

**Linux pour les électroniciens**

# e lektor

www.ektor.fr

## Embarquez Linux dans vos applications

**1<sup>ère</sup> partie : l'histoire d'une « révolution accidentelle »**

**+ au coeur du Pico C-Super l'AT2313 programmé dans le style du Z80**



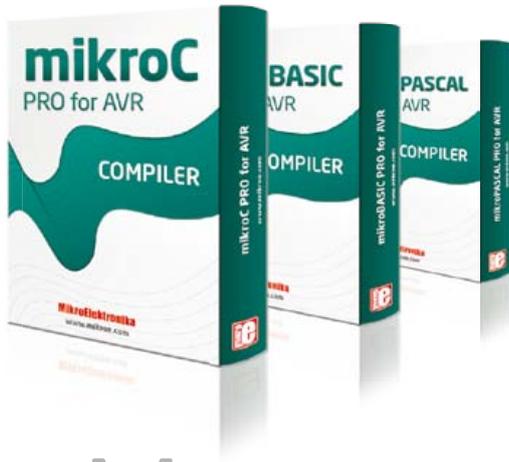
## charge fictive pour lampe à LED d'auto

**+ Platino sous la baguette de LabVIEW**  
Découvrez LIFA, une interface LabVIEW pour Arduino

**+ préAMP 2012 : le retour du vinyl**  
2<sup>e</sup> partie : préampli pour cellules MC & MM

L 19624 -407- F: 7,20 €



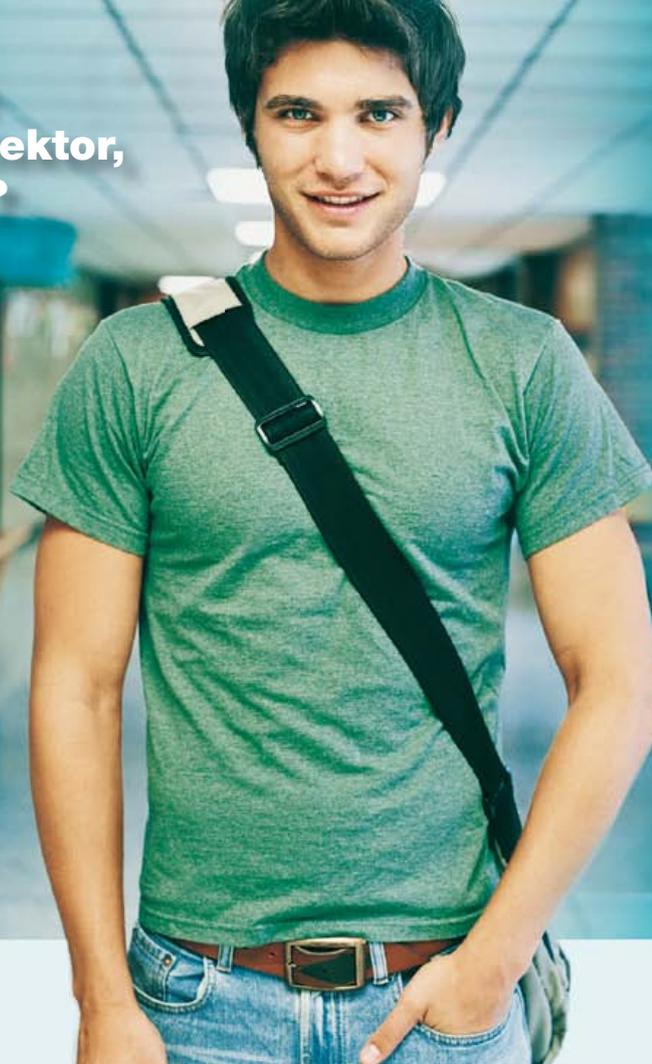


# Vous avez le choix.

Optez pour celle des architectures que vous voulez. Choisissez le langage de programmation qui vous va le mieux. Quel que soit votre choix, vous retrouverez le même **IDE** confortable et **intuitif**. Des **optimisations SSA** puissantes, fichier d'**Aide** plein de ressources, des douzaines d'**Outils** et de très nombreux **Exemples** sont à votre disposition pour vous permettre de vous lancer rapidement. Et, si vous deviez jamais changer d'avis, il vous suffira de passer d'une architecture à une autre sans le moindre problème. Pour plus de **500 de nos fonctions de bibliothèque**, nous avons planifié la rétrocompatibilité avec le plus grand soin, pour vous mettre en mesure, littéralement, de copier-coller vos codes existants et de les reconstruire avec quelques légères modifications.

« ... entre Visual Basic  
à la fac et le C avec Elektor,  
vous hésiteriez, vous ?  
Moi pas ! »

Fabrice T., 20 ans, BAC+2



Avantages  
aux abonnés  
étudiants :

**-30%**

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

Prenez de l'avance,  
prenez un abonnement !

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

- 30% d'économie sur le prix de vente au numéro
- jusqu'à **40% de remise** sur certains produits d'Elektor
- collection complète, livraison ponctuelle à domicile
- toujours à jour, toujours une longueur d'avance



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

**elektor**

## Dans les nuages

Fascinante mémoire humaine : depuis que j'ai un âge où elle se rappelle à mon souvenir autant par ses dysfonctionnements que par sa merveilleuse mécanique, je redouble de curiosité pour la mémoire. Déjà quand les cassettes audio servaient pour la sauvegarde informatique, j'éprouvais pour la bande magnétique la même déférence que pour les profondeurs insondables d'un cerveau vivant. J'avais beau me raisonner, toutes les formes de mémoire apparues ensuite ont joui dans mon esprit du même noble et respectable statut ; surtout la *mémoire dynamique* qui, tel un être vivant, exige un rafraîchissement permanent. Même le disque dur m'a longtemps paru magique, en dépit de sa fragilité mécanique ; pas même ses défections inopinées, avec gigapertes de données que je croyais précieuses, n'ont suffi pour le discréditer. Gloire enfin à la mémoire flash dont les progrès ne vont jamais assez vite à mon goût. Ainsi, je me serai donc fait à toutes ces mutations, même au fameux **cloud** que j'ai commencé à utiliser bien avant que ce mot lui-même n'apparaisse. Seulement, il ne me serait jamais venu à l'idée d'appeler *nuage* cette forme de mémoire. En effet, pour moi, les métaphores courantes de la mémoire n'avaient rien de nébuleux : petites boîtes, tiroirs, rayonnages de bibliothèque, central téléphonique etc. Autant d'images qui caricaturent plus qu'elles n'expliquent. C'est ce que j'ai compris à la lecture récente d'un ouvrage fort instructif de Jacques Ninio, directeur de recherche au CNRS, intitulé **Au cœur de la mémoire** (éd. Odile Jacob). On y lit, entre autres, que mieux que nos vieux modèles simplistes, la métaphore du *nuage informatique* rend compte justement du fonctionnement de la mémoire humaine. Qu'il est vivifiant de lâcher les vieilles lunes et d'abandonner les idées rabougries pour en découvrir de nouvelles, aussi *nébuleuses* soient-elles !

Denis Meyer

PS : la « révolution accidentelle » sur la couverture de ce numéro est un clin d'œil à la biographie de Linus Torvalds :

[http://en.wikipedia.org/wiki/Just\\_for\\_Fun](http://en.wikipedia.org/wiki/Just_for_Fun)

### 6 de nous à vous : le réseau Elektor

Informations légales

### 8 Infos & actualités

Quelques nouveaux produits

### 12 Embedded World 2012

La grand-messe annuelle des microcontrôleurs à Nuremberg

### 16 charge fictive pour lampe à LED

Halte au gaspillage d'énergie dans l'auto. Mort aux ballasts énergivores !

### 22 télémessure et communication pour résidence secondaire

Recyclage de modem analogique à l'heure de la domotique

### 30 régulation de précision pour 6 ventilateurs de PC

Harmonisation du refroidissement

### 35 1 bouton + 1 LED = 2 fils seulement

Simplicité rime avec fiabilité. Moins on a de fils, plus on rit.

### 36 RAMBOard-Serial

Une puissante commande de RAM statique à interface SPI. Parce qu'on en demande de plus en plus aux  $\mu$ C.

### 38 capteur d'humidité SHT11 sur PC

C'est sous forme numérique que ce capteur délivre les valeurs de température et d'humidité mesurées.

### 40 au cœur du Pico C-Super

Un concepteur raconte comment il s'est approprié le code d'un autre et comment il a programmé l'AT2313 dans le style du Z80.

### 43 bruits de labo

- implanter des tubes Nixie
- test de transfo d'isolation
- oscillations parasites
- résistances à califourchon

### 48 Platino sous la baguette de LabVIEW (1)

Vous ne savez ou ne voulez pas savoir programmer ? Arduino et LabVIEW sont



# SOMMAIRE

35<sup>e</sup> année  
Mai 2012  
N° 407



## 16 charge fictive pour lampe à LED pour l'auto

### Pas de gaspillage d'énergie dans l'auto

Sur une voiture, quand vous remplacez une ampoule par une lampe à LED, le témoin de défaut d'éclairage s'allumera, comme si la lampe à LED neuve était déjà morte. C'est parce que les LED ne consomment pas assez. Un remède expéditif consiste à rajouter une résistance ballast qui simule la forte consommation d'une ampoule ordinaire : le voyant restera éteint, mais quel gaspillage !



## 22 télémessure et communication pour résidence secondaire

### Recyclage de modem analogique à l'heure de la domotique

Ce système de collecte d'informations sur PC et de communication par la ligne téléphonique vous permet de garder un œil, à l'autre bout du pays, sur la température, l'ensoleillement ou la pression près de votre maison, ou d'y commander un appareil et de transmettre l'état d'une alarme.

Pas besoin d'une connexion internet !



## 30 régulation de précision pour six ventilateurs de PC

### Harmonisation du refroidissement

Dans un PC moderne, il faut plusieurs ventilateurs pour venir à bout de la chaleur, mais il est impossible pour la carte mère de les gérer individuellement. Ce circuit-ci est capable de régler jusqu'à 6 ventilateurs sur les indications de plusieurs thermomètres. Configuration et surveillance par logiciel, évidemment via l'USB.



## 52 embarquez Linux !

### 1<sup>ère</sup> partie

De l'aéronautique à la machine à café, Linux est au cœur de nombreux appareils. L'électronicien tenté d'adopter ce système d'exploitation est souvent arrêté par sa complexité et le prix des cartes de développement. Voici Linux pour les électroniciens, sous la forme d'une carte compacte et bon marché qui vous initiera tout en douceur !

donc faits pour vous ! Entre eux, vous trouverez LIFA, une interface LabVIEW pour Arduino.

## 52 embarquez Linux ! 1<sup>ère</sup> partie

Voici Linux pour les électroniciens, et une initiation tout en douceur à la « révolution accidentelle » !

## 58 radio logicielle avec AVR (3) : antenne ferrite active AM et FM

Explorons les modulations d'amplitude et de fréquence, et construisons un petit émetteur expérimental de signal horaire !

## 66 préAMP 2012 (2) : platine pour cellules MC & MM

Les vinyles opèrent un retour en force, Les tables de lecture de haut de gamme aussi. Le nouveau préAMP 2012 relève le défi.

## 72 retour aux sources (5)

Comment stabiliser une tension ? Avec un régulateur intégré ? Oui, mais il existe d'autres moyens qu'il faut connaître.

## 77 défi énergie verte RL78 : action !

Demain commence aujourd'hui : un nouveau concours sous le signe de l'éco-conception par Renesas

## 78 Rétronique : dictaphone Philips EL3581

Fans de Retronics, si vous reconnaissez votre mère ou votre grand-mère sur les photos, téléphonez-moi.

## 84 MOSFET pas comme les autres

Le composant du mois est un drôle de MOSFET utilisé comme palpeur de courant.

## 85 Hexadoku

Votre séance mensuelle de thérapie Hexadoku.

## 86 Avant-première

Tandis que vous lirez ce numéro, nous préparons celui de juin. Si vous avez des idées pour les suivants, partagez-les avec nous.

## Notre équipe

Rédacteur en chef :	Denis Meyer (redaction@elektor.fr)	Directeur éditorial :	Wisse Hettinga
Rédaction internationale :	Harry Baggen, Thijs Beckers, Eduardo Corral, Jens Nickel, Clemens Valens		
Laboratoire :	Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Raymond Vermeulen, Jan Visser		
Graphistes :	Giel Dols, Jeanine Opreij, Mart Schroijen	Secrétaire de rédaction :	Hedwig Hennekens
Directeur <i>Elektor online</i> :	Carlo van Nistelrooy		
Ont coopéré à ce numéro :	Antoine Authier, Robert Grignard, Rémy Mallard, Hervé Moreau, Kévin Petit, NN		

## Nos réseaux



## Nos équipes internationales

 <b>United Kingdom</b> Wisse Hettinga +31 (0)46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Spain</b> Eduardo Corral +34 91101 93 95 e.corral@elektor.es	 <b>India</b> Sunil D. Malekar +91 9833168815 ts@elektor.in
 <b>USA</b> Hugo Vanhaecke +1 860-875-2199 h.vanhaecke@elektor.com	 <b>Italy</b> Maurizio del Corso +39 2.66504755 m.delcorso@inware.it	 <b>Russia</b> Nataliya Melnikova 8 10 7 (965) 395 33 36 nataliya-m-larionova@yandex.ru
 <b>Germany</b> Ferdinand te Walvaart +31 46 4389417 f.tewalvaart@elektor.de	 <b>Sweden</b> Wisse Hettinga +31 46 4389428 w.hettinga@elektor.com	 <b>Turkey</b> Zeynep Köksal +90 532 277 48 26 zkoksal@beti.com.tr
 <b>France</b> Denis Meyer +31 46 4389435 d.meyer@elektor.fr	 <b>Brazil</b> João Martins +55 11 4195 0363 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>South Africa</b> Johan Dijk +27 78 2330 694 / +31 6 109 31 926 j.dijk@elektor.com
 <b>Netherlands</b> Harry Baggen +31 46 4389429 h.baggen@elektor.nl	 <b>Portugal</b> João Martins +351 21413-1600 joao.martins@editorialbolina.com	 <b>China</b> Cees Baay +86 21 6445 2811 CeesBaay@gmail.com

35<sup>ème</sup> année, n°407 mai 2012  
ISSN 0181-7450 Dépôt légal : avril 2012  
CPPAP 113 U 83713

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

Banque ABN AMRO : Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603  
BIC : ABNAFRPP

DROITS D'AUTEUR : © 2012 Elektor International Media B.V.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'oeuvre

## Nos adhérents

Nous  
avons

276438

adhérents  
dans 83 pays



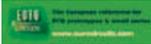
Adhérez vous aussi au réseau Elektor...  
**ElektorHebdo en ligne**  
notre lettre hebdomadaire d'information électronique gratuite  
et à ...

## Elektor, le mensuel d'électronique

Tarifs, conditions, offres, nouveautés :

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

## Nos annonceurs

	Beta Layout <a href="http://www.beta-layout.com">www.beta-layout.com</a> . . . . . 63		National Instruments <a href="http://www.ni.com/academic/f">www.ni.com/academic/f</a> . . . . . 88
	Eurocircuits <a href="http://www.elektorpcbservice.com">www.elektorpcbservice.com</a> . . . . . 15		Renesas RL78 Challenge <a href="http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge">www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge</a> . . . 21
	Jackaltac <a href="http://www.jackaltac.com">www.jackaltac.com</a> . . . . . 37		Schaeffer AG <a href="http://www.schaeffer-ag.de">www.schaeffer-ag.de</a> . . . . . 39
	MikroElektronika <a href="http://www.mikroe.com">www.mikroe.com</a> . . . . . 2		

### Pour placer votre annonce dans le prochain numéro d'Elektor

veuillez contacter Mme Ilham Mohammadi par téléphone au (+33) 01.49.19.26.19

ou par courrier électronique : [i.mohammadi@elektor.fr](mailto:i.mohammadi@elektor.fr)

dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 -art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

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

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

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

Imprimé aux Pays-Bas par Senefelder Misset - Doetinchem

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

## Serveur d'impression sans fil pour Apple iOS

Lantronix annonce le lancement de son nouveau serveur d'impression breveté *plug and print* (« branchez et imprimez »), le xPrintServer. Il s'agit du premier serveur d'impression compatible avec tous les appareils sous Apple iOS, en particulier l'iPad2, mais aussi l'iPad1, l'iPhone et l'iPod touch. Le nouveau dispositif de la taille d'un iPhone est une solution matérielle facile à installer qui utilise nativement le menu d'impression d'iOS. Il ne nécessite aucune application supplémentaire ni



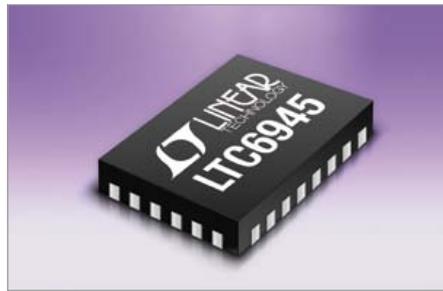
aucun téléchargement de logiciel ou d'installation de pilote d'imprimante. Il reconnaît automatiquement les imprimantes disponibles et ne requiert aucune configuration. Il suffit d'ouvrir la boîte et de brancher le serveur n'importe où sur le réseau pour pouvoir imprimer sans fil depuis n'importe quel appareil sous iOS (4.2 et versions supérieures) et sur toute imprimante connectée.

