tout en augmentant l'autre de la même valeur (ou vice versa). Simple, mais susceptible de conduire à des erreurs.

Avec un compensateur, comme on peut lire dans mon bouquin de 1902, « l'échange des résistances s'opère automatiquement, de manière telle qu'il existe toujours, entre les points extrêmes, une résistance immuable. Si l'on vérifie le courant de boucle de la **figure 5**, il devient évident que, dans n'importe quelle position des boutons, il y a toujours la même résistance entre les bornes + et - B, à savoir 14 999,9 Ω ; en revanche, on peut mettre entre les points + et - D toute résistance comprise entre 0,1 et 14 999,9 Ω, les chif-

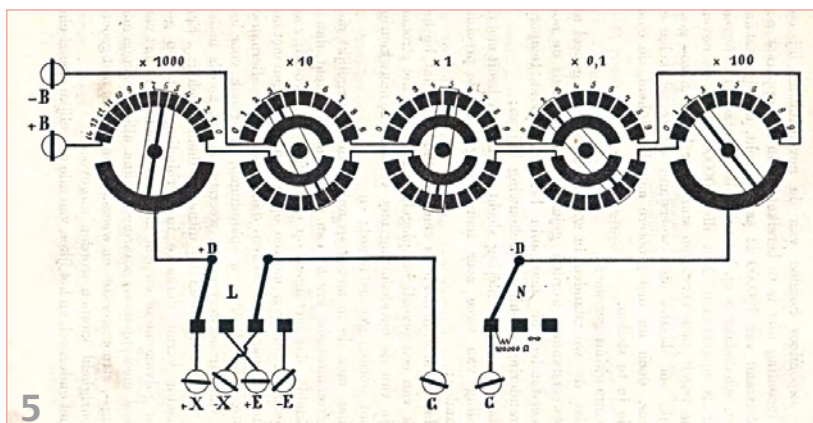
fres en face des boutons donneront directement la valeur de cette résistance. » **Une merveille de sagacité !**

Un peu plus loin dans le même livre, j'ai encore vu à quoi servait la résistance de précision : « à l'obtention d'un courant connu exactement, nécessaire à l'étalonnage de certains appareils ». Voilà qui cadre exactement avec la provenance des deux appareils : le précédent propriétaire réalisait des analyses de gaz, ce qui réclame, encore de nos jours, des étalonnages réguliers.

À propos du fabricant : Caroline Emilie Bleeker, physicienne, a été la première Néerlandaise à fonder un bureau de consultation en physique, en 1930. Lequel s'est transformé en manufacture d'instruments d'optique, d'électricité et de médecine. Cette histoire pourrait aussi faire l'objet de tout un récit, mais pour abrégé, je me contenterai de citer ici quelques phrases de madame Bleeker elle-même, parues dans le bulletin du personnel de mai 1948 :

« Chacun travaille à tous les instruments (elle s'occupait personnellement du contrôle final de qualité à longueur d'année). Les uns réalisent des composants plus difficiles que d'autres. Mais toute pièce est importante et ce n'est qu'à la condition que chaque personne fasse son travail avec le maximum de soin que nous parvenons ensemble à produire quelque chose. Les instruments qui portent le nom de notre entreprise existeront sans doute encore quand nous ne serons plus là. Ils resteront le témoignage de la manière dont nous avons travaillé. » Dont acte.

(090947-1)



# Morceaux choisis

## La bibliothèque des passionnés d'électronique



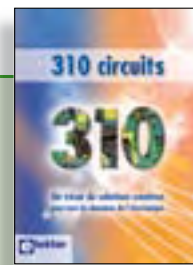
Comprendre et dimensionner

### 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). Pour répondre à cette demande croissante, une nouvelle filière connaît un développement fulgurant, mesurable à la création quasi quotidienne d'entreprises spécialisées. Celles-ci nous submergent de propositions techniques épatantes mais pas forcément bien adaptées, même quand elles émanent de professionnels compétents. Il faut donc acquérir soi-même assez de compétences pour évaluer la pertinence des propositions techniques avancées par les professionnels ; pour chaque énergie renouvelable, il faut la connaissance du vocabulaire, des principes physiques, et des méthodes de dimensionnement des matériels. C'est la mission assignée à cet ouvrage.

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

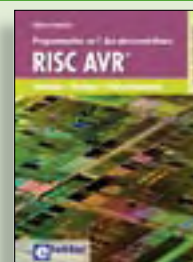


Complétez votre collection !

### 310 circuits

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

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



Initiation – Pratique – Perfectionnement

### Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR

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

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



Ecoutez la DRM, c'est magique !

## Construire des récepteurs de radio numérique sur ondes courtes

Ce livre dit tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur les récepteurs super-hétérodynes, 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 €



## Réalisez & programmez 12 applications pratiques pour maîtriser le PICBASIC PB-3B

Si avant d'utiliser un tel composant il faut apprendre l'assembleur ou le langage C, l'amateur ou l'électronicien débutant risquent de décrocher bien avant le stade des premières satisfactions, celui à partir duquel tout devient possible. Grâce à la simplicité des microcontrôleurs PICBASIC programmables en langage BASIC, l'électronique numérique programmable est désormais à la portée de tous. Ces 12 applications pratiques du microcontrôleur PICBASIC PB-3B couvrent des domaines variés : la domotique (gradateur à 2 voies pour convecteurs, thermomètre numérique, gestionnaire d'éclairage), la protection des biens (centrale d'alarme, disjoncteur programmable), etc.

280 pages • ISBN 978-2-86661-166-8 • 42,50 €



Software Defined Radio

## Construire une radio logicielle

Pour dessiner une radio à l'ancienne, prenez un HP et une antenne, et entre les deux des transistors, bobines, transformateurs, diodes, condensateurs etc. Pour une radio logicielle (ou définie par le logiciel), on garde juste l'antenne et les HP du PC. Entre les deux on écrit quelques équations appliquées par un traitement numérique du signal (DSP) sur l'ordinateur. Imaginez les possibilités inouïes de ce procédé !

Le matériel est certes extensible et adaptable, mais les logiciels, par nature, le sont infiniment plus. Ils sont tous mis à disposition gratuitement et enrichis en permanence par des auteurs passionnés.

172 pages • ISBN 978-2-86661-163-7 • 33,50 €



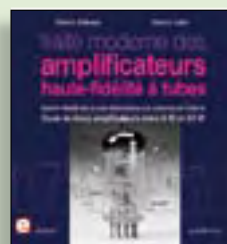
Nouvelle édition augmentée

## Les antennes

La première partie traite de la propagation des ondes dans l'espace et sur les lignes ainsi que des caractéristiques fondamentales des antennes (gain, rayonnement, courant, tension...). Cette étude théorique est suivie de réalisations pratiques : antennes filaires, antennes à gain, antennes THF, antennes courtes, antennes à large bande et multibandes, antennes de réception.

La dernière partie est consacrée aux ultimes réglages : adaptation des impédances, appareils de mesure, conseils de sécurité (poussée du vent, résistance des matériaux, pylônes et haubans, foudre...).

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



À la recherche de l'optimal par l'étude des circuits élémentaires

## Traité moderne des amplificateurs haute-fidélité à tubes

Les amplificateurs haute-fidélité à tubes électroniques, restés les favoris des audiophiles, reviennent sur le devant de la scène. Pendant cinq ans, les deux auteurs, G. Fiderspil et G. Lallié, ont effectué 6000 simulations informatiques et disséqué pas moins de 1200 maquettes de circuits à tubes pour en livrer les secrets et en découvrir les limites. Dans ce livre, le lecteur acquiert une connaissance approfondie de la conception des amplificateurs à tubes pour mieux apprécier la qualité du matériel existant et optimiser ses propres créations.

342 pages • ISBN 978-2-86661-160-6 • 45,00 €

Informations complémentaires et gamme complète sur notre site  
**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**



NOUVEAU

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 de 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 €



Bonus : plus de 100 articles sur les LED

## DVD LED Toolbox

Après avoir ronronné pendant au moins une décennie, les LED ne se cantonnent plus dans le rôle de simples voyants lumineux et connaissent un essor extraordinaire. Leurs qualités principales restent robustesse, puissance, fiabilité, encombrement faible, etc. Cependant leur variété pléthorique est aujourd'hui telle que leur choix et leur mise en œuvre n'est pas aussi simple qu'autrefois. Suivant le principe de la série TOOLBOX\*, ce DVD-ROM contient une documentation technique complète (propriétés optiques, caractéristiques électriques, montage, durée de vie...) sur et autour des LED.

ISBN 978-90-5381-245-7 • 32,50 €



NOUVEAU

## Bus CAN pour la maison

(Elektor janvier 2010)

Le MIAC (**M**atrix **I**ndustrial **A**utomotive **C**ontroller) est un automate programmable destiné à des systèmes électroniques à grande échelle. Il est animé par un puissant microcontrôleur PIC 18F4455, connecté directement à un port USB. C'est pourquoi il est facile à programmer en « Flowcode », en C ou assembleur. Un écran à cristaux liquides (LCD), des boutons-poussoirs, quatre sorties à relais – analogiques ou TOR (tout ou rien) au choix – et une connexion au bus CAN complètent l'ensemble. Comme le MIAC est conçu d'abord pour des applications industrielles, il utilise du 12 V au lieu des 5 V habituels pour les PIC.