Le serveur supporte nativement des centaines d'imprimantes courantes comme celles de HP, Brother, Epson, Canon, Dell, Lexmark et Xerox. Au fur et à mesure que de nouveaux modèles et marques d'imprimantes apparaîtront, des mises à jour seront disponibles sur le site du constructeur. Premier produit de la famille xPrintServer, le *Network Edition* sera commercialisé autour de 115 €.

(110713-8) [www.lantronix.com](http://www.lantronix.com)

## Synthétiseur pour des fréquences de 350 MHz à 6 GHz

Le LTC6945 de Linear Technology est un synthétiseur de fréquence à diviseur par N 6 GHz avec un bruit de phase réduit en boucle fermée de -226 dBc/Hz (normalisé), un niveau de bruit en 1/f de -274 dBc/Hz (normalisé). Ce synthétiseur présente aussi un bruit de phase plancher de -157 dBc/Hz et



un niveau de parasites en sortie de -102 dBc. Dans une application typique à 900 MHz, ces caractéristiques permettent d'atteindre un bruit de phase en boucle fermée de -100 dBc/Hz à 1 kHz de la fréquence centrale. Le composant est conçu pour fonctionner avec un VCO externe jusqu'à 6 GHz. De plus, le composant intègre sur sa puce un diviseur programmable de 1 à 6 qui permet d'atteindre une fréquence minimale de 350 MHz.

La puce comprend un étage tampon avec une référence à faible niveau de bruit, un diviseur de fréquence, un détecteur de phase-fréquence (PFD), une pompe de charges programmable et un diviseur par nombre entier pour obtenir un fonctionnement de la PLL à très faible bruit. Le composant est piloté à travers un port série bidirectionnel SPI.

Le logiciel gratuit PLLWizard pour PC permet de simuler, vérifier et optimiser de manière interactive les montages autour de ce circuit.

Le LTC6945 est spécifié sur la gamme de températures de -40 à 105 °C et la puce est logée dans un boîtier plastique QFN de 28 broches de 4 x 5 mm.

(110713-7) [www.linear.com/product/LTC6945](http://www.linear.com/product/LTC6945)

## Écran tactile industriel connecté au Cloud

La nouvelle série de produits de type Smart Panel de Adlink Technology a été conçue dans l'objectif de fournir un nouveau concept tout-en-un pour les applications Panel PC, telles qu'équipements d'automatisation d'usine, systèmes de transport, appareils de navigation multimédia, systèmes publicitaires, kiosques interactifs et systèmes de soins médicaux. La nouvelle série offre une interface homme-machine (IHM) intégrée, laquelle utilise le Cloud Computing pour

les applications internet Cloud public et privé permettant en tout lieu l'accès aux informations et services.

Les produits Smart Panel sont dotés d'un design ultra fin, souple et hautement intégré. Cette série de produits est la première sur le marché à intégrer dans un dispositif panneau unique le processeur, la connectivité réseau et l'écran. Le Smart Panel comprend intégralement les trois éléments clés de la conception système : un panneau LCD de haute luminosité, un écran tactile et une carte mère. Cela permet aux concepteurs de se concentrer d'avantage sur le développement des E/S nécessaires à leur application.



Le modèle au diagonal de 20,3 cm offre une luminosité d'écran de 800 cd/m<sup>2</sup> (comparé aux 250 à 300 cd/m<sup>2</sup> couramment constatés dans les panneaux LCD disponibles sur le marché) pour assurer, même à la lumière directe, une image claire à l'intérieur comme à l'extérieur. La fonction d'écran tactile intégrée permet non seulement de répondre aux tendances récentes du marché, mais également d'éviter aux intégrateurs systèmes les soucis de mise en place de mesures de propreté nécessaires à l'assemblage du panneau LCD et de l'écran tactile. L'écran de haute luminosité offre des options tactiles résistives ou capacitives pour une plus grande flexibilité. Toutes ces fonctions sont fournies dans un design modulaire de moins de 2 cm d'épaisseur.

Les produits sont proposés en architectures x86 et ARM, avec des écrans allant de 12,7 à 54,6 cm pour une variété d'applications. Les options d'affichage haute définition (1920 x 1080 pixels) incluent des rapports 4:3 et 16:9. La connectivité Wi-Fi proposée en option permet notamment de surveiller à distance les états de la production en usine, de la gestion des matériaux et du dépannage.

(110713-9)

[www.adlinktech.com/smart-panel/index.html](http://www.adlinktech.com/smart-panel/index.html)

## Émetteur-récepteur NFC pour l'automobile

La communication en champ proche (NFC - *Near Field Communication*) est une technique de communication bidirectionnelle à courte distance qui s'impose progressivement comme la technique par excellence dans le domaine du contrôle d'accès, des transactions en point de vente et de l'échange de données sur smartphones. Les constructeurs automobiles entendent proposer les capacités NFC à travers une multitude de fonctions, dans le but d'améliorer l'expérience de leur propriétaire. Le nouveau composant MLX90132 de Melexis



a été conçu justement pour cela.

Il s'agit d'un émetteur-récepteur 13,56 MHz entièrement intégré et multiprotocole RFID/NFC. Il prend en charge les protocoles ISO/IEC 8092, 14443A et B, 15693 et 18000-3. Il a été développé pour traiter les fréquences des sous-porteuses allant de 106 à 848 kHz et les vitesses de transferts jusqu'à 848 kbit/s. La section numérique du MLX90132 traite les basses couches de protocole, du protocole API à la couche physique, au moyen de fonctionnalités avancées de décodage de bits et de trames. Le composant intègre également une fonctionnalité d'émulation de balises pour la prise en charge NFC. Les capacités avancées de détection de balises et de champ garantissent une réduction de consommation électrique considérable en configuration lecteur d'identification par radiofréquence et en mode NFC. Le dispositif offre deux modes et six états de fonctionnement différents qui permettent une consommation d'énergie réduite. En mode hibernation, la consommation en courant est ainsi inférieure à 10 µA, alors qu'en mode de récepteur le dispositif consomme à peine 2,5 mA.

La mémoire tampon de 256 octets du dispositif permet la mise en tampon d'une trame RDID complète. Les ports de communication SPI/UART assurent une interface facile, comprenant la majorité des microcontrôleurs.

Le MLX90132, conforme à la norme automobile AEC-Q100, est disponible dans un boîtier QFN de 5 x 5 mm.

(110713-10) [www.melexis.com](http://www.melexis.com)

## Connecteurs à toute épreuve

Les connecteurs APD d'ITT Interconnect Solutions sont conçus pour les conditions difficiles rencontrées dans les applications de transport lourd. Fabriqués avec des matériaux résistant au diesel, à l'essence et aux liquides de freins des véhicules lourds et des engins agricoles, les connecteurs APD possèdent un système éprouvé de verrouillage à baïonnette résistant aux fortes vibrations rencontrées dans ces applications. Pour les utilisations intenses, l'APD 19/51 voies offre en outre une fonction de verrouillage secondaire facilitant l'installation et garantissant l'alignement des contacts. Tous les connecteurs APD possèdent un codage par couleurs et un détrompage mécanique qui facilite leur emploi.

De niveau d'étanchéité IP67/IP69K (avec un scellement individuel des fils) et résistantes aux vibrations, les interconnexions APD d'ITT ICS regroupent une vaste gamme comprenant des connecteurs de puissance à 1 et 2 voies, des connecteurs haute tension à 4 voies et des connecteurs comptant jusqu'à 51 voies, plus des versions spéciales pour capteurs et circuits imprimés. Leur grande variété d'arrangements de contacts augmente encore la palette des applications finales. Les spécifications électriques atteignent 48 VDC et 240 A. La gamme APD comporte aussi une plate-forme flexible pour solutions personnalisées.

(110713-11) [www.ittcannon.com](http://www.ittcannon.com)



## Transducteurs de pression sous haute température



Les transducteurs de pression des séries HI2200 et 2300 de ESI Technology Ltd. ont été conçus pour mesurer la pression en environnement à haute température jusqu'à 200 °C.

Ils peuvent mesurer la pression de fluides très chauds, mais surtout ils peuvent être implantés dans des environnements où la température ambiante peut atteindre elle aussi 200 °C, par ex. dans des autoclaves ou des fours industriels.

La cellule de type SoS (Silicon-on-Sapphire) représente le nec plus ultra technologique tout en proposant un tarif des plus attractifs.

Toutes les pièces en contact avec le fluide étant en titane, et le corps en acier inox, les HI2200/2300 sont aptes à fonctionner en conditions sévères en offrant une répétabilité et une longévité exceptionnelles. Les plages de pressions vont de 0...1 bar à 0...1500 bar, et la sortie analogique (en mV/V) est soit brute, soit compensée en option. Deux types de connectiques, pleinement compatibles pour une utilisation à 200 °C, sont disponibles : par câble PTFE intégré, ou par connecteur à baïonnettes type MIL-C-26482.

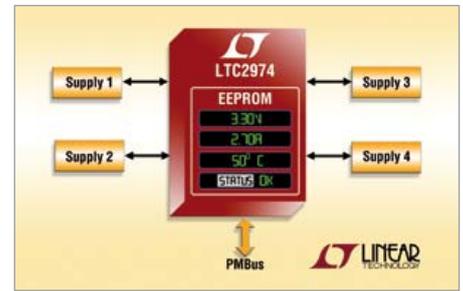
(110713-12)

<http://www.sucovse.fr/>

## LTC2974 : quadruple gestionnaire d'alimentation

Linear Technology Corporation présente le LTC2974, un gestionnaire d'alimentation à EEPROM pour la gestion complète de quatre alimentations positives ou négatives et plus, au moyen d'une interface I2C et un ensemble

de commandes PMBus. Les quatre canaux du LTC2974 gèrent simultanément la tension et l'intensité, ainsi que la température externe, de façon à ce que les utilisateurs puissent compenser une dérive de la résistance RDS(ON) du MOSFET ou de l'inductance DCR. On peut régler les marges de tension et la tension en fonction de la température, en utilisant une boucle de servocommande numérique qui permet de mesurer la tension



de rail et de la régler continuellement pour maintenir la précision.

Les utilisateurs peuvent exploiter l'interface utilisateur graphique LTpowerPlay pour configurer et interroger, de façon intuitive, les registres, les paramètres de configuration définis par l'utilisateur et l'adresse des erreurs mémorisées.

Pour les applications qui nécessitent plus de quatre alimentations, on peut mettre en cascade plusieurs LTC2974 sur un bus de synchronisation à un fil, permettant la mémorisation des erreurs dans les composants partageant le bus.

Le LTC2974 convient aux alimentations non interruptibles (UPS), dans les secteurs de l'automobile, du médical, de la vidéo et des réseaux.

Les blocs de fonctions clés sont la mesure différentielle et de réglage, les convertisseurs de données à haute résolution, d'EEPROM à forte capacité et une référence de tension précise pour permettre la gestion numérique d'un système d'alimentation purement analogique. Une minuterie de chien de garde programmable permet de superviser un microcontrôleur, un FPGA ou un ASIC externe. Les quatre canaux sont totalement fonctionnels, avec les caractéristiques dédiées, de gestion, de supervision, de séquençage, de marges de tension, de réglage, de protection en cas de dysfonctionnement.

Un adressage d'erreur dans une boîte noire offre un moyen de diagnostic au moment du dysfonctionnement, en stockant les paramètres critiques dans une EEPROM. Sur le terrain, le LTC2974 fonctionne de façon autonome afin d'assurer une supervision continue et de réagir par une action préprogrammée à des situations d'erreurs. Le LTC2974 est également protégé par un capteur de température intégré.

Le kit de démonstration DC1856, avec le contrôleur USB vers PMBus DC1613, présente le LTC2974 gérant quatre alimentations discrètes.

## Oscilloscopes de terrain OX 5022 & OX 5042

Les plus petits oscilloscopes à voies TOTALEMENT isolées du marché : 600 V CAT III (BNC métalliques).

HANDSCOPE, les nouveaux oscilloscopes numériques portables conçus et développés par Metrix, sont d'une utilisation simplifiée. À la fois oscilloscope, multimètre et analyseur d'harmoniques, les HANDSCOPE tiennent parfaitement dans la main.

L'écran couleur LCD 3,5 pouces, d'une résolution de 320x240 pixels, est rétroéclairé par LED (consommation limitée, excellente lisibilité).

Le boîtier élastomère est protégé contre les chocs et IP54. Toutes les touches de commandes sont accessibles en face avant, y compris avec des gants de protection. Il existe

deux modèles d'oscilloscope HANDSCOPE, avec une bande passante de 20 MHz pour l'OX 5022, et de 40 MHz pour l'OX 5042.

En mode Oscilloscope, 19 mesures automatiques sont présentes. L'échantillonnage est de 2 Gé/s en répétitif, et de 50 Més/s en monocoup sur chaque voie. Les fonctions plus complexes telle que la fonction MATH avec mise à l'échelle automatique ou les mesures par curseurs sont également disponibles.

En mode multimètre, les HANDSCOPE disposent de 2 multimètres TRMS 8000 points indépendants pour la tension et les courant AC, DC, AC+DC, résistance, continuité, capacité, fréquence, température, via thermocouple K ou sonde infrarouge, vitesse de rotation du moteur via tachymètre optique, test de diode et de composants....

Le mode multimètre permet l'analyse de puissance, réalisée par la combinaison de deux voies et permet la mesure de puissance active monophasé et triphasé équilibrée, avec ou sans neutre.

En mode Analyseur d'harmoniques, l'analyse s'effectue sur les deux voies jusqu'au rang 31, avec une fréquence du fondamental entre 40 et 450 Hz. Simultanément, le HANDSCOPE mesure les valeurs de la tension TRMS totale, du THD et du rang sélectionné. Afin d'améliorer l'analyse, la fréquence du fondamental est sélectionnable, très utile lorsque le niveau d'un rang harmonique est supérieur à celui du fondamental.

Les HANDSCOPE conviennent aux opérations d'intervention sur les installations électriques et à la maintenance générale sur le terrain. Les voies isolées permettent les mesures en toute sécurité.

La base de temps longue permet notamment le contrôle de synchronisation.

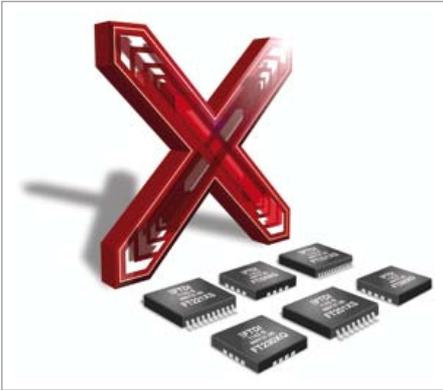


120081-4)

(120081-1)

[www.linear.com/product/LTC2974](http://www.linear.com/product/LTC2974)

## FTDI présente la gamme X-Chip de circuits d'interface USB de nouvelle génération



### Circuit basse consommation à nombre de broches réduit, et détection intégrée de chargeur de batterie USB

Le spécialiste des solutions USB *Future Technology Devices International Limited* (FTDI) renforce sa gamme de produits d'interface USB-série avec sa gamme X-Chip de 13 boîtiers différents, qui vient compléter les gammes existantes FT-R et FT-H. Les interfaces possibles sont notamment UART de base, UART complet, FIFO ou I2C, ainsi que l'interface propriétaire FT1248 I/O de FTDI (incluant le support SPI amélioré).

Avec X-Chip, les ingénieurs disposent d'une interface USB 2.0 dotée de toutes les fonctions nécessaires pour améliorer les performances système, avec une meilleure utilisation de la surface disponible et une consommation réduite. Ces nouveaux circuits offrent des débits jusqu'à 3,4 Mbits/s, en maintenant la consommation typique à 8 mA en fonctionnement, et moins de 125  $\mu$ A au repos.

Suite aux récentes modifications apportées aux spécifications USB, concernant la charge plus rapide des appareils électroniques portables, les X-Chip disposent d'une fonction intégrée pour détecter un port de charge, et commutent automatiquement du mode transfert de données au mode charge.

Les systèmes d'exploitation Windows 7, Windows Vista, Windows Xp, Windows Xp Embedded, Windows CE, Mac OS-X, Linux 3.2 (et plus), et Android sont tous supportés, offrant ainsi aux ingénieurs une grande souplesse au niveau conception. En outre, les pilotes USB nécessaires sont téléchargeables gratuitement sur le site web de FTDI. Étant donné que tout le protocole

USB est géré par le circuit, il est inutile de programmer un micrologiciel USB spécifique. Une mémoire interne 2048 octets reprogrammable permet le stockage et le paramétrage des descripteurs de dispositifs nécessaires.

[www.ftdichip.com/FT-X.htm](http://www.ftdichip.com/FT-X.htm)

## Sharp révolutionne l'affichage avec un LCD à mémoire de forme circulaire

Qui a dit que les LCD devaient être rectangulaires ? Sûrement pas Sharp qui lance un afficheur à cristaux LCD à mémoire et à très basse consommation, avec pour la première fois, une zone d'affichage circulaire de 2,5 cm de diamètre, avec 12868 pixels. Une excellente lisibilité de l'écran est garantie dans tous les environnements lumineux grâce à un rapport de contraste de 14 :1. Du fait d'un taux de transmission de 0,25%, ce nouvel écran LCD à mémoire peut être associé à un système de rétroéclairage de manière à ce que le contenu affiché puisse être lisible même



dans le noir. Avec sa forme circulaire, le modèle LS010B7DH01 est particulièrement adapté aux petits appareils électroniques à très faible consommation que l'on peut porter au poignet et qui doivent fonctionner longtemps entre deux recharges. Il s'agit non seulement des montres bracelets mais également des petits ordinateurs utilisés dans les sports d'endurance et de montagne ou bien encore des dispositifs miniatures de télésurveillance médicale. Cet afficheur circulaire convient également pour les indicateurs de vitesse des vélos électriques, les accessoires de sport et de (re) mise en forme, ainsi que les thermostats. Comme tous les écrans à cristaux liquides à mémoire de Sharp, le modèle

## En bref...

Maxim Integrated Products propose les thermomètres et thermostats numériques MAX31722/MAX31723 qui sur une interface SPI ou 3 fils délivrent sous 1,7 V seulement les températures lues localement.

[www.maxim-ic.com](http://www.maxim-ic.com)

Panasonic Europe propose une nouvelle gamme de projecteurs LCD à courte portée (PT-TW231R and PT-TW230) affichant une résolution WXGA de 1280x800 et 2.500 lumens de luminosité.

<http://panasonic.net/avc/projector/products/>

Renesas Electronics annonce une série de  $\mu$ C à 32 bits RX63T pour les applications de commande de moteur et d'onduleur, dotés de temporisateurs sophistiqués et de fonctions analogiques

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

ON Semiconductor annonce deux nouveaux régulateurs à faible différentiel de tension NCV47700 et NCV47701 idéaux pour systèmes audio et multimédia, blocs d'instrumentation, systèmes de navigation et radios satellite.

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

Microchip annonce des performances accrues de 25 % pour la série GS des dsPIC33F, des contrôleurs de signal numérique (DSC) pour alimentations à découpage.

<http://www.microchip.com/get/JVX4>

LS010B7DH01 se caractérise par une très faible consommation électrique : à peine 10  $\mu$ W pour des images fixes et seulement 45  $\mu$ W pour des images rafraîchies à une fréquence de 1 Hz. Des valeurs qui correspondent approximativement à 1% de la consommation électrique d'un LCD-TFT transmissif conventionnel de taille identique et à un dixième de celle d'un écran réfléchissant traditionnel. Avec en plus cette forme originale qu'aucun LCD classique ne peut proposer.

(110703-1)

# Embedded World 2012

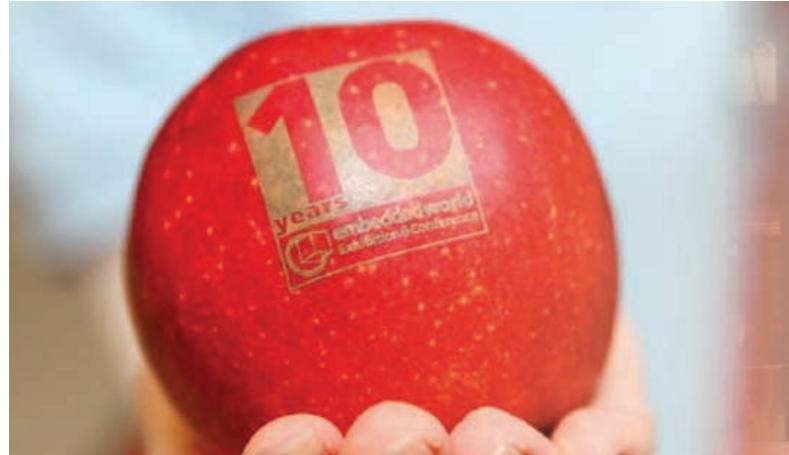
Clemens Valens & Antoine Authier (Elektor)

*Embedded World electronics* fêtait cette année ses 10 ans d'existence. Plus gros que jamais, ce salon a accueilli à Nuremberg, plus de 20.000 visiteurs, dont quelques Elektoriens venus prendre la température d'une électronique qui change le monde autant qu'elle s'adapte à lui.

*Embedded World* est surtout un salon pour les microcontrôleurs ; analogistes puristes, s'abstenir. Toutes les boîtes qui comptent, ou voudraient compter y sont. En visiteurs aguerris par l'expérience des éditions antérieures, nous avons pris une bonne habitude : en arrivant, se rendre droit sur le stand *STMicroelectronics* pour ne pas rater le circuit gratuit. Cette année, il fallait un bon pour obtenir une superbe carte *STM32F4-Discovery* avec son ARM Cortex M4 à 32 bits. Celui-ci venait de faire son apparition l'an passé, cette année ils sont déjà plusieurs fabricants à en proposer. Conçu pour le traitement de signal et les applications audio, ce  $\mu\text{C}$  couillu, avec ses extensions DSP et son unité de calcul à virgule flottante, me manquera pas de faire encore beaucoup parler de lui, dans un domaine où d'ailleurs NXP n'est pas en reste. Le distributeur *Future Electronics* proposait, lui, une carte de *streaming* audio de leur propre conception, autour d'une unité centrale Cortex M4 estampillée *Freescale*.

Puisqu'on parle de puissance de calcul, *Toradex*, helvétique fabricant de petites cartes micro, offrait un module micro *Colibri T20* (+ *carrier board*) en échange de votre don de 20 € à la Croix-Rouge suisse. Durée du démarrage de la bête : 500 ms. Sous le capot : processeur ARM Cortex A9 NVIDIA Tegra 2 à double cœur, Windows CE & Linux. Nous avons eu droit à un échantillon et l'avons testé au labo d'Elektor : il s'est montré plus rapide au démarrage que le moniteur LCD auquel il était connecté ! Selon un représentant de *Toradex*, il n'aura pas fallu deux jours pour que les 999 autres échantillons de ce canon trouvent acquéreur.

Il ne vous aura pas échappé que le nom ARM a déjà été mentionné à plusieurs reprises depuis le début de cet article. Sans exagérer, il y avait de l'ARM partout, ce dont on se félicitait ouvertement sur le stand ARM. *Microchip* sera-t-il le seul à résister avec sa famille de PIC32 basée sur des MIPS ? Il va lui falloir une bonne rasade de potion magique, surtout quand on sait qu'ARM vise l'extermination pure et simple du  $\mu\text{C}$  à 8 bits, produit phare de *Microchip* écoulé en quantités astronomiques. L'arme (pas si) secrète d'ARM est le Cortex M0, vendu sous licence (il y a même des boîtiers DIP chez NXP !) à moins d'un dollar, c'est-à-dire meilleur marché que la plupart des  $\mu\text{C}$  à 8 bits.



Sur le front des  $\mu\text{C}$  à 8 bits, *Microchip* lance la famille PIC12F752 pour les applications d'éclairage à LED et de charge de batteries. Dotés d'un générateur de sortie complémentaire (COG) intégré, ils fournissent des formes d'onde complémentaires qui ne se recouvrent pas, p. ex. pour des comparateurs ou des périphériques MLI (PWM). Une autre nouveauté *Microchip* fut l'annonce sur le salon de petits ( $5 \times 5 \text{ mm}$ ) PIC32 MX1 et MX2 en boîtiers de 28 ou 44 broches. Conçus pour les applications audio mobiles, ils acceptent les périphériques audio, les capteurs capacitifs et l'USB à la volée (OTG).

*Microchip* donne aussi dans les 16 bits avec sa nouvelle famille PIC24F KL. Une variété de  $\mu\text{C}$  à consommation extrêmement faible (XLP), avec des courants de veille de 30 nA à 25 °C, pour une intensité nominale de service de 150  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  sous 1,8 V. C'est peu, mais *Texas Instruments* montre qu'il est possible de faire mieux : 360 nA en mode de lecture de l'horloge en temps réel (qui n'est pas un mode de veille) et moins de 100  $\mu\text{A}/\text{MHz}$  en service normal pour



Photo 1. Pour sa carte de streaming audio, *Future Electronics* s'appuie sur Kinetis K60 de *Freescale* avec un cœur ARM Cortex-M4.

# l'électronique en perpétuelle mutation



leur famille *Wolverine* de circuits MSP430. Selon TI, ils ont atteint là la consommation la plus faible au monde pour un  $\mu$ C. Le nom *Wolverine* est celui d'un super-héros de fiction (forcément !), membre des *X-Men*, choisi pour ses aptitudes... à trancher dans le vif.

Sur le stand d'*Atmel*, nous avons remarqué la version 6 de leur *Studio IDE*, connu jusqu'ici sous le nom d'*AVR Studio*. Si AVR n'est plus mentionné, cela ne signifie pas qu'il est hors-jeu pour autant, mais parce que les  $\mu$ C à Cortex M ARM (encore !) d'*Atmel* (sauf ARM7) sont aussi de la partie. Désormais *Studio 6* d'*Atmel* reconnaît grosso micro 300 des contrôleurs de la marque. Il est fourni avec *Atmel Software Framework* (ASF, connu comme *AVR Software Framework*), une vaste bibliothèque de code source, riche de plus 1.000 exemples de projets.

ARM encore pour les  $\mu$ C présentés par *Toshiba*, dont la philosophie semble être « puisque je ne peux pas les battre, je m'associe à eux ».

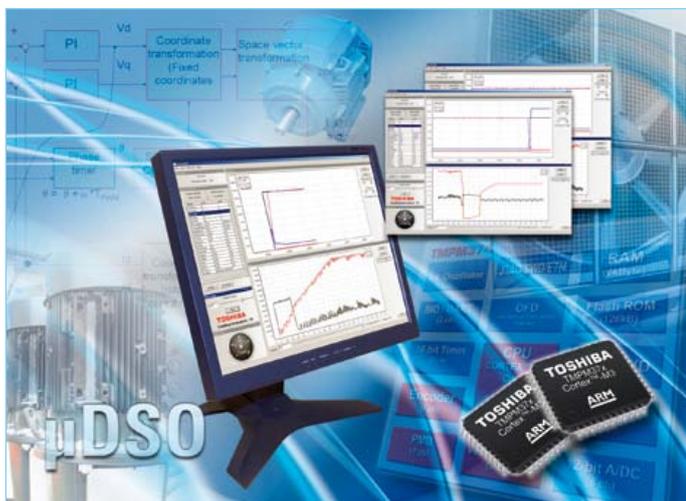


Photo 2. C'est un oscilloscope numérique à mémoire que *Toshiba* a intégré dans son processeur à base de Cortex M3, spécialisé dans la commande de moteur. Serait-ce l'amorce d'une nouvelle vogue ?

On peut être opportuniste et avoir de bonnes idées : *Toshiba* propose des  $\mu$ C conçus pour la commande de moteurs, avec DSO intégré. DSO ? Non, vous n'avez pas la berlue, c'est bel et bien *digital storage oscilloscope* ! Le logiciel associé permet donc non seulement de créer rapidement un pilote pour moteur sans balais, mais aussi d'en examiner les signaux ! La commande de moteur est effectuée par du matériel et ne sollicite donc nullement la puissance de calcul. Comme elle ne compte finalement que les tours, cette commande s'apparenterait plutôt à celle de moteurs pas-à-pas. Encore un microcontrôleur que vous retrouverez bientôt dans *Elektor*.

*Cypress*, le spécialiste du *Programmable System-on-Chip* (PSoC), présentait son nouveau logiciel de conception qui comprend désormais un navigateur de composants auxquels des modules viendront s'ajouter au fur et à mesure. Un nouvel outil de conception de filtres est proposé, qui permet de configurer sur la puce des blocs de filtre matériels.

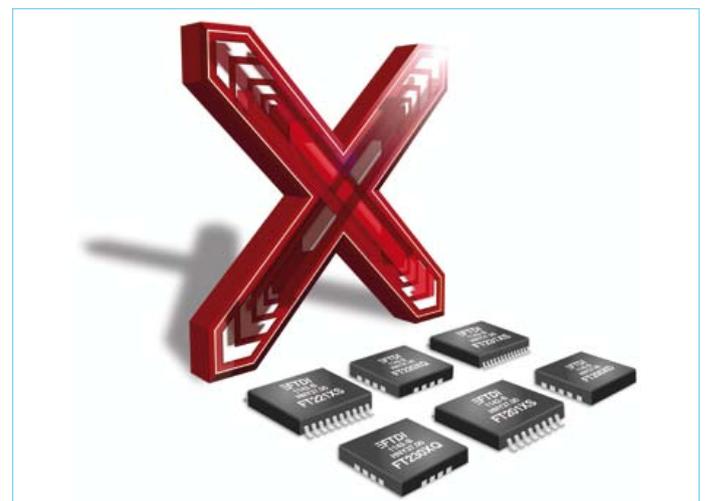


Photo 3. On a eu les XXX, voici les X : une nouvelle famille de passerelles USB de FTDI.

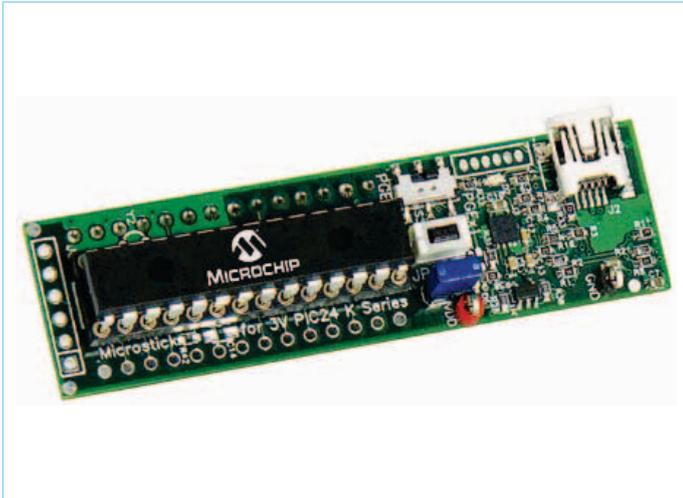


Photo 4. La série des microsticks PIC24F K de *Microchip* pour la famille de contrôleurs à consommation eXtrêmement faible est évidemment supportée par MPLAB X.

Si vous avez jamais testé une carte d'évaluation, vous savez que, parmi les accessoires fournis, il y a généralement une version de démarrage d'un compilateur IAR. La programmation et le débogage de ce genre de cartes font appel à du matériel, parfois embarqué, et le plus souvent sous licence de *Segger*. Or chez IAR, ils ont maintenant mis au point leur propre sonde de débogage en circuit, appelée I-Jet, logée dans un éclatant boîtier jaune qui ne passera pas inaperçu. Cet outil, compatible avec la plupart des processeurs ARM, est doté d'une interface USB.

Voilà qui nous conduit à parler de FTDI : comme Elektor fait abondamment appel aux convertisseurs USB-RS-232 de FTDI, nous étions impatients de découvrir leur série X-Chip, dont les 13 circuits ouvrent la voie royale entre d'un côté l'USB 2.0 et de l'autre l'UART, le SPI/FT1248, l'I<sup>2</sup>C et les interfaces FIFO, pour compléter la gamme R-Chip et les produits Hi-Speed de la marque. Sur le salon, FTDI offrait les convertisseurs BOB USB-I<sup>2</sup>C (UMFT201XB-01) de la taille d'une clé USB. Pour les utiliser, il faudra installer des pilotes dont nous avons constaté, au labo d'Elektor, qu'il fallait au moins la version 2.08.23. Ce qui exclut *Windows 2000* et les versions antérieures. Apparemment il n'y a pas (encore ?) de pilotes pour Linux (contrairement à ce qu'affirme la documentation). Ça devrait marcher sous Mac OS X et ça pourrait marcher sous Android.

*Lantronix* et *Digi* sont concurrents dans la niche des serveurs à base de Linux de la taille d'un connecteur RJ45. *Lantronix* bat ses records de miniaturisation en supprimant ce connecteur. Leur xPico de seulement 24 x 16,5 mm, est à la fois serveur complet, avec pile IP, et serveur web. Les utilisateurs d'iPad/iPod s'intéresseront au xPrintServer de *Lantronix* qui permet d'imprimer sur n'importe quelle impri-



Photo 5. Le nouveau MSP430 de *Texas Instruments*, appelé *Wolverine* par allusion à un personnage (tranchant) des X-Men, est caractérisé par une consommation de moins de 100  $\mu$ A/MHz.

mante de votre sous-réseau. Les Androidiens patienteront, leur version est en phase beta mais ne tardera pas.

*Digi*, connu pour ses modules sans fil XBee, présente XBee-PRO 868, un nouveau module de transmission par radiofréquences dont la portée est de 2 x 40 km. *Digi* s'intéresse aussi au nuage : une de leurs nouveautés, appelée iDigiConnector, permet comme son nom l'indique, à toute application à  $\mu$ C de se connecter gratuitement à iDigi, et offre donc l'accès à l'internet à n'importe quel appareil de n'importe quel fabricant. À quand la première application dans Elektor ? Juste avant l'heure de fermeture du salon, nous avons visité le stand WIZnet, spécialiste coréen de puces et modules pour l'internet, qui s'est assuré les services d'un distributeur européen (merci Joachim). Nous en reparlerons bientôt dans Elektor.