Carte dotée de tous les composants, en boîtier

Réf. : 090278-91 • 185,00 €



## Présélecteur pour SDR d'Elektor

(Elektor décembre 2009)

La qualité d'un récepteur dépend, dans une large mesure, de ses filtres d'entrée. Un circuit d'antenne sélectif améliore l'immunité aux signaux forts et l'adaptation d'antenne. Le présélecteur présenté ici permet d'utiliser quatre circuits, accordés par logiciel et diodes varicaps. Associé à l'antenne-cadre accordée, également décrite ici, le récepteur SDR (Réf. : 070039-91) peut, en outre, se libérer d'une antenne extérieure.

Kit composants, platine câblée partiellement, noyaux ferrites avec bobines

Réf. : 090615-71 • 57,50 €



NOUVEAU

## Contrôleur Winamp

(Elektor janvier 2010)

Ce projet consiste en un indicateur physique d'avancement pour Winamp. Il se base sur un système à microcontrôleur ATmega relié par USB pour obtenir une liaison bidirectionnelle entre le logiciel de Winamp et un véritable atténuateur de studio. Il sert à la fois d'écran et de dispositif d'entrée.

Kit composants

Réf. : 090531-71 • 99,95 €



## Analyseur OBD2 NG

(Elektor septembre 2009)

L'analyseur compact OBD2 du numéro de juin 2007 (Réf. : 070038-72) a connu un énorme succès – n'offrirait-il pas une analyse de défaut en texte clair et la détection automatique des protocoles, dans un appareil portable ? La génération suivante de l'analyseur OBD autonome vous attend dans Elektor avec un affichage graphique, un processeur Cortex-M3 et une interface utilisateur libre (open source) qui constituent une fois encore la référence pour un projet OBD2.

Kit complet (inclusif module DXM, platine CMS câblée, coffret, visserie et câble)

Réf. : 090451-71 • 99,00 €

**F381 mars 2010**+++ Retrouvez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) toutes les références disponibles +++**F380 février 2010****Testeur d'accumulateurs**

071131-41 ..... Contrôleur programmé ..... 20,00

071131-71 ..... Kit de composants (sans coffret) ..... [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)**Scanneur 2,4 GHz**

090985-41 ..... Contrôleur programmé ..... 24,95

**F379 janvier 2010****Starter de lave-linge**

050058-1 ..... Platine ..... 13,50

050058-41 ..... Contrôleur programmé PIC16F84 ..... 18,95

**Chargeur solaire portable**

090190-1 ..... Platine ..... 9,95

090190-41 ..... Contrôleur programmé ..... 8,00

**Bus CAN pour la maison**

090278-91 ..... Carte dotée de tous les composants, en boîtier ..... 185,00

**Variateur intelligent à µC**

090315-41 ..... Contrôleur programmé ..... 8,50

**Contrôleur Winamp**

090531-71 ..... Kit composants ..... 99,95

**Œil magique sur USB**

090788-1 ..... Platine ..... 11,95

090788-41 ..... Contrôleur programmé ..... 11,95

**F378 décembre 2009****Le nec plus ultra des chenillards**

090125-1 ..... Platine (module maître) ..... 13,00

090125-2 ..... Platine (module loupote) ..... 2,75

090125-41 ..... Microcontrôleur préprogrammé (PIC18F2550)

du module maître ..... 18,00

090125-42 ..... Microcontrôleur préprogrammé (PIC12F508-I/SN)