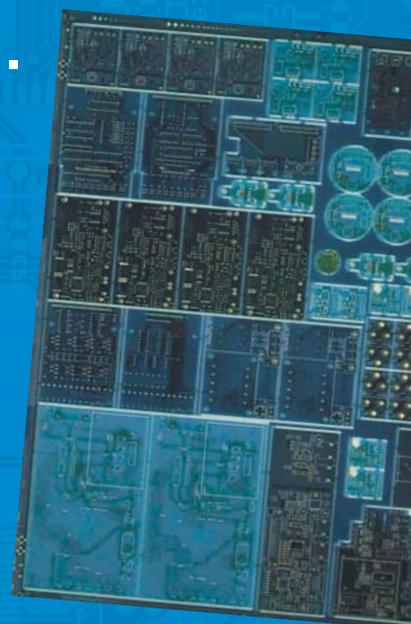
Voilà donc l'essentiel de trois jours de marche forcée, d'innombrables entretiens et d'hectolitres de salive... L'essentiel, mais pas tout, car il faudrait un numéro entier d'Elektor pour donner une image fidèle de ce qu'apporte au monde de l'électronique un salon comme celui de Nuremberg. Au moment où nous bouclons cet article, notre collègue Jan Buiting arpente pour vous les allées du salon *Design West 2012* à San Jose en Californie, la rencontre au sommet des ingénieurs de la galaxie, dont il rendra compte ici même le mois prochain.

(120297)

## Lé référence Européenne pour les C.I. Prototypes et petites séries.

Accélérez votre cycle de développement tout en réduisant les coûts grâce nos services pooling rapides et faciles d'accès en ligne:

- Haute qualité professionnelle et prix modiques
- Livraisons rapides pour répondre à vos contraintes
- Soutien technologique performant
- Sans frais de dossier et d'outillages
- Sans minimum de commande à partir d'une pièce
- Sans règlement par avance
- Service pochoirs



### **PCB proto** – service rapide à prix très attractifs dédié aux bureaux d'études

- 1 ou 2 C.I. en 2, 3, 5 ou 7 jours ouvrés
- Contrôle complet du dossier, finition comprenant 2 vernis épargne verts et une sérigraphie blanche – Isolements/conducteurs  $\geq 150\mu\text{m}$
- 1 C.I. 100 x 80mm en 7 jours - 2 faces 46,49 € - 4 couches 94,41 €
- 2 C.I. 100 x 80mm en 7 jours - 2 faces 36,47 € pièce - 4 couches 73,89 € pièce

*Prix avec TVA Française de 19,6% transport non compris*

### **STANDARD pool** – la plus large gamme d'options en pooling d'Eurocircuits

- 1 à 8 couches isolements/conducteurs  $\geq 150\mu\text{m}$
- A partir de 2 jours ouvrés

### **TECH pool** – la force du pooling au service des C.I. haute densité

- 2 à 8 couches isolements/conducteurs  $\geq 100\mu\text{m}$
- A partir de 4 jours ouvrés

### **IMS pool** – C.I. à haute dissipation thermique pour application de puissance (LED, conversion d'énergie, ...)

- C.I. 1 face sur semelle métallique (SMI) – Isolements/conducteurs  $\geq 200\mu\text{m}$
- Cuivre 35 $\mu\text{m}$  avec isolant 75 $\mu\text{m}$  sur semelle en aluminium 1.5mm
- A partir de 3 jours ouvrés

### **On demand** – C.I. spéciaux minces et rigides

- 0 à 16 couches isolements/conducteurs  $\geq 90\mu\text{m}$
- CI hyperfréquences et haut Tg
- A partir de 2 jours ouvrés

# charge fictive pour lampe à LED antiénergivore pour automobile

Carlo Cianferotti (Italie)

Une charge qui diminue les pertes... ce n'est pas facile à croire, car toute charge dissipe forcément de la puissance. Pourtant, sur la voiture, le montage présenté ici fait croire à un témoin de défaut d'éclairage que la lampe à LED consomme autant que la lampe ordinaire qu'elle remplace.



Sur une voiture, vous remplacez une ampoule défectueuse par une lampe à LED qui dure plus longtemps et consomme moins : bien ! Pourtant, au tableau de bord, le témoin de défaut d'éclairage reste allumé et signale une panne, comme si la lampe à LED neuve était déjà morte. Le remède expéditif consiste à mettre en parallèle avec la lampe à LED une résistance ballast de quelques ohms seulement. Cette façon de simuler la forte consommation de courant d'une ampoule ordinaire se traduit par une forte dissipation de chaleur. Du coup, le voyant du tableau n'y voit que... du feu, et reste éteint, mais quel gaspillage ! De plus,

cette chaleur pourrait se révéler dangereuse pour les matières plastiques à l'entour. Tout ça rien que pour tromper un témoin de panne ? Un fameux gâchis. Et un beau défi. Ma proposition récupère l'énergie économisée par la LED, que ce soit dans les phares, à l'avant, à l'arrière, sur les feux stops, les clignotants, la malle, n'importe où. Un simple convertisseur élévateur à découpage capable de débiter au témoin de panne 4 A s'il le faut, peut fournir une solution.

## Un rien de théorie

La **figure 1** montre la situation d'origine : la batterie débite environ 1,75 A. Le bloc

coloré représente le témoin de panne sur le tableau de bord. De la **figure 2**, on peut déduire qu'après remplacement de l'ampoule d'origine par la lampe à LED équivalente, on est obligé de dissiper 15 W ( $12\text{ V} \times 1,25\text{ A}$ ) dans la résistance de shunt (dite aussi *bleeder*) pour que le même courant circule dans le voyant. En pratique, on peut perdre un peu moins de puissance puisque le niveau de déclenchement est probablement inférieur au courant nominal. Connectons par la pensée une source de courant comme sur la **figure 3**. Le courant qui traverse le témoin de défaut de lampe est toujours de 1,75 A, mais la batterie n'en

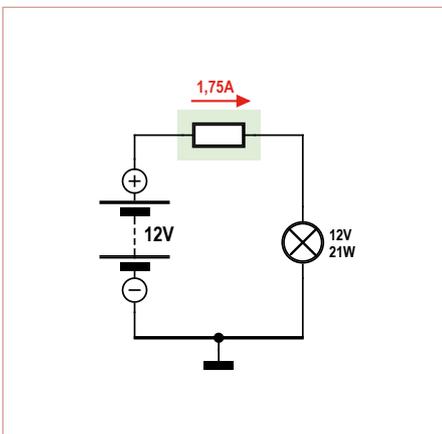


Figure 1. La circulation de courant dans un circuit standard de détection de défaut d'éclairage sur une voiture. Il y passe environ 1,75 A.

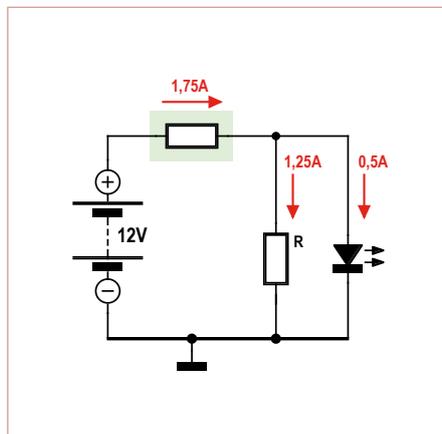


Figure 2. Pour donner le change au témoin de panne d'éclairage, il nous faut ajouter 1,25 A au courant qui allume la lampe à LED de remplacement.

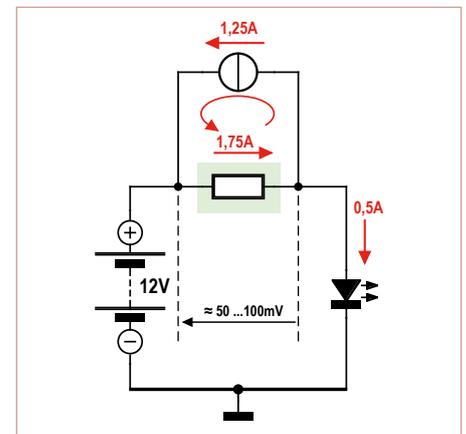


Figure 3. Voici comment brancher une source de courant de 1,25 A pour leurrer le témoin de défaut d'éclairage.

fournit plus qu'à peu près 0,5 A, ce qui est réellement utilisé par la LED. De quoi réduire grandement la puissance perdue. Malheureusement, une source de courant parfaite, ça n'existe pas. Il nous faudra inventer un circuit qui fait comme si... De préférence simple et abordable. Et accepter qu'on n'arrivera pas à exclure toutes les pertes. Avec le circuit proposé ici, elles seront tout de même réduites à 10 % de celles de la résistance shunt.

### Vers un montage pratique

Nous partons d'une tension nettement plus basse que celle de la batterie et nous voulons forcer une partie du courant à retourner à la batterie : il nous faut donc un convertisseur élévateur. Pour alléger les coûts et la quantité de composants, le cœur de notre circuit sera un contrôleur populaire, en boîtier DIP à 8 broches, capable de faire de la modulation de largeur d'impulsions (MLI) de courant. Pour les mêmes raisons, nous n'allons pas mesurer le courant dans une boucle de rétroaction, mais réaliser une boucle simple de commande du courant de pointe par MOS. L'analyse du circuit, sa simulation et les tests du prototype ont montré que cette solution était adéquate pour obtenir le courant voulu de quelques centaines de milliampères, même sous de fortes variations de tension de batterie et en dépit des pertes inévitables dans le circuit du témoin de panne.

### Un seul contrôleur

Examinons le contrôleur MLI à l'aide du diagramme fonctionnel de la **figure 4**. La fréquence de l'oscillateur est déterminée par la combinaison appropriée de R4/C6 (**fig. 5**). La fonction principale du bloc MLI (PWM) est de commander le courant de pointe mesuré à l'entrée de sonde de courant, en tenant compte de la sortie de l'amplificateur d'erreur. Tout cela s'opère de manière cyclique. Nous reviendrons sur le fait que dans notre application, l'amplificateur d'erreur est continuellement saturé (sortie haute). Le point de réglage du courant s'ajuste en maintenant la broche de compensation de sortie au niveau requis.

Le niveau de maintien est une tension constante dérivée de la référence à 5 V par le diviseur de tension R3/P1 et compen-

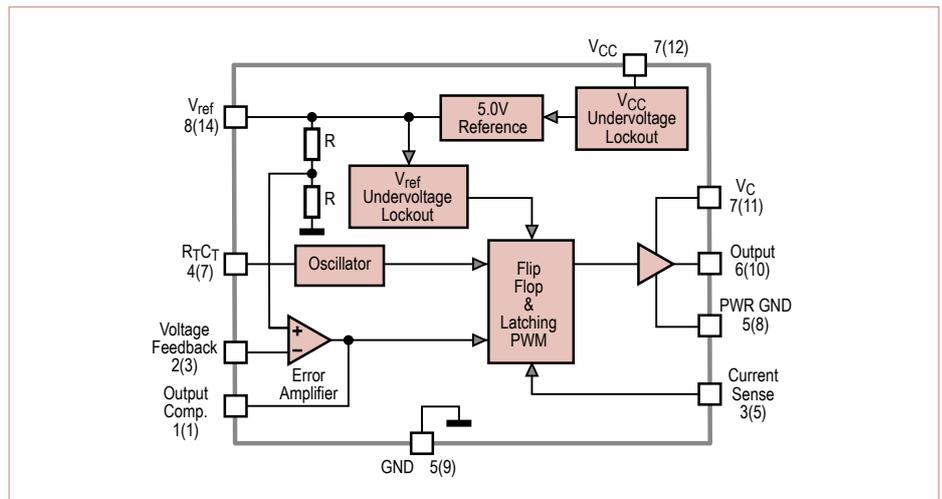


Figure 4. L'intérieur du circuit intégré générateur de MLI.

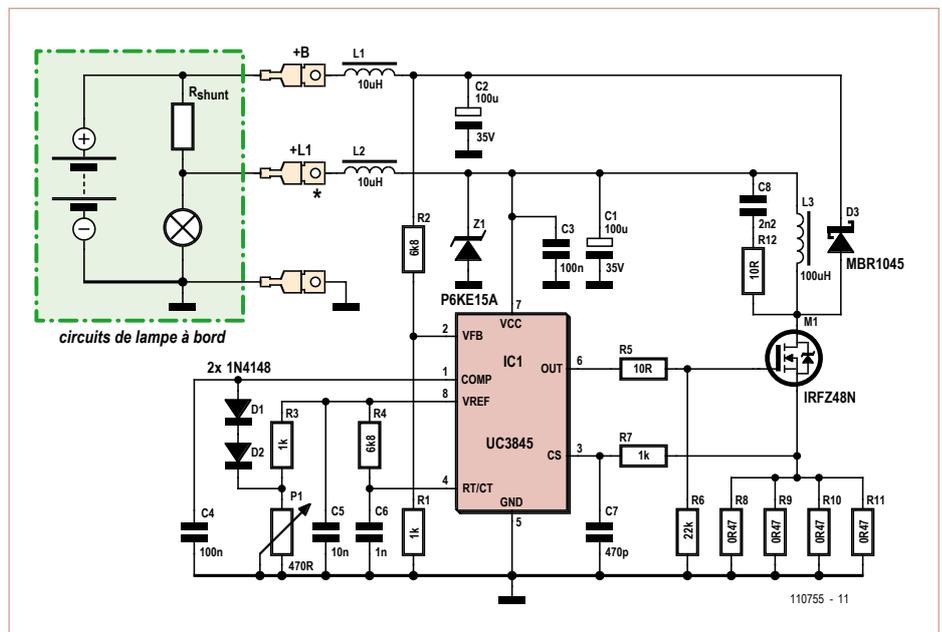


Figure 5. Le schéma complet dévoile le convertisseur élévateur basé sur une puce très répandue, le contrôleur UC3845, fournisseur de courant en MLI.

sée en température par les diodes D1 et D2. Nous réalisons ainsi une commande en boucle fermée du courant de pointe dont le réglage s'ajuste avec P1.

Vous avez remarqué dans la figure 5 le diviseur de tension R1/R2. On pourrait y voir une boucle fermée de commande de tension, mais les valeurs de résistances le démentent. Ce n'est rien d'autre qu'une protection en circuit ouvert. En service normal, la tension de +B est limitée à environ 14 V, même moteur tournant, de sorte que la broche 2 de rétroaction avoisine 1,8 V, ce qui, en comparaison de la référence de 2,5 V à l'entrée non-inverseuse, va saturer

l'amplificateur d'erreur comme il se doit. Mais si le contrôleur a gardé la régulation à un niveau de courant constant et qu'une panne de circuit ouvert survient à B+, l'énergie emmagasinée dans la self L3 ne trouvera plus de chemin de sortie, entraînant des surtensions, voire des dégâts aux composants. Alors, la boucle de rétroaction de tension entre en jeu. Dès que la tension sur B+ atteint 19 V environ, l'amplificateur d'erreur qui suit abaisse le point de réglage du courant jusqu'à un niveau de sécurité. Pendant le fonctionnement en mode à tension constante, C4 stabilise la boucle de rétroaction par un ralentissement de sa réponse.