du module loupote ..... 2,75

**Présélecteur pour SDR d'Elektor**

090615-71 ..... Kit composants, platine câblé partiellement,

noyaux ferrites avec bobines ..... 57,50

**Radio-ordinateur ATM18**

090740-71 ..... Platine avec puce récepteur radio Si4734/35,

câblée et testée ..... 34,95

**Horloge minimaliste**

090823-41 ..... Contrôleur programmé (PIC12F683-I/SN) ..... 7,95

**F377 novembre 2009****Les Vikings arrivent !**

080948-71 ..... Kit : platine nue et module Bluetooth BTM222 ..... 27,50

**Serveur web R32C**

080082-71 ..... Kit Carte d'application : composants en CMS

câblés plus tous les autres composants ..... 149,50

080928-91 ..... R32C kit de démarrage : carte contrôleur

câblée et testée, outils sur CD-ROM ..... 34,00

090607-91 ..... Module WIZ812MJ avec puce W5100 ..... 22,50

**F376 octobre 2009****Altimètre barométrique**

080444-41 ..... Microcontrôleur PIC18F2423 programmé ..... 18,50

**Carte d'application R32C**

080082-71 ..... Kit Carte d'application : composants en CMS

câblés plus tous les autres composants ..... 149,50

080928-91 ..... R32C kit de démarrage : carte contrôleur

câblée et testée, outils sur CD-ROM ..... 34,00

**F375 septembre 2009****Alarme d'inclinaison pour voiture**

080064-41 ..... Contrôleur programmé ..... 24,50

**Petit génie Max AVR**



081101-1 ..... Platine ..... 14,50

081101-41 ..... Contrôleur ATmega88 programmé ..... 12,50






081101-71 ..... Kit : platine, contrôleur programmé et tous les autres composants ..... 34,50

# vos favoris






livres

**1**  **12 applications pratiques** pour maîtriser le PICBASIC PB-3B  
ISBN 978-2-86661-166-8 ..... 42,50 €**2**  **Les installations domestiques à énergies renouvelables**  
ISBN 978-2-86661-170-5 ..... 32,50 €**3**  **310 circuits**  
ISBN 978-2-86661-171-2 ..... 34,50 €**4**  **Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR**  
ISBN 978-2-86661-169-9 ..... 49,50 €**5**  **Construire une radio logicielle**  
ISBN 978-2-86661-163-7 ..... 33,50 €

cd &amp; dvd-rom

**1**  **DVD Elektor 1990-1999**  
ISBN 978-2-86661-173-6 ..... 89,00 €**2**  **ECD 5**  
ISBN 978-90-5381-159-7 ..... 29,50 €**3**  **DVD LED Toolbox**  
ISBN 978-90-5381-245-7 ..... 32,50 €**4**  **DVD Elex**  
ISBN 978-2-86661-156-9 ..... 44,50 €**5**  **DVD Elektor 2008**  
ISBN 978-90-5381-235-8 ..... 27,50 €

kits &amp; modules

**1**  **Présélecteur pour SDR d'Elektor**  
Réf. : 090615-71 ..... 57,50 €**2**  **Carte d'application R32C**  
Réf. : 080082-71 ..... 149,50 €**3**  **Analyseur OBD2 NG**  
Réf. : 090451-71 ..... 99,00 €**4**  **Kit à µC R32C/111**  
Réf. : 080928-91 ..... 34,00 €**5**  **Toupie électronique**  
Réf. : 080678-71 ..... 49,95 €

Commandez tranquillement sur

**[www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)**

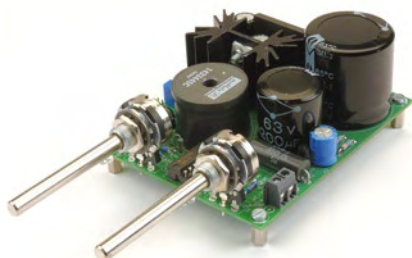
ou à l'aide du bon de commande encarté à la fin de la revue. Les commandes en ligne de livres ou de CD &amp; DVD-ROM bénéficient d'une remise spéciale de 5%.

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



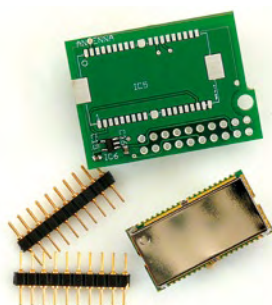
## Brucelles de mesure pour les CMS

Les composants montés en surface (CMS) ne sont plus réservés à la production en série de cartes électroniques, ils sont aussi de plus en plus utilisés pour les prototypes et par les amateurs. Vu la petite taille de ce type de composants, il est pratique de disposer d'un instrument de mesure spécial CMS quand on câble une carte qui en comporte. Il existe plusieurs instruments de mesure conçus spécialement pour les CMS. Dans le numéro prochain, nous présenterons quelques brucelles intelligentes et des multimètres avec sondes pour CMS.



## Alimentation laboratoire universelle

Une alimentation réglable est indispensable dans un laboratoire d'électronique qui se veut sérieux. Symétrique si possible, avec indication de la tension et du courant de sortie s'il vous plaît. Cette petite alimentation à découpage permet de réaliser exactement cela. La tension de sortie est réglable de 0 à 25 V et elle peut fournir jusqu'à 3 A. Pour faire une alimentation de laboratoire symétrique, il suffit d'en fabriquer deux.