## Liste des composants

### Résistances :

R1, R4 = 6,8 k $\Omega$   
 R2, R3, R7 = 1 k $\Omega$   
 R5, R12 = 10  $\Omega$   
 R6 = 22 k $\Omega$   
 R8 à R11 = 0,47  $\Omega$  ½ W\*  
 R13 = 0,1  $\Omega$  2 W\*  
 \* voir texte

### Condensateurs :

C1, C2 = 100  $\mu$ F 35 V, à bas ESR  
 C3, C4 = 100 nF  
 C5 = 10 nF  
 C6 = 1 nF  
 C7 = 470 pF  
 C8 = 2,2 nF

### Inductances :

L1, L2 = 10  $\mu$ H, 5 A, Würth type 744711005  
 ou Conrad Electronics n° 420284  
 L3 = 100  $\mu$ H, 5 A, Würth type 7447070 ou  
 Conrad Electronics n° 438020

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148  
 D3 = MBR1045  
 Z1 = P6KE15A, diode TVS 15 V 600 W  
 IC1 = UC3845N  
 T1 = IRFZ48N

### Divers :

P1 = 470  $\Omega$  aj.  
 cosses 6,35 mm encartables  
 kit d'isolation thermique TO220 pour D4 et  
 T1  
 radiateur 10 K/W\*  
 platine EPS 110755, [www.elektor.fr/110755](http://www.elektor.fr/110755)  
 \* voir texte

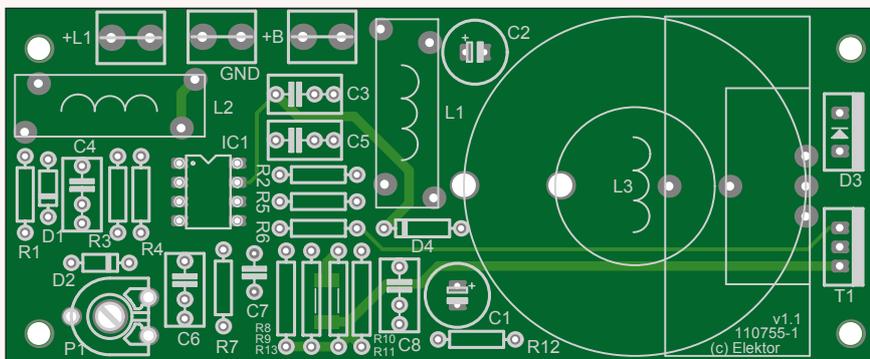
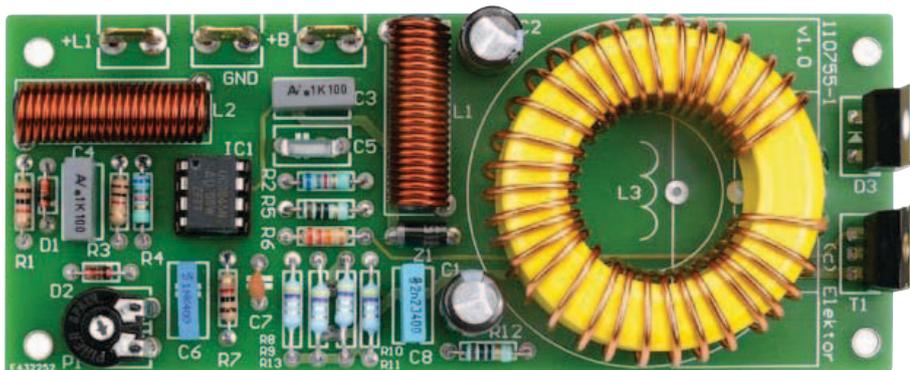


Figure 6. La platine est conçue pour accepter des composants à fils, ce qui facilite le soudage. Seule exception : si vous remplacez R8 à R11 par une seule résistance R13 en CMS.



À vrai dire, avec des charges transitoires, ce ne serait pas une bonne source de tension, mais là n'est pas le but de cette application.

### Le schéma

Sur le schéma de la figure 5, l'alimentation arrive par la cosse +L1. La self de choc L2 lisse le courant dans le circuit et limite les parasites, alors que la diode de stabilisation Z1 élimine les surtensions et les pics. Le condensateur électrolytique C1 sert de réservoir pour l'étage de commutation. Sa valeur n'est pas critique, mais il doit impérativement être d'un type ESR/ESL de qualité. Comme dans tout circuit à commutation rapide, un condensateur conventionnel tombe très vite en panne par assèchement de l'électrolyte.

L'étage suivant est l'élevateur composé de L3, T1 et D3. Si le MOSFET et la diode spécifiés ici coûtent un peu plus cher, c'est au bénéfice de la fiabilité du circuit. Pour fonctionner en toute sécurité, il leur faut un radiateur dès qu'on dépasse 1 A. D3 chauffe le plus vite : le courant qui la traverse est beaucoup plus grand que celui qui transite par le MOSFET et la chute de tension à ses bornes est aussi plus élevée, même avec la diode Schottky indiquée. Le réseau R12/C8 est un circuit d'amortissement qui empêche les oscillations dues aux capacités parasites sur le drain du MOSFET.

Le courant issu de la cathode de D3 est tamponné par C2, soumis aux mêmes exigences que C1, et renvoyé à la batterie à travers la self de choc L1. Les deux condensateurs C1 et C2 présentent des valeurs relativement basses comparées à celles des applications de commutation similaires, mais dans ce circuit-ci, nous avons simplement essayé de supprimer les transitoires rapides, puisque la qualité du courant produit est sans grande importance.

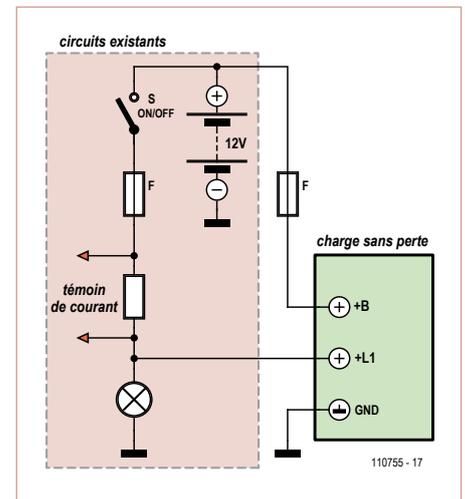
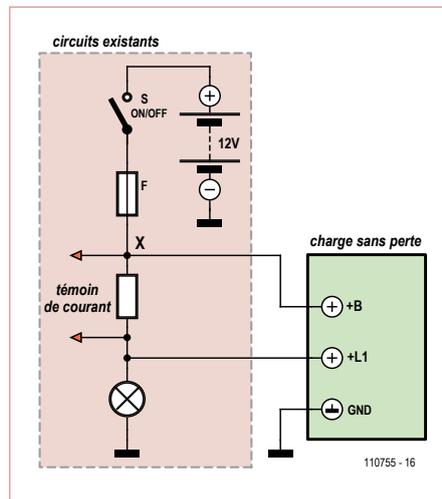
Le signal MLI du contrôleur IC1 est transmis à la grille du MOSFET en passant par la résistance R5. Celle-ci limite le courant de pointe à travers la grille et atténue l'ondulation causée par l'inductance et la capacité parasites de la grille. R6 sert à éviter que la grille soit en l'air en cas d'ouverture du circuit. Le courant de source traverse les résistances R8 à R11 ou R13, la chute de tension à leurs bornes constitue la tension de rétroaction pour le contrôleur. On utilise

4 résistances de 0,5 W en parallèle ou une seule CMS au format 2512 à la place d'une unique de 2 W qui, généralement du type bobiné, serait incompatible avec ce circuit à cause de son inductance interne. La tension de rétroaction traverse le filtre passe-bas R7/C7 vers le contrôleur pour éviter les grands pics de tension qui nuiraient à son travail de régulation de courant.

Le couple R4/C6 règle la fréquence de récurrence de la MLI aux alentours de 100 kHz, ce qui semble un bon compromis entre l'usage de selfs et de condensateurs de petites dimensions et l'augmentation des pertes par commutation et des exigences sur la platine. C5 filtre la sortie de référence. C4 aussi, pour la tension de maintien, tout en limitant la montée du niveau de réglage du courant, question de produire un démarrage en douceur. Enfin, C3 tamponne la tension d'alimentation de la puce.

### Construction et essais au banc

L'implantation des composants sur la platine (fig. 6) est facile. Commencer par installer les composants au profil bas tout en prêtant attention à l'orientation de ceux qui sont polarisés. Une voiture n'est pas l'environnement le plus amical pour un appareil électronique, surtout pour ses composants les plus lourds, les condensateurs électrolytiques et les selfs, qu'il est prudent de fixer par une goutte de colle au silicone. Deux trous sont prévus pour lier L3 à la platine par un câble (c'est valable pour la self de Conrad Electronics, cf. la liste des composants). Après les essais, vous pouvez protéger la platine au moyen d'un vernis spécial pour le matériel électrique, mais n'oubliez pas de masquer par de la bande adhésive les cosses de connexion et les surfaces conductrices de la chaleur pour la diode et le MOSFET. Aucun des composants n'est critique. Voici cependant quelques conseils pour un remplacement éventuel. Les selfs de choc L1 et L2 ne sont pas critiques du tout, n'importe quelle bobine capable de soutenir le courant prévu sans saturer (trop fort) conviendra. Vous pouvez acheter L3 toute faite avec la valeur indiquée dans la liste des composants, mais il est intéressant d'essayer des selfs récupérées sur d'anciens circuits similaires. La valeur de l'inductance n'est pas déterminante, assurez-vous simplement



Figures 7 et 8. Connecter à la voiture le simulateur de charge peut se faire des deux manières décrites ici.

qu'elle n'entre pas en saturation pour le courant que vous voulez restituer au circuit électrique de la voiture.

On peut utiliser le même radiateur pour tous les semi-conducteurs de puissance. On peut l'acheter tel quel : un profilé d'aluminium en L d'approximativement 30×30 mm pour une épaisseur de 2 mm ou, si vous utilisez un boîtier en alu, en prendre une des parois comme radiateur. Les semi-conducteurs de puissance sont en bordure de la platine pour faciliter leur fixation sur un refroidisseur commun. Isolez la diode et le MOSFET du radiateur par des rondelles spéciales pour que leurs surfaces métalliques ne soient pas reliées à la masse ni court-circuitées entre elles.

Après une soigneuse inspection, vous pouvez monter la platine au banc d'essai. Reliez un multimètre numérique entre +B et +L1 après l'avoir réglé sur 10 A en continu. Connectez ensuite une alimentation de 13,8 V en c.c. entre +B et la masse (GND). Si vous utilisez une batterie ou une alimentation sans limitation de courant, insérez par sécurité un fusible de 2 A F (rapide) en série avec l'alimentation. Allumez alors l'alimentation. Avec P1, vous devriez maintenant pouvoir ajuster lentement le courant dans le multimètre entre à peu près zéro et presque 4 A. N'oubliez pas de surveiller la température de la diode et du MOSFET. Aucun d'eux ne

doit devenir chaud au point de ne plus pouvoir tenir le doigt dessus quelques instants. Autrement, il faudra utiliser un plus gros radiateur.

Désirez-vous mesurer les pertes en puissance, mais aussi le gain de rendement ? Réglez P1 pour le courant voulu, par exemple 2 A, puis court-circuitez +B et +L1 avec un fil, tout en laissant le reste inchangé et remplacez le fusible par le multimètre. Si vous mesurez à présent 240 mA, par exemple, alors que 2 A circulent dans le pont de câblage, la dissipation vaut maintenant :

$$13,8 \text{ V} \times 0,24 \text{ V} = 3,3 \text{ W}$$

au lieu des

$$13,8 \text{ V} \times 2 \text{ A} = 27,6 \text{ W}$$

qui auraient été dissipés dans la résistance de saignée (bleeder).

### Installation et sécurité

Travailler sur l'électricité automobile n'est pas moins risqué que sur des appareils alimentés sur le secteur. Les tensions en jeu n'excèdent généralement pas 14 V continus, donc vous pouvez toucher les composants et les fils en toute sécurité. Cependant, une batterie de voiture est capable de

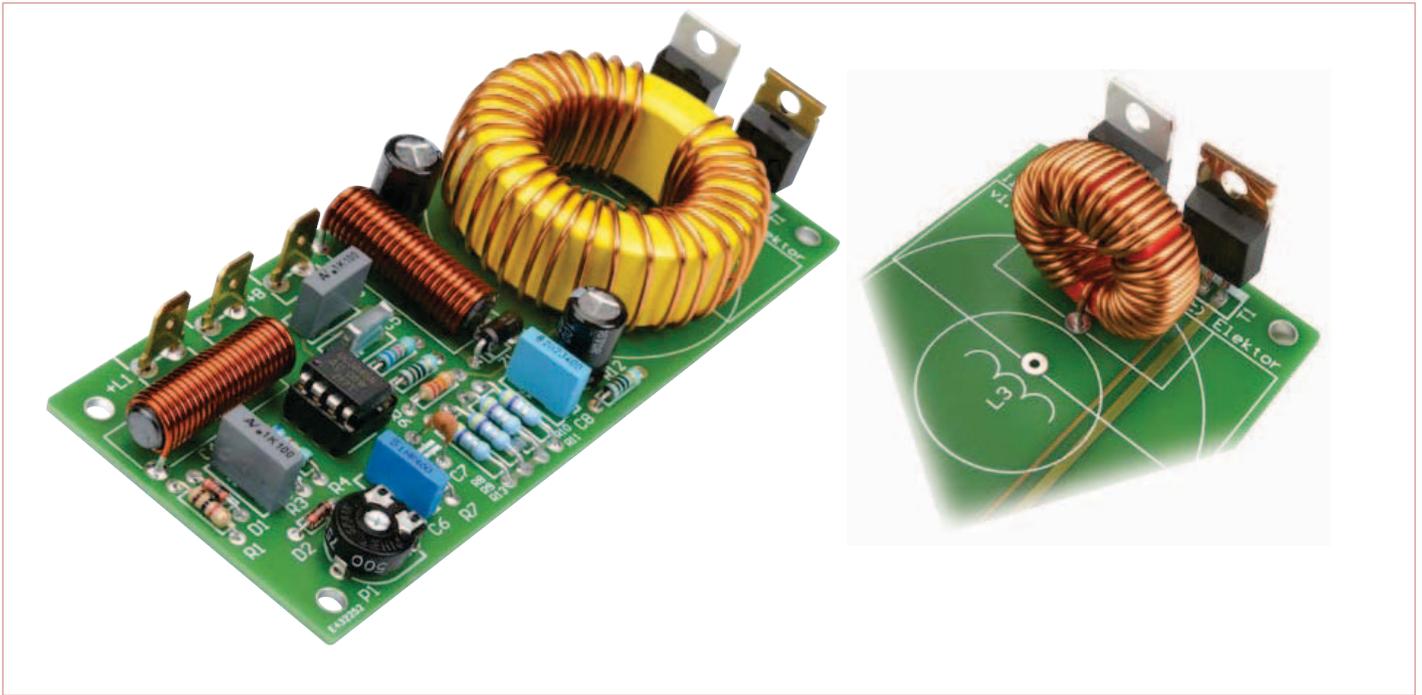


Figure 9. La platine accepte différents modèles d'inductances. Celle que vous voyez à droite est une self de 100  $\mu\text{H}$  assez petite de chez Würth Elektronik [2].

fournir des centaines d'ampères en court-circuit. De pareils courants sont dangereux parce qu'ils peuvent facilement faire fondre une cosse de raccordement, une clé ou un tournevis et projeter des bouts de métal dans vos yeux ou mettre le feu au faisceau de câblage, et même au reste de la voiture. Soyez donc très prudent lorsque vous installerez et vérifierez ce circuit à bord ! Vous pouvez utiliser l'un des diagrammes des **figures 7 et 8**. Celui de la fig. 7 est probablement le plus facile. Les deux lignes +B et +L1 sont protégées par les fusibles existants, ceux du compartiment à fusibles dans ou sous le tableau de bord. La connexion à la lampe peut facilement se réaliser sur le culot d'ampoule lui-même, mais il sera probablement difficile d'atteindre le point X sans avoir à démonter toute la voiture. Dans la fig. 8, la connexion +L1 est toujours protégée par le fusible de lampe existant. Une connexion directe entre la batterie et +B, sans passer par la boîte à fusibles, peut être établie quelque part, mais il est peut-être plus simple de se connecter directement sur la borne de la batterie. Dans ce cas, comme

partout où vous n'êtes pas certain qu'une protection est en place, il FAUT intercaler un fusible extérieur, sous la forme d'un fil volant avec porte fusible ou d'un panneau à fusibles installé dans le boîtier du circuit. Ce fusible sera caractérisé par la même intensité que celui du tableau de bord. Quand tout est installé, on passe au réglage final et aux essais. Tournez d'abord P1 sur la résistance minimum, puis mettez le contact sur le circuit de lampe et tournez lentement P1 pour augmenter le courant jusqu'à ce que le témoin de panne d'éclairage s'éteigne. Tournez alors un peu plus loin P1 pour ne pas rester trop près du seuil de détection du circuit. Vous avez envie de surveiller le courant pendant le réglage ? Branchez un multimètre en série avec la connexion du +L1 et réglez-le sur la gamme de 10 A c.c. Vérifiez enfin si le témoin de panne continue à fonctionner quand la lampe est enlevée. Le courant fourni par notre circuit ne doit PAS être suffisant pour tromper le circuit du témoin. Si c'était le cas, le circuit du témoin serait devenu inopérant. Refaites

toujours une vérification supplémentaire du fonctionnement, même avec le moteur en marche.

### Un dernier conseil

L'utilisation d'un potentiomètre d'ajustage dans cette application n'est probablement pas l'idéal. Les vibrations et autres contraintes environnementales pourraient altérer le réglage. Une solution consiste à utiliser des broches pour brancher temporairement P1 pendant les réglages et les tests. Après quoi, on enlève P1, on mesure sa résistance et on le remplace par une résistance fixe de même valeur. Vous pouvez à présent espérer une économie de carburant d'environ 7 ml par heure pour chaque tranche de 20 W de puissance électrique qui n'est pas perdue en chaleur. Mais ne faites pas ce calcul en conduisant !  
(110755 – trad. Robert Grignard)

### Liens :

- [1] [www.elektor.fr/110755](http://www.elektor.fr/110755)
- [2] <http://www.we-online.fr>

**Note : avant de vous lancer dans une quelconque modification sur votre voiture, informez-vous des lois et règlements en vigueur. Remplacer des lampes de voiture par des lampes à LED non agréées peut constituer une violation des règlements et/ou lois locales ou nationales.**



# Le Défi de l'Energie Verte à RL78

Il vous est donné une chance, aujourd'hui, de développer un projet d'application économe en énergie, unique en son genre, et qui pourrait, à tout jamais, changer la perception que l'on a de ce qu'est un concept à faible consommation ! Mettez-vous au vert et rejoignez le Défi de l'Energie Verte à RL78 de Renesas pour tenter de gagner votre part de la somme de 17 500 \$ mise en jeu !