## Analyseur OBD2 sans fil

L'analyseur OBD2 NG publié dans le numéro de septembre 2009 permet de lire et comprendre les données et messages OBD produits par une voiture compatible. Dans le numéro prochain, nous présenterons une extension pour cet outil qui rajoute la commande à distance. Ainsi devient-il possible de recevoir les données OBD par une liaison sans fil sur un ordinateur portable et de les enregistrer pendant que la voiture roule, par exemple.

*Il arrive que la publication de certains articles soit retardée par des impératifs rédactionnels. Attention, le numéro d'avril 2010 devrait être en kiosque à partir du 17 mars.*



### Prix au numéro

France	6,70 €
DOM Surface	7,70 €
DOM Avion	9,75 €
Belgique	7,35 €
Suisse	12,60 FS
Canada	10,90 \$Can

### Abonnement d'un an standard

France	70,00 €
Belgique	77,50 €
Suisse	130,00 FS
DOM Surface	92,00 €
DOM Surface Priorité	119,50 €

Étudiant	-/- 20%
----------	---------

### Abonnement de 2 ans standard

France	124,00 €
Belgique	139,00 €
Suisse	235,00 FS

DOM Surface	165,00 €
DOM Surface Priorité	215,00 €

Étudiant	-/- 20%
----------	---------

### Abonnement 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 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

E-mail : abonnements@elektor.fr

### Commandes/Ventes

E-mail : ventes@elektor.fr

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

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

### Le département Clients est accessible

du lundi au jeudi de 8h30 à 17h00  
et le vendredi de 8h30 à 12h30.

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

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

**MP3 (2 Go). \***

**MP3 (2 Go). \***

# lisez 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.

*ete abonne a elektor au cours des 12 mois precedents.*

**\*\* Le DVD-ROM annuel 2009 vous sera envoyé d'office dès sa parution prévue en février 2011.**

03/2010

03/2010

**Je commande les articles suivants :**

[illegible]

FRAIS DE PORT ET D'EMBALLAGE	
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 €

**\*\* 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 €)**

2007	343	<del>344</del>	345	346	335	348	349/350*	351	352	353	354
2008	355	356	357	358	359	360	361/362*	353	364	365	366
2009	367	368	369	370	371	372	373/374*	375	376	377	378/
2010	379	380	381								

**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 : ABN AMRO Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03
- ☐ Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton
- ☐ Virement bancaire International : ABN AMRO 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 \_\_\_\_\_

Forfait de port et d'emballage :

- 8,50 € envoi standard France métropolitaine & Europe
- 12,50 € envoi standard DOM/TOM et le reste du monde
- 10,00 € envoi express France métropolitaine & Europe
- 15,00 € envoi express DOM/TOM et le reste du monde

Code de vérification  
(les trois derniers chiffres au dos de la carte)

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**

**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 baladeur MP3 (2 Go).\*

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)

AVANTAGEUX !

Mode de paiement (cochez la case de votre choix) :

- ☐ Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR
- ☐ Virement bancaire pour la France : ABN AMRO Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03
- ☐ Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton
- ☐ Virement bancaire International : ABN AMRO 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 \_\_\_\_\_

\* Si vous n'avez pas  
été abonné au cours  
des 12 derniers mois,  
\*\* Le DVD-ROM annuel  
2009 vous sera envoyé  
d'office dès sa parution  
prévue en février 2011.

Code de vérification  
(les trois derniers chiffres  
au dos de la carte)

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**



**Recevez gratuitement chaque semaine dans votre boîte à lettres électronique la lettre d'information d'Elektor**

L'abonnement est **libre** et **gratuit**, et vous donne accès aussi aux échanges entre lecteurs et praticiens **sur le forum d'Elektor**.

La page d'accueil du site d'Elektor est mise à jour régulièrement par une équipe de rédacteurs spécialisés, curieux de l'évolution des techniques, de leurs accidents de parcours qu'on passe sous silence ailleurs, des bizarreries sur lesquelles d'autres ne s'interrogent pas, et des nouveautés les plus prometteuses.

L'ensemble de ces nouvelles constitue **elektor-hebdo** pour vous aider à rester au fait de l'actualité l'électronique.



Naviguez sur **www.elektor.fr** et abonnez-vous !