Parallèlement, suivez Renesas sur Twitter et Facebook pour une chance supplémentaire de gagner d'autres prix offerts par des partenaires officiels de ce concours. **Chaque lundi, Renesas proposera une nouvelle question de défi.** Répondez -y correctement et vous serez inclus automatiquement dans un tirage au sort permettant de gagner gratuitement des outils de développements, des Pmods, des modules Wi-Fi, des livres traitant de systèmes enfouis, des prix en monnaie « sonnante et trébuchante », et bien plus encore ! Les gagnants de ces défis hebdomadaires en seront informés et leurs noms publiés, semaine après semaine.

20.000\$  
en  
especes !

...et  
supplémentaire  
dessins  
hebdomadaire



En association avec : *Elektor* et *Circuit Cellar*

Partenaires officiels du concours : Analog Devices, Inc., CMX Systems, Inc., Exosite, GainSpan Corporation, Micrium, NDK Crystals (Nihon Dempa Kogyo Co., Ltd.), Okaya Electric Industries Co. Ltd., et Total Phase, Inc. La participation aux Défis de la Semaine et la réception de prix offerts par des partenaires ne constituent pas un facteur influant sur la sélection des gagnants du Grand Prix en Argent de Renesas. Voir le site Internet pour un règlement complet et plus de détails. Nul et non avenu là où la Loi l'interdit.

Pour tous les détails, faites un tour sur  
[www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge](http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge)



[www.facebook.com/renesaseurope](http://www.facebook.com/renesaseurope)  
[@Renesas\\_Europe](https://twitter.com/Renesas_Europe)



# Télémesure et communication pour résidence secondaire



Bernard CHABBERT (Villers-lès-Nancy)  
assisté de Kévin Petit (Rennes) pour la rédaction

Ce système de collecte d'informations sur PC et de communication par la ligne téléphonique, vous permettra de garder un œil, à l'autre bout du pays, sur la température, l'ensoleillement ou la pression atmosphérique près de votre maison, ou d'y commander un appareil de votre choix et de transmettre l'état d'une alarme.

Pas besoin ni d'un PC sous tension dans la résidence secondaire, ni d'une connexion internet.

Ce sont cette autonomie et l'idée du recyclage de modems analogiques qui nous ont convaincus de publier ce montage tel que l'auteur nous l'a proposé.

Articulé autour d'un PIC, mon système de mesure et de surveillance (**fig. 1**) comporte plusieurs capteurs, un relais bistable et s'interface avec une alarme externe. Il mesure à distance le temps d'ensoleillement, les températures et la pression atmosphérique (dont il retient minima et maxima), compte

le temps de déclenchement d'une alarme et le nombre de connexions, et surveille la batterie qui alimente tout le système. Les données collectées peuvent éventuellement être transférées à un PC local, mais surtout, sur demande, par ligne téléphonique et modem, à un PC distant. Le modem est

lui aussi alimenté par la batterie. Dans sa configuration autonome, mon système se passe donc de PC local dans la résidence secondaire. Le tout est commandé par un programme *Visual Basic 2005 Express* et *Net-FrameWork 2.0* depuis un PC dans ma résidence principale.

# Recyclage de modem analogique à l'heure de la domotique

## Caractéristiques

Ce système

### mesure

- 96 fois par jour,
- les températures
- intérieures
- extérieures
- la pression atmosphérique

- le temps d'ensoleillement journalier ;
- la tension de la batterie chaque ¼ d'heure

### compte

- le temps pendant lequel une alarme est déclenchée
- le nombre de connexions mensuelles

### recherche

- minima et maxima pour les températures et la pression

### communiqué

- avec PC local (optionnel)
- avec PC distant par ligne téléphonique et modems

## Alimentation autonome

Lorsque je quitte ma résidence secondaire, je ferme tout, y compris l'électricité. Mon système est donc alimenté par une batterie de 12 V dont la charge est entretenue par un panneau solaire. Tout est conçu pour dépenser le moins d'énergie possible (fig. 2). Seuls sont sous tension permanente le PIC 16F876A (quelques  $\mu\text{A}$  en sommeil) et l'oscillateur RTC, un CMOS 4093 ( $<1 \mu\text{A}$  à  $25^\circ$ ). L'alimentation est habilement gérée par le PIC : les capteurs et l'électronique associée ne sont alimentés que pendant moins d'1 s toutes les 15 min ; le modem n'est alimenté que le temps des connexions qui ne durent normalement pas plus d'1 min.

Il n'y a pas dans cet article de chargeur pour la batterie, mais on trouvera dans Elektor nombre de schémas de régulateurs de charge. Ce régulateur devra être capable, en découplant la charge, de protéger la batterie des décharges profondes. Ce système ne possède pas de pile pour assurer la sauvegarde du temps ; il devra donc être branché directement à la batterie et rester sous tension en permanence. Sa consommation est heureusement si faible qu'il restera toujours assez d'énergie pour le PIC (IC1). Après une coupure d'alimentation, une remise à l'heure s'impose, faute de quoi des données seront perdues. Pour les essais, le système sera alimenté par un bloc secteur (12 à 15 V, 300 mA s'il alimente un modem qui consomme environ 200 mA). Pour maintenir l'alimentation quand le secteur est coupé, une batterie de 1 Ah convient. J'ai installé un panneau solaire 12 V/1200 mA qui charge une

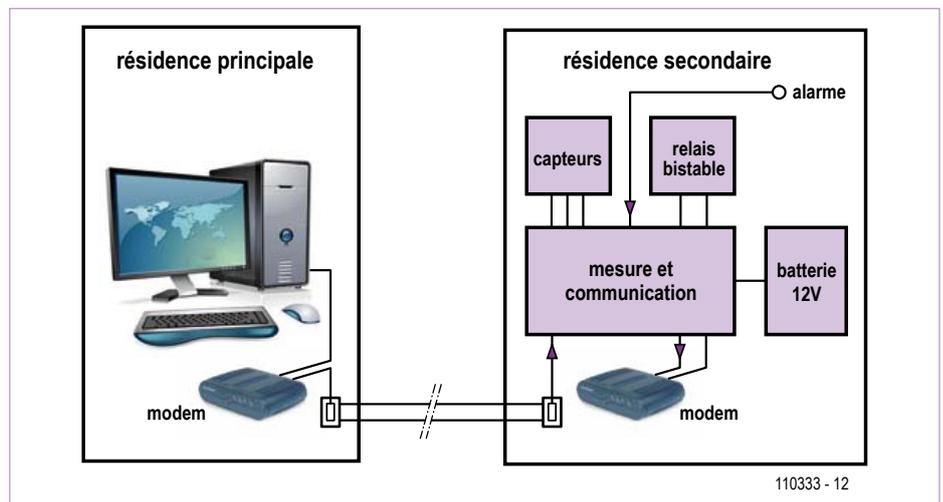


Figure 1. Synoptique du système. Les mesures locales sont effectuées 96 fois par jour. La communication n'est établie qu'à la demande depuis la résidence principale.

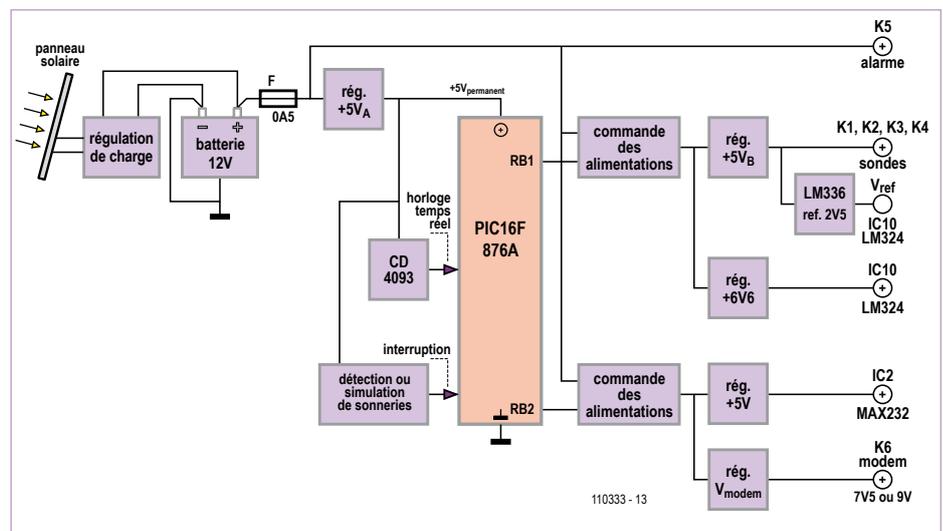


Figure 2. Gestion fine de l'énergie. Attention ! La tension de batterie ne devra pas descendre en dessous de 11,5 V, sinon il n'y a pas de connexion possible.

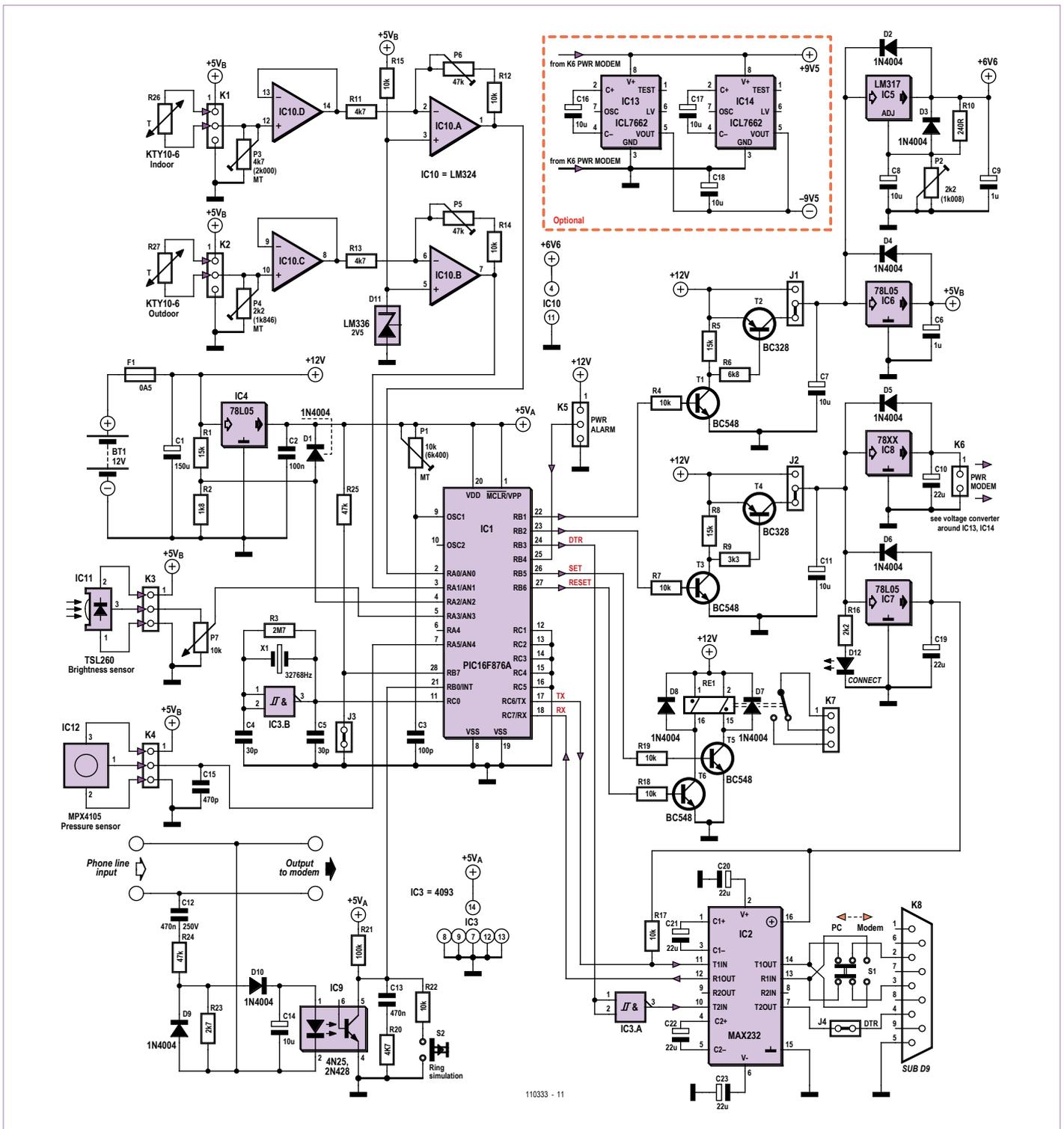


Figure 3. Schéma du système de télémessure et de communication. Les indications entre parenthèses sont des valeurs théoriques de réglage des ajustables. Les pointillés délimitent une partie optionnelle du circuit, implantée dans les modems et décrite dans les documents téléchargeables [1].

batterie de 7,2 Ah. À la belle saison, je me permets même d’allumer la nuit une ou deux lampes à LED de 1,5 W pour faire de la simulation de présence. C’est le panneau solaire qui fait office de détecteur jour/nuit

et le régulateur coupe ces lampes lorsque la tension descend à 10,5 V. L’été, on dispose de 16 h de charge et 8 h de consommation ; l’hiver c’est l’inverse. Tout dépend de la latitude ; les chiffres donnés

correspondent au 45<sup>e</sup> parallèle nord. Qui dit alimentation par batterie dit fusible rapide. En cas de court-circuit accidentel, même une petite batterie au plomb de 5 Ah débite instantanément plusieurs dizaines

d'ampères, un courant auquel ne survivrait aucun circuit imprimé.

### Mesure de températures

J'utilise deux sondes de température KTY10-6 (fig. 3). Leur tension est de l'ordre de 90 mV/°C, non linéaire, ou comme dit le fabricant presque linéaire. Centrée sur 2,5 V par un LM336 (D11) relié aux entrées + (3 et 5) de deux amplificateurs opérationnels d'un LM324 (IC10), cette tension est tamponnée par un premier AOP monté en suiveur de tension. Le deuxième amplifie la différence de potentiel entre l'entrée - et

capteurs, on pourra utiliser du câble de téléphone, en mettant la tresse au 0 V, un fil au +5 V<sub>B</sub> et l'autre fil pour la tension de mesure. Le TSL260 doit être chargé avec 10 kΩ ; c'est un potentiomètre qui fixe le seuil considéré comme temps ensoleillé, la tension sur la broche 5 du PIC est alors supérieure à 2,5 V. Ce convertisseur lumière-tension doit évidemment être placé au soleil, mais à l'abri de la pluie. Il est très sensible et sature (la tension en sortie est maximale) très vite ; il faut donc le placer derrière un filtre fumé. Sans cette précaution, le réglage de P7 serait très difficile. Je l'ai mis dans un petit

Pour conserver l'échelle du baromètre classique, il faut paramétrer une valeur de correction. Exemple : ajouter 34,2 mb à 300 m d'altitude, 114 mb à 1000 m.

### Alarme et surveillance de la batterie

La broche 25 du PIC peut être reliée à la sortie d'une alarme (5 V maxi.). L'alarme sera considérée comme active si la tension est inférieure à 1,5 V et inactive si celle-ci est supérieure à 3 V. Une petite alarme à très faible consommation en veille, genre alarme de porte, peut être alimentée par

## Enfin une bonne raison de sortir les modems analogiques du placard

2,5 V. Les sorties 1 et 7 du LM324 (0 à 5 V selon la température) sont reliées directement aux entrées analogiques 2 et 3 du PIC (IC1). Avec une résistance d'entrée de 4,7 kΩ (R11 ou R13) la résistance de boucle pour la température intérieure (aj. 47 kΩ + 10 kΩ) doit totaliser 39 kΩ pour un gain de 9,3. Celui-ci, utilisé par le programme VB pour les calculs, devra être réglé aussi précisément que possible. Pour la température extérieure, la résistance de boucle sera de 25,4 kΩ pour un gain de 6,4. La plage de température intérieure est de 0 à 50 °C. La conversion A/N sur 10 bits, soit 1024 points, donne deux valeurs pour 1/10 °C. La précision est donc meilleure que 1/10 °C. Le temps des réglages, les cavaliers J1 et J2 permettent de forcer l'alimentation des amplis en permanence. Comme le courant dans la sonde l'échauffe légèrement, une mise sous tension prolongée fausserait la mesure de quelques 1/10 °C.

Un régulateur (IC6) alimente les sondes tandis qu'un LM317 (IC5) alimente les amplis en 6,6 V afin d'obtenir une excursion de 0 à 5 V sur les sorties des AOP.

### Pression et ensoleillement

Le TSL260 (ensoleillement) et le MPX4105 (pression) contiennent leurs propres amplis et doivent être alimentés en 5 V. Pour les

bocal en verre à couvercle métallique vissé, avec un trou pour le câble. Le fond du bocal sera orienté vers le ciel, côté sud.