## Répertoire des annonceurs

BETA LAYOUT	<a href="http://www.pcb-pool.com">www.pcb-pool.com</a>	23
DILTRONIC	<a href="http://www.diltronic.com">www.diltronic.com</a>	27
EBCONNECTIONS	<a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a>	69
EURO CIRCUITS	<a href="http://www.eurocircuits.fr">www.eurocircuits.fr</a>	75
GSE	<a href="http://www.gsenet.com">www.gsenet.com</a>	69
HAMEG	<a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a>	69
IMPRELEC		69
L'IMPULSION	<a href="http://www.limpulsion.com">www.limpulsion.com</a>	69
LEXTRONIC	<a href="http://www.lextronic.fr">www.lextronic.fr</a>	88
MIKROELEKTRONIKA	<a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a>	2
PICO	<a href="http://www.picotech.com/scope1060">www.picotech.com/scope1060</a>	29
RADIO AMATEUR	<a href="http://www.malibrairienumerique.fr">www.malibrairienumerique.fr</a>	27

## Réservation d'espaces publicitaires

Réservez dès aujourd'hui votre espace publicitaire dans le magazine Elektor du mois de Mai 2010 !

Date limite de réservation : **le 23 Mars 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)

# ElektorWheelie

 **Tentez le diable !**

**Puissance et stabilité :** Sans polluer, goûtez aux sensations fortes, au plaisir de la glisse et à la liberté.

Deux roues, deux moteurs, deux batteries, trois capteurs (gyroscope, accéléromètre, sonde de courant), une électronique de puissance et la logique de commande, tout ça sous la gouverne de deux microcontrôleurs AVR pour assurer une étonnante stabilisation dynamique.

Ni frein, ni accélérateur, tout est dans le manche-guidon !



### Caractéristiques techniques :

- 2 moteurs CC à réducteur de 500 W
- 2 batteries au plomb stabilisé de 12 V / 9 Ah
- 2 roues de 40 cm en plastique à pneu gonflé
- Commande moteur en MLI par ponts H jusqu'à 25 A
- Coupure automatique dès que l'utilisateur descend de l'engin
- Arrêt d'urgence fiable
- Indicateur d'état de charge des batteries
- Vitesse maximum : 18 km/h
- Rayon d'action : environ 8 km
- Poids : environ 35 kg

Le kit complet d'Elektor-Wheelie comprend deux moteurs CC de 500 W, deux batteries au plomb stabilisé de 12 V / 9 Ah, 2 roues de 40 cm en plastique à pneu gonflé, un châssis carrossé, un guidon, la carte de commande et la carte des capteurs montées et testées, prêtes à l'emploi et le chargeur.

Réf. : 090248-71

Prix : 1599,00 € (hors frais de port)

Informations, vidéo de démonstration et bon de commande sur

**www.elektor.fr/wheelie**



## Platines de développement "microElectronix"



**EasyPIC6:** Platine de développement pour microcontrôleurs PIC™ avec programmeur **USB intégré**, supports pour PIC **8, 14, 20, 28 et 40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur ICD, mini clavier, touches directionnelles, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 caractères et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). La platine est livrée de base avec un PIC16F877 ..... **137,50 €**

**Compilateurs pour PIC** Versions professionnelles avec interface IDE et très nombreuses possibilités: gestion port série, 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...

Compilateur **BASIC:** 150 €    Compilateur **"C"** 215 €    Compilateur **"PASCAL"** 152 €



**EasyAVR6:** Platine de développement pour microcontrôleurs AVR™ avec programmeur **USB intégré**, supports pour AVR **8, 14, 20, 28 et 40** broches, 32 leds, 32 boutons poussoirs, afficheur 2 x 16 caractères COG, port série, connecteur PS/2, connecteur JTAG, mini clavier, touches directionnelles, emplacements pour afficheurs LCD 2 x 16 caractères et LCD graphique 128 x 64 pixels à dalle tactile (livrés en option), emplacement pour capteur de température DS18S20 (livré en option). La platine est livrée de base avec un ATmega16 ..... **139 €**

**Compilateurs pour AVR** Versions professionnelles avec interface IDE et très nombreuses possibilités.

Compilateur **BASIC:** 150 €    Compilateur **"C"** 215 €    Compilateur **"PASCAL"** 152 €

## Acquisition / Mesure / Débug

① Analyseur logique 16 voies avec 32 K/canal, échantillonnage 100 Hz à 100 MHz - Trigger programmable.

**LAP-C16032** ..... **94,47 €**  
Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

② Analyseur USB non intrusif Full / Low Speed. Idéal pour debug, mise au point de drivers, optimisation d'équipements USB divers. **TP320221** ..... **419 €**  
Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

③ Interface USB <> I2C™ / SPI™ - Gestion bus maître ou esclave.

**TP240141** ... **274 €**    Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

④ Analyseur I2C™ / SPI™ non intrusif - Monitoring max. I2C™ @ 4 MHz - SPI™ @ 24 MHz. **TP320121** ..... **322 €**  
Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

## Platine de développement "BASYS2"



Conçue sur la base d'un très puissant FPGA Spartan-3™ (Xilinx™) associé à de nombreux périphériques: BP, afficheurs, Leds, port PS2,

Port VGA..., cette platine de développement est idéale pour l'apprentissage rapide des techniques de conception numérique moderne. De part son excellent rapport qualité / prix / performance, la platine "BASYS2" est probablement un des outils de développement pour FPGA parmi les plus attractifs du moment, lequel conviendra ainsi tout aussi bien pour la réalisation d'applications de décodage logique très simple comme pour la mise au point de réalisations extrêmement complexes et puissantes.

La platine est livrée avec un câble USB permettant sa programmation depuis un compatible PC. Elle est compatible avec la suite logiciel disponible en téléchargement sur le site de Xilinx™.

**La platine BASYS2 100K** .... **83,12 €**

## Analyseur de consommation énergétique



Plus qu'un énergimètre classique, le "POWERSPY" est un véritable oscilloscope numérique performant dédié à l'analyse de la consommation des équipements alimentés par le secteur, y compris ceux alimentés en mode veille. Il permet de visualiser et d'analyser (sur l'écran de votre PC) les courbes de tension, courant et puissance (pics, mesures RMS, facteur de puissance, analyse harmonique et THD, etc.). Sa liaison Bluetooth™ garantit une utilisation en toute sécurité.

Applications: Validations de produits, certifications EuP, optimisation d'alimentations à découpage, éducation...

**Le boîtier POWERSPY** .... **460,46 €**

## Modules "ARDUINO"

Les modules **Arduino** sont des plate-formes microcontrôlées "open-source" programmables via un langage proche du "C" (dispo. en libre téléchargement). Elles peuvent fonctionner de façon autonome ou en communiquant avec un logiciel sur ordinateur.



**Circuit intégré Arduino** ..... **5,86 €**  
**Module Arduino Pro Mini** ..... **17,34 €**  
**Module Arduino Pro** ..... **19,32 €**  
**Platine Arduino USB Board** ..... **26,31 €**  
**Module Arduino Nano** ..... **52,62 €**  
**Platine Arduino Mega USB** ..... **58,60 €**

**Arduino Ethernet Shield** ..... **46,05 €**  
**Platine Arduino XBee** ..... **47,84 €**  
**Platine Arduino Bluetooth™** ..... **104,05 €**  
**Platine Arduino Base Robot™** ..... **65,78 €**  
**Platine Arduino drive Moteur™** ..... **23,92 €**  
**Platine Arduino PROTO** ..... **16,15 €**

## Capteurs - Capteurs - Capteurs



## Platines accéléromètres

3 axes avec MMA7260QT ♦ ± 1,5 à 6 g  
Sorties analogiques ..... **22,72 €**

3 axes avec LIS3LV02DQ ♦ ± 2 et 6 g  
Sorties I2C™ / SPI™ ..... **41,50 €**

2 axes avec ADXL322 ♦ ± 2 g  
Sorties analogiques ..... **23,32 €**

## Platines gyroscopes

1 axe avec MLX90609 ..... **57,99 €**  
2 axes avec IDG1215 ..... **50,23 €**

## Platines accéléromètre + gyroscope

5 axes (IDG500 + ADXL335) .. **65,78 €**  
6 axes (LPR530 + LYS30A) ... **74,15 €**

## Capteur de flexion

Sa résistance varie en fonction de la flexion infligée au capteur ..... **14,35 €**

## Capteurs de force

Modèle circulaire (diam. 6 mm) **7,48 €**  
Modèle circulaire (diam. 15 mm) **8,19 €**

## Capteurs potentiométriques

Leur résistance varie en fonction de la position de votre doigt.

Modèle rectiligne (long. 10 cm) **16,27 €**

Modèle circulaire (diam. 65 mm) **15,99 €**

**eTape™** est un capteur progressif de niveaux de liquide non corrosif. La valeur de sa résistance sera fonction de la distance séparant la partie haute du capteur par rapport au niveau du liquide. Dimensions: partie active: 32,07 cm - largeur: 2,54 cm - Résistance: 550 ohms (vide) et 60 ohms (plein) ..... **31,10 €**



## Boussoles Ocean Server

La société Américaine "OceanServer Technology" est spécialisée dans la conception et la fabrication de boussoles électroniques "OEM" subminiatures compensées en inclinaison, pouvant être interfacées via une liaison USB, RS232 ou TTL.