Le capteur MPX4105 (IC12) peut être installé à l'intérieur de la mai-

son, sa réponse est linéaire entre 15 kPa et 105 kPa. La variation de tension à sa sortie est de 51 mV/kPa (0,1 kPa = 1 millibar = 1 mb). Comme la pression varie environ de 930 à 1067 mb, seule la partie haute de l'échelle est utile (sortie entre 4 et 4,9 V). À 15°, la pression moyenne au niveau de la mer est de 1013,2 mb ou 76 cm de mercure. Elle diminue quand la température monte et surtout elle diminue avec l'altitude d'environ 1,14 millibar tous les 10 m.

la batterie à condition qu'elle ne comporte pas de sirène ou que celle-ci soit coupée (mettre une résistance de 100 kΩ en série avec la sirène).

La tension de la batterie est mesurée sur le diviseur (facteur 9,33) de tension R1/R2. La tension image de la tension de batterie sera appliquée à la broche 4 du PIC.

### Deux modems pour communiquer

Il faut deux modems pour communiquer, un dans chaque résidence. Le débit est de 1200 bauds en mode asynchrone, très fiable sur une ligne téléphonique et bien suffisant pour nos transmissions d'un maximum de 255 octets consécutifs (il faut un peu plus de 2 s). C'est à la portée de n'importe quel vieux modem analogique. On en trouve dans les brocantes. J'en ai déniché un dernièrement de la taille d'une grosse boîte d'allumettes avec alim et câble DB9 pour 2 €. Si votre PC comporte un modem interne, essayez de l'utiliser, mais tous ne se laisseront pas faire. Si le modem de la résidence secondaire



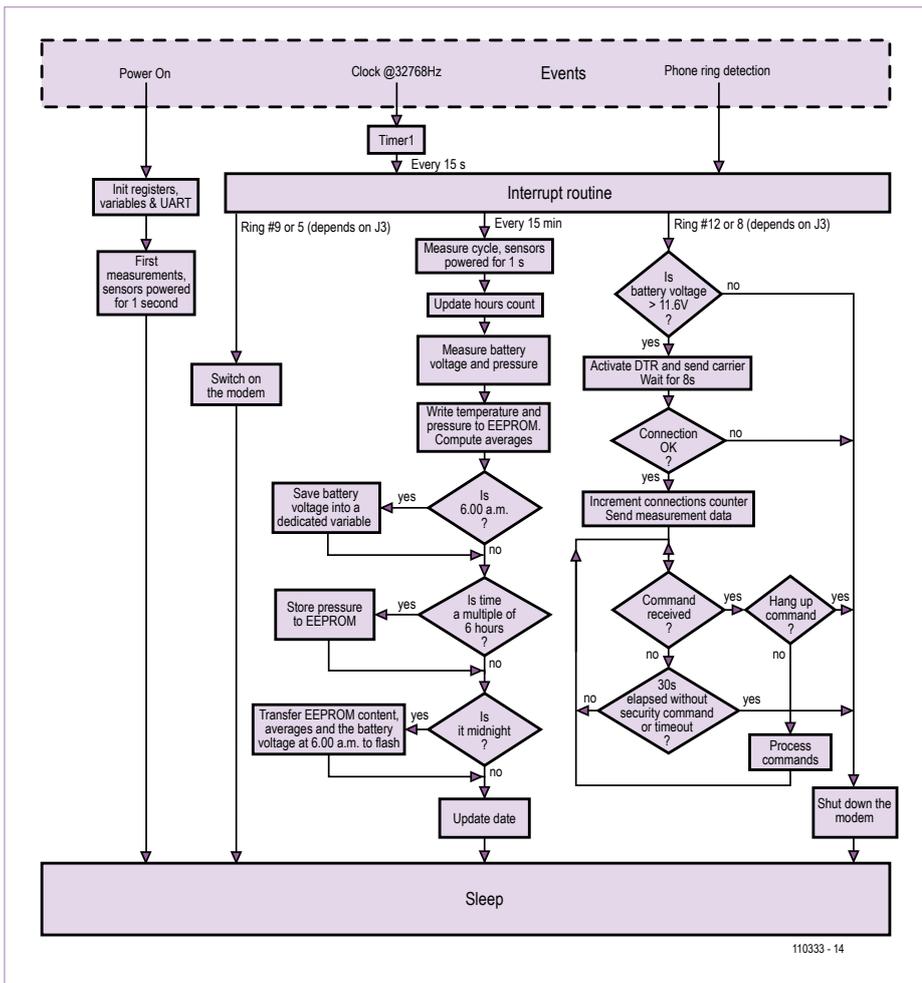


Figure 4. Ordinoigramme du programme du PIC.  
Quand il ne dort pas, le PIC exécute une routine d'interruption à 3 variantes.

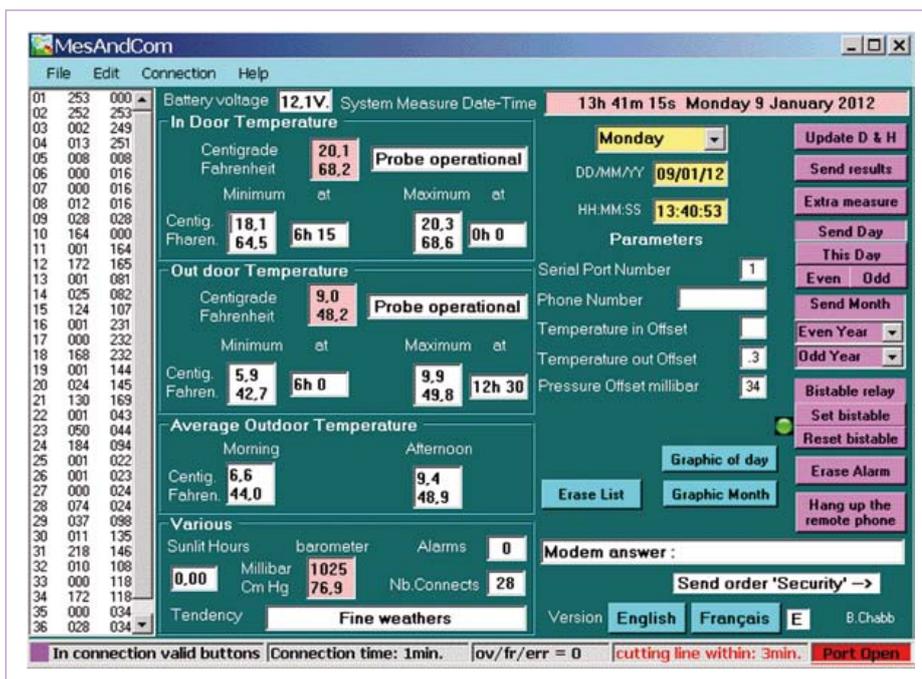


Figure 5. Interface de commande sur PC, écrite en Visual Basic.

est alimenté par le système, le régulateur IC8 devra être choisi en fonction de la tension de service du modem. Un modem consomme environ 200 mA, IC8 devra donc être monté sur un petit radiateur capable de dissiper environ 1,5 W sans échauffement excessif.

Les niveaux TTL du port série du PIC sont incompatibles avec la norme RS-232. C'est un MAX232, alimenté sous 5 V en même temps que le modem, qui les convertira. Le signal sur la broche 24 du PIC, inversé par une porte du CD4093 et adapté par le MAX232, commandera la connexion via la broche *Data Terminal Ready* (DTR). Le cavalier J4 permet de ne pas transmettre DTR en connexion directe. Le double inverseur entre les signaux RX et TX en sortie du MAX232 et le connecteur DB9 permet d'utiliser soit un câble droit soit un câble *null modem* (croisé) aussi bien en liaison directe que via un modem.

### PIC aux commandes

Au cœur de ce système, le PIC 16F876A de Microchip, doté d'un USART et de 5 entrées analogiques (conversion sur 10 bits), est cadencé par un oscillateur RC constitué d'un condensateur de 100 pF et d'une ajustable multitours de 10 kΩ sur la broche 9. L'oscillateur qui sert de référence à la liaison série devra être réglé précisément à 1 MHz. On peut aussi utiliser un quartz 1 MHz et une porte du CD4093 montée de la même façon que l'oscillateur RTC. Dans ce cas, le mot de configuration du PIC doit être modifié : 2<sup>e</sup> ligne sous le cartouche titre (`__config h'3b33'` devient `__config h'3b30'`) dans le programme ASM. Il faut alors le réassembler et reprogrammer le PIC. Le système fonctionne très bien avec l'oscillateur RC.

Les impulsions de sonnerie du téléphone, une fois mises en forme, sont acheminées vers la broche 21 du PIC, dotée d'une résistance de rappel, via un phototransistor 4N28. Durant une sonnerie, le niveau descend à 0,5 V. Le PIC est paramétré pour produire l'interruption (voir plus loin la description du logiciel) au front descendant donc à chaque début de sonnerie. La ligne téléphonique est aussi reliée au modem qui s'occupera de la prise de ligne lorsque le PIC en donnera l'ordre. Le cavalier J3

(IC1 broche 28) permet de sélectionner le nombre de sonneries avant que le modem ne décroche : 12 sonneries sans le cavalier, 8 avec ; nous en reparlerons. Le poussoir S2 permet la simulation des sonneries, utile pour la mise au point. La LED D12 indique la mise sous tension du modem. La broche 11 reçoit le signal de l'oscillateur *Real time clock* : une porte CD4093 et un quartz à 32.768 Hz.

### Relais et alimentations

Un relais bistable pourra être commandé par le PIC (broches 26 et 27). Pour le basculer dans l'une ou l'autre position une impulsion de 100 ms suffit ; le reste du temps, il ne consomme rien. Ce relais pourra être utilisé p. ex. pour mettre en service ou couper une alarme.

Le PIC commande également l'alimentation des sondes et amplis (pendant 1 s toutes les 15 min) et du modem. Les signaux issus des broches 22 et 23 commandent les interrupteurs à transistors T1/T2 et T3/T4. Les cavaliers J1 et J2 permettent de forcer les alimentations. Le modem est mis sous tension à la 9<sup>e</sup> ou 5<sup>e</sup> sonnerie. Si la charge de la batterie est insuffisante, le modem ne décrochera pas et sera remis immédiatement hors tension. Si la charge est suffisante, le modem prendra la ligne à la 12<sup>e</sup> ou 8<sup>e</sup> sonnerie. Le décalage de 3 sonneries laisse le temps au modem de stabiliser son alimentation, passer ses tests et lire sa configuration depuis sa NVRAM (Non Volatile RAM). Si la connexion est refusée, le téléphone continue à sonner jusqu'à ce que l'appelant raccroche.

### Programme du PIC

Écrit en langage assembleur le programme compte 1019 instructions (fig. 4) et tient dans le premier kilo de la mémoire flash du PIC (8 K x 14 bits). Comme ce  $\mu$ C permet d'écrire des données en mémoire de programme, les 7 Kmots libres permettent de stocker 4 journées et 24 mois d'enregistrements. Je me passe donc de mémoire externe. Seuls les 8 bits de poids faible sont utilisés. Ces 7 k sont divisés en tranches de 256 octets. On trouvera d'autres détails dans les documents téléchargeables [1]. A la fin de l'initialisation, un premier cycle de mesures est effectué (call MESTEMP) puis le PIC est mis en pyjama (SLEEP) ; l'oscillateur est arrêté et la consommation très faible. Toutes les 15 s le temporisateur 1, qui compte les impulsions du quartz

Publicité

# Tubes audio anciens & récents

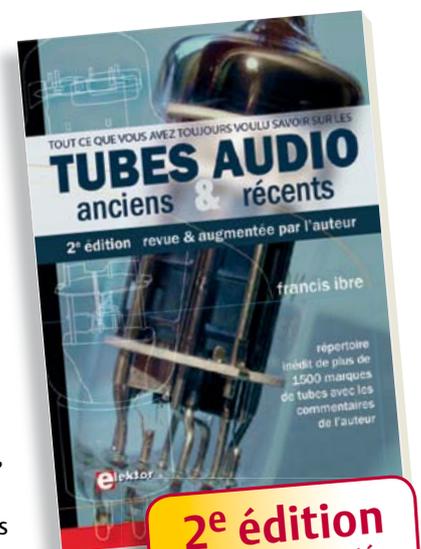
➔ Répertoire inédit de plus de 1500 marques de tubes, commenté par l'auteur

Il y a plus de cent ans, Lee de Forest eut la merveilleuse idée d'ajouter une troisième électrode, une grille, entre le filament et la plaque d'une lampe détectrice : l'Audion était né, et avec lui, débutait l'ère de l'électronique. Que de progrès depuis ! Et pourtant cette technologie vieille d'un siècle n'est pas encore obsolète : aujourd'hui, à l'heure des nanotechnologies et de la très haute intégration des circuits électroniques, Western-Electric fabrique toujours la triode 300B.

Quelle est donc cette magie des tubes de verre qui nous enchante encore ? Quels secrets les rendent irremplaçables à nos oreilles de mélomanes ? Rien que le savoir-faire d'hommes passionnés, transmis et enrichi sur plus de quatre générations.

Découvrez ici ce qui se cache au cœur des "lampes", à travers une centaine de photos et d'illustrations, un tour d'horizon des productions actuelles et un historique des fabricants anciens les plus connus.

Apprenez à reconnaître et à choisir les tubes NOS les plus réputés, grâce aux codes et à leurs particularités de construction.



**2<sup>e</sup> édition**  
revue & augmentée

175 pages  
Format 17 x 24 cm  
ISBN 978-2-86661-185-9  
43,50 €

Pour commander en ligne et bénéficier d'une remise spéciale de 5% :

[www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)

## A propos de l'auteur

Ma vie professionnelle a débuté à 17 ans dans une usine où je réparais rhéostats, contacteurs moteurs, etc. Au service militaire, j'ai étudié la radio, puis je suis entré à la mécanographie (cartes perforées) de la Compagnie des machines BULL, bruyantes, pleines de pignons, de cames et de relais. Puis est venu le 1<sup>er</sup> calculateur électronique avec quelque 200 tubes à vide et 10.000 diodes au germanium, les transistors, les circuits intégrés, et enfin les µP.

Je récupère beaucoup. Savez-vous que les magnétoscopes à bande sont de véritables mines de composants ? Quant à la programmation, rien de plus facile, pas besoin de fer à souder, et c'est plus passionnant que les mots croisés. Je ne vous dirai pas mon âge ; j'ai plus d'années que les nouveaux microcontrôleurs (risc) ne comptent d'instructions, mais moins pour l'instant que le Z80 qui en avait, je crois, 150.

à 32.768 Hz, réveille le PIC. Une vingtaine d'instructions (80 µs) de la routine d'interruption sont exécutées puis, si le quart d'heure est atteint, le programme principal (MAIN) est lancé. La routine d'interruption contient une cinquantaine d'instructions, mais toutes ne sont pas exécutées chaque fois. Un cycle de mesures est lancé et les données sont enregistrées dans l'EEPROM à l'adresse convenable selon l'heure. À minuit, le contenu de l'EEPROM est mémorisé à l'adresse convenable selon le jour, le mois, et l'année. À minuit encore, sont enregistrés les maxi et mini du jour, la tension de batterie à 6 h et le temps d'ensoleillement directement en mémoire flash.

Les sonneries du téléphone produisent des interruptions qui réveillent le PIC. La routine d'interruption compte les sonneries ; dès que le compte est bon, le programme saute à l'étiquette APPEL, mesure la tension de batterie (modem sous tension) et, si elle est suffisante, donne l'ordre au modem de décrocher. Sinon l'alimentation du modem est coupée et le PIC rendormi en attendant de jours meilleurs. Quand la connexion est établie, le programme envoie ses données horodatées au modem, puis se met en attente (boucles *attend* et *bclrec*) et traite les ordres reçus du programme Visual Basic. Les transferts se font octet par octet en mode asynchrone.

Si l'appelant raccroche avant que le compte de sonneries soit atteint, ou si on décroche le téléphone, le système attend 30 s avant de remettre à zéro le compte de sonneries. Dans le cas contraire, le système donnera au modem l'ordre de libérer la ligne par coupure de DTR au bout de 30 s, faute d'avoir reçu l'ordre de garder la connexion active depuis le programme PC (toutes les 20 s). Cette partie du programme (APPEL) évite que le téléphone reste décroché trop longtemps par oubli ou panne en libérant la ligne dans la minute qui précède le quart d'heure (s'il se limite à quelques dizaines de secondes, un écart entre les horloges PC et PIC ne pose pas de problème).

### Logiciel PC

L'interface de commande et de réception est mise en oeuvre dans le PC appelant, lui aussi pourvu d'un modem relié à une prise téléphone. La partie gauche (fig. 5) comporte les affichages des températures et autres renseignements envoyés par le système de mesure. La partie droite contient toutes les commandes. Hors connexion, on ne peut accéder qu'aux boutons *Graphique Jour* ou *Mois* (*Graphic Day or Month*) pour voir un graphique (fig. 6) d'une journée ou d'un mois précédemment enregistré sur le disque dur du PC. Les graphiques, tenant sur une page A4, peuvent être imprimés ; la fenêtre *Dialogue imprimante* (*Dialog Printer*) permettant de modifier la configuration de l'imprimante. Les options, trop nombreuses pour être décrites ici, sont réunies dans un document à télécharger [1].