## Mini serveur Web "CIE-M10"

De dimensions réduites, économique, polyvalent et simple à mettre en oeuvre, le module **"CIE-M10"** fait office de mini-serveur "web" doté d'une multitude de périphériques d'entrées et de sorties spécialement conçus pour les applications de contrôle et de pilotage à distance.

- 8 entrées tout-ou-rien (niveau max. 3.3 V).  
- 1 entrée de conversion "analogique/numérique" (résolution sur 10 bits)  
- 8 sorties logiques (3.3 V CMOS).  
- 1 port série (niveau logique 3 V)

Tous ces périphériques sont accessibles au travers de la connexion "TCP/IP". Le module est également capable de supporter les modes Web Server (HTTP) et Modbus/TCP. Vous pourrez aussi charger votre propre page WEB à l'intérieur de la mémoire du module afin que vous puissiez personnaliser votre application. Le changement d'état des entrées, la valeur mesurée par le convertisseur et l'état des sorties du module "CIE-M10" pourront ainsi être visualisés par vos propres représentations graphiques.

Le module CIE-M10 seul ..... **77,74 €**

## Nouveautés - Nouveautés - Nouveautés

Bénéficiant probablement d'un des meilleurs rapport qualité / performances / prix du marché, ce boîtier vous permettra de connecter n'importe quel dispositif doté d'une liaison RS-232 à un réseau local WLAN sans fil en réagissant à la manière d'un convertisseur "WLAN <> Série". Le boîtier est livré avec son antenne (prévoir alim.: 5 Vcc).

**CSW-H80 110 €**    Dont 0,01 € d'éco-participation inclus

## La platine "FOX Board G20"

est un système embarqué économique de faible dimension pour système d'exploitation Linux, architecture autour d'un processeur ARM9™ AT91SAM9G20 @ 400 MHz d'Atmel™.

Elle dispose d'un connecteur d'alimentation, d'un connecteur Ethernet (Base 10/100), de 2 ports USB 2.0 host, d'un port Client sur mini USB, d'une pile de sauvegarde pour horloge RTC ..... **174,61 €**

Ce module de **reconnaissance vocale** est capable de reconnaître 32 mots ou expressions que vous lui aurez préalablement appris via un logiciel sur PC (nécessite que le module soit relié au port RS232 du PC avec circuit MAX232 non livré). Le module restituera ensuite des commandes via sa liaison série lorsqu'il reconnaîtra les mots ou expressions que vous prononcerez devant son microphone. Il vous sera possible de l'interfacer très simplement via un microcontrôleur externe.

**Module VRBOT + microphone** ..... **46,64 €**

## Clef USB Bluetooth™ 2.0+EDR

Class 1, longue portée (300 m max. en terrain dégagé).  
Sortie sur connecteur SMA avec mini-antenne ..... **35,28 €**

Ce petit module est capable de reproduire des fichiers audios (voix, musiques, etc...) préalablement stockés sur une carte mémoire microSD™ (à ajouter).

Pour ce faire, il vous suffira de convertir vos fichiers WAVE (.wav) ou MP3 (.mp3) en fichier ADPCM (.ad4) reconnus par le module au moyen d'un logiciel disponible en téléchargement. Stockez ensuite vos fichiers sur une carte microSD™, insérez celle-ci dans le connecteur du module et pilotez la restitution des messages audios via votre microcontrôleur en envoyant des ordres très simples via un bus série 2 fils (DATA - CLOCK). Il est également possible de piloter le module en mode "STAND-ALONE". Dès lors, il vous sera possible à l'aide de 4 boutons-poussoirs seulement, de lire le premier fichier, de le mettre en pause, de passer au fichier suivant, de revenir au fichier précédent, de revenir au premier fichier. Alim. 2,7 à 3,6 Vcc - Dimensions: 18,3 x 20,8 mm - Sortie faible niveau pour HP... **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 €**

## La platine "CB280 USB BOARD"

est idéalement conçue pour l'évaluation, le test et la découverte de la programmation en langage BASIC sur les modules CUBLOC. Cette dernière intègre un "CB280" associé à un étage de conversion "série <> USB". Un simple câble USB (non livré) vous permettra de la programmer via son logiciel disponible sur notre site Web. Les "E/S" sont accessibles sur des connecteurs femelles.

La platine CB280 USB Board ..... **45,45 €**