### Mise en route de la platine

Une fois la platine réalisée, commencez par vérifier les tensions d'alimentation. Mon prototype fonctionnel n'a pas été construit sur la platine dont le dessin est joint à cet article [1] et dont je ne garantis donc pas qu'elle fonctionne telle quelle. Placez les cavaliers J1 et J2 afin que les alimentations commandées soient allumées en permanence. Alimenter le montage (sans le PIC), vérifiez les tensions et réglez P2 pour que la tension en sortie d'IC5 soit précisément de 6,6 V, le PIC ne supporte pas de tension supérieure à 5 V.

Mettez le montage hors tension puis réglez P1 à 6400 Ω, P3 à 2000 Ω et P4 à 1846 Ω. Affinez le réglage de P3 et P4 : ces résistances ont la même valeur que les sondes R26 et R27 à, respectivement, 25 °C et 15 °C. En milieu de gamme, la tension en sortie de IC10.C et IC10.D sera de 2,5 V ; la différence de tension aux entrées de IC10.A et IC10.B est alors nulle. Nous allons maintenant procéder au réglage de P5 et P6 à l'aide des tableaux *MesuresTempint* et *MesuresTempext* [1]. Pour chaque voie, ces tableaux donnent une correspondance entre la tension sur les broches 10 et 12 d'IC10 et la

tension sur les broches 1 et 7. Alimenter le montage et aidez-vous d'un voltmètre pour le réglage. Avec un réglage correct, il est possible d'atteindre une précision de 1/10 °C.

Le réglage suivant est celui de la fréquence du PIC. Mettez le montage hors tension et le PIC sur son support, reliez le montage au port série du PC par un câble DB9 mâle-femelle.

Installez et lancez le programme VB *MesAndCom.exe*. Renseignez la case 'N° du port' (*Serial port number*) (en général 1 ou 2, peut-être 4 ou plus si vous utilisez un câble USB-DB9). Cette information se trouve dans le panneau de configuration du PC (*système, matériel, gestionnaire de périphérique, ports COM et LPT*). En liaison directe, indispensable pour la mise au point, la case 'N° téléphone' doit être vide : c'est ce qui indique qu'il n'y a pas de modem. Cliquez sur *Connexion* (*Connection*) puis sur *Confirm*. Selon la position du cavalier J3, appuyez 12 ou 8 fois sur S2. Après la 9<sup>e</sup> ou la 5<sup>e</sup> fois, la LED D12 doit s'allumer, sinon cherchez l'erreur ; continuez jusqu'à 12 ou 8. Deux ou trois secondes après la 12<sup>e</sup> ou 8<sup>e</sup> « sonnerie », le système envoie ses données. Si la réception des données n'intervient pas dans les 70 s (12 sonneries réelles durent 60 s, les 10 s supplémentaires donnent au modem le temps d'envoyer sa réponse) après le clic sur *Confirm*, le message *Rien reçu Vérifier la connexion* (*Nothing received Verify the connection*) signale l'échec de la connexion. Durant ce temps, la fenêtre est figée et en cas de non-fonctionnement de la transmission, on ne peut rien faire pendant 70 s. En connexion directe, ce temps est réduit à 15 s.

Généralement, les erreurs de transmission sont causées par un mauvais réglage de la fréquence de l'oscillateur du PIC. Déclenchez des transmissions depuis le programme à l'aide des boutons *Envoi mesures* (*Send Results*) ou *Extra mesure* et agissez sur P1 par 1/2 tours jusqu'à ce que la réception se fasse sans erreurs. Inutile d'essayer la

transmission par modem tant que ce n'est pas parfait en liaison directe avec le PC. Si aucun octet n'est reçu, basculer S1.

Une fois la communication établie, la case en bas à droite de la fenêtre passe au rouge et affiche *Port Ouvert (Port Open)*, les octets défilent à gauche, puis les cases des mesures sont remplies avec les données (les moyennes ne sont valables qu'une fois la journée passée).

Les mesures reçues sont celles effectuées juste après la mise sous tension ou celles du dernier quart d'heure. En haut à droite s'affichent la date et l'heure. À la mise sous tension le système est initialisé à 0 h 0 mn 0 s le 1<sup>er</sup> janvier 2000 et commence à compter le temps par tranches de 15 s. Cependant, les secondes ne défilent pas. L'heure affichée est la dernière heure reçue de la platine. Il est préférable que l'heure du système soit synchrone avec l'heure du PC. Cliquez sur *Édition (Edit)* puis *Date et Heure (Date-Time)*, réglez l'heure puis cliquez sur *Réglage D&H (Update date and hour)*. Vérifiez de temps en temps la concordance. Le système répond en renvoyant la nouvelle date et heure à 15 s près et ses données. Essayez toutes les commandes. Une journée *veille* ne peut être obtenue que le lendemain de la mise sous tension, une *avant-veille* le surlendemain. Si on appelle le mois en cours juste après la mise sous tension, on ne voit rien sur le graphique, l'enregistrement du jour a lieu à minuit. Après un jour, on ne voit que des points ; après 2 jours, on voit les lignes excepté la tension d'alimentation mesurée à 6 h (tension minimale de la batterie avant le lever du soleil). Dans la fenêtre VB en haut, on voit cette tension au moment de la connexion.

### Connexion par modem

Le modem est relié au PC par un câble droit : les lignes TX et RX ne doivent pas être croisées. On trouvera sous [1] de nombreux détails sur la préparation des modems. Pour se connecter, cliquer sur *Connexion*, puis vérifier le numéro de téléphone ainsi que le numéro du port série du PC. Cliquer sur le sous-menu *confirm*. VB envoie au modem l'ordre de prendre la ligne et de numéroter. On entend les tonalités dans le HP. Après quelques secondes, lorsque les modems sont synchronisés, on voit s'afficher en

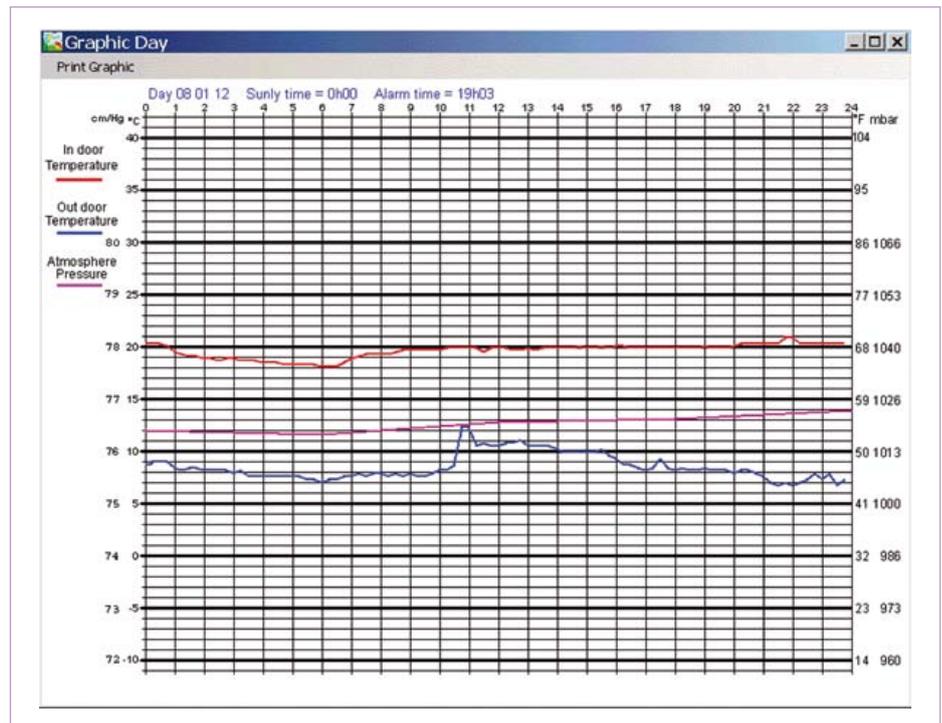


Figure 6. Les mesures pourront être présentées sous forme de graphique.

rouge dans la case *Réponse Modem (Modem Answer)* : *Connect 1200* accompagné d'un son, 37 octets sont alors reçus dans la liste. À partir de ce moment, le temps de connexion est affiché dans la barre d'état ainsi que le temps restant en minutes. Le système raccroche automatiquement à la 14<sup>e</sup> minute d'un quart d'heure. La déconnexion est signalée par un autre son et les commandes sont invalidées. On peut bien sûr raccrocher avant en cliquant sur *Raccrocher le poste éloigné (Hang up the remote phone)* ou en quittant (*Fichier-Quitter (File-Exit)*) mais dans ce cas la fenêtre VB se ferme.

Les transmissions sont vérifiées par une somme de contrôle (*checksum*) qui accompagne chaque envoi. Des erreurs de transmission peuvent survenir, elles sont signalées, mais rien n'est bloqué : on peut recommencer. Dès l'établissement de la connexion, le système envoie 37 octets : date et heure (8 octets + *checksum*) et les mesures effectuées au quart d'heure précédent (27 octets + *checksum*). Les octets reçus sont visualisés en décimal dans la grande liste à gauche de la fenêtre (3 colonnes, numéro d'ordre, valeur de l'octet, somme de contrôle progressive). Valeur et *checksum* doivent être égales à la 9<sup>e</sup> et 37<sup>e</sup> ligne. Ensuite diverses commandes sont offertes : demander l'envoi d'une journée

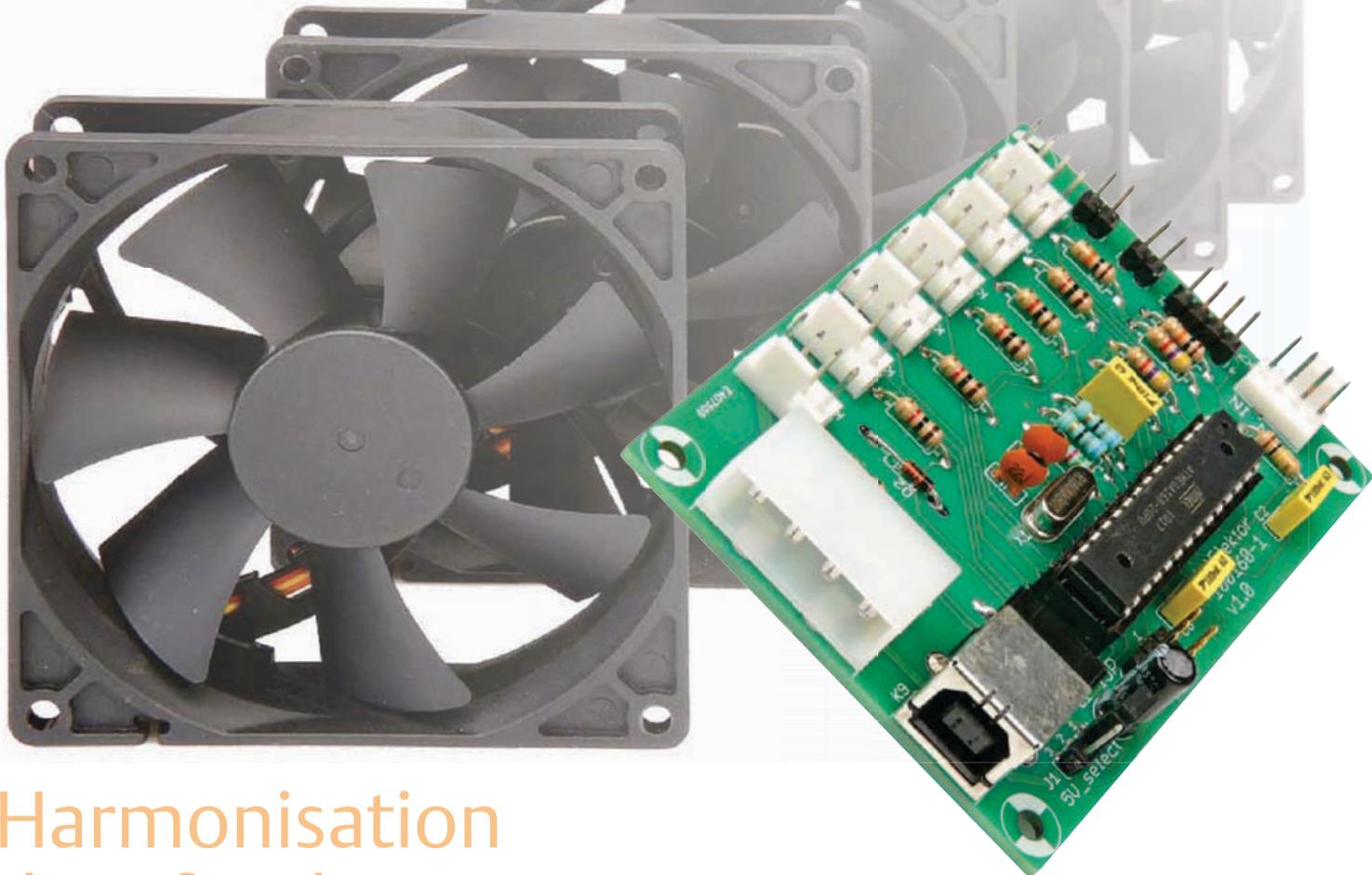
entière (veille ou avant-veille) ou un mois quelconque parmi 24 mois. En connexion on a intérêt à sauver le fichier sur disque de façon à afficher et éventuellement imprimer un graphique après la déconnexion. Les fichiers *Journée (Day)* ou *Mois (Month)* sont sauvés dans le dossier « C:\MesAndCom », créé automatiquement à la 1<sup>re</sup> sauvegarde.

(110333)

### Liens

- [1] Les fichiers à télécharger contiennent de nombreux compléments d'information : [www.elektor.fr/110333](http://www.elektor.fr/110333)
- [2] [www.microchip.com/mplab](http://www.microchip.com/mplab)
- [3] [www.ftdichip.com](http://www.ftdichip.com)  
Convertisseur USB-RS232 et pilotes
- [4] <http://.microsoft.com/france/msdn/vstudio/express/vbasicexpress.msp>  
Télécharger Visual Basic 2005 Express, pas indispensable pour utiliser 'MesAndCom' mais utile pour modifier le programme source
- [5] [www.hama.com](http://www.hama.com)  
Câble convertisseur USB – DB9
- [6] site de l'auteur  
<http://perso.wanadoo.fr/bernard.chabbert>

# Régulation de précision pour 6 ventilateurs de PC



## Harmonisation du refroidissement

Dans un PC moderne, il faut plusieurs ventilateurs pour venir à bout de la puissance dissipée en chaleur, mais il est impossible pour la carte mère de les gérer individuellement. Ce circuit-ci est capable de régler activement jusqu'à 6 ventilateurs sur les indications de plusieurs thermomètres répartis dans le boîtier du PC. Configurez et surveillez ce qu'il se passe à l'intérieur grâce à un programme qui communique avec lui par USB.

Ivo Pullens

Le circuit présenté ici, en harmonisant les débits d'air, contribue en souplesse à la sécurité de votre PC. Il limite au strict nécessaire la vitesse des hélices tout en abaissant sensiblement le bruit de soufflerie.

Il y a quelques années, Intel a sorti une spécification technique [1] pour des ventilateurs de PC à 4 broches commandés par modulation de largeur d'impulsion (MLI ou PWM). Ils sont plus chers que ceux à 2 ou 3 broches, mais, avantage appréciable, on peut en régler la vitesse en MLI. Quand ils ont 3 ou 4 broches, ils renvoient un signal

de tachymétrie qui indique à la carte mère leur vitesse de rotation actuelle.

La carte mère d'un PC d'aujourd'hui n'a souvent qu'un seul raccordement pour ventilateur commandé par MLI, or le PC est habituellement équipé de plusieurs ventilateurs. Par la force des choses, les autres tournent donc à vitesse fixe. Et s'il existe une possibi-

lité de connecter en même temps plusieurs ventilateurs MLI, le réglage par la carte mère n'est pas adaptable.

## Le circuit

Le schéma de la **figure 1** est simple. Il se contente d'un microcontrôleur ATmega et de son cortège de connecteurs pour brancher les ventilateurs, capteurs, l'USB et l'alimentation. Les ventilateurs à 4 broches se raccordent au microcontrôleur dont ils

reçoivent directement les signaux MLI. Les sorties à collecteur ouvert qui délivrent le signal de tachymétrie des ventilateurs sont reliées à la tension d'alimentation par des résistances de polarisation internes du microcontrôleur.

Le filtre passe-bas formé par R3/C2 lisse (intègre) le signal MLI issu de la carte mère de manière à faire lire à une entrée analogique du microcontrôleur le signal de commande MLI.

Comme capteurs de température, les connecteurs K11 et K12 acceptent chacun une résistance à coefficient de température négatif (CTN ou NTC) de 10 kΩ ; R8 et R9 forment avec les CTN deux diviseurs de tension pour les entrées ADC2 et ADC3 du microcontrôleur.

Si vous le souhaitez, vous pouvez encore brancher sur K10 jusqu'à 8 capteurs de température I<sup>2</sup>C. R6 et R7 constituent les résis-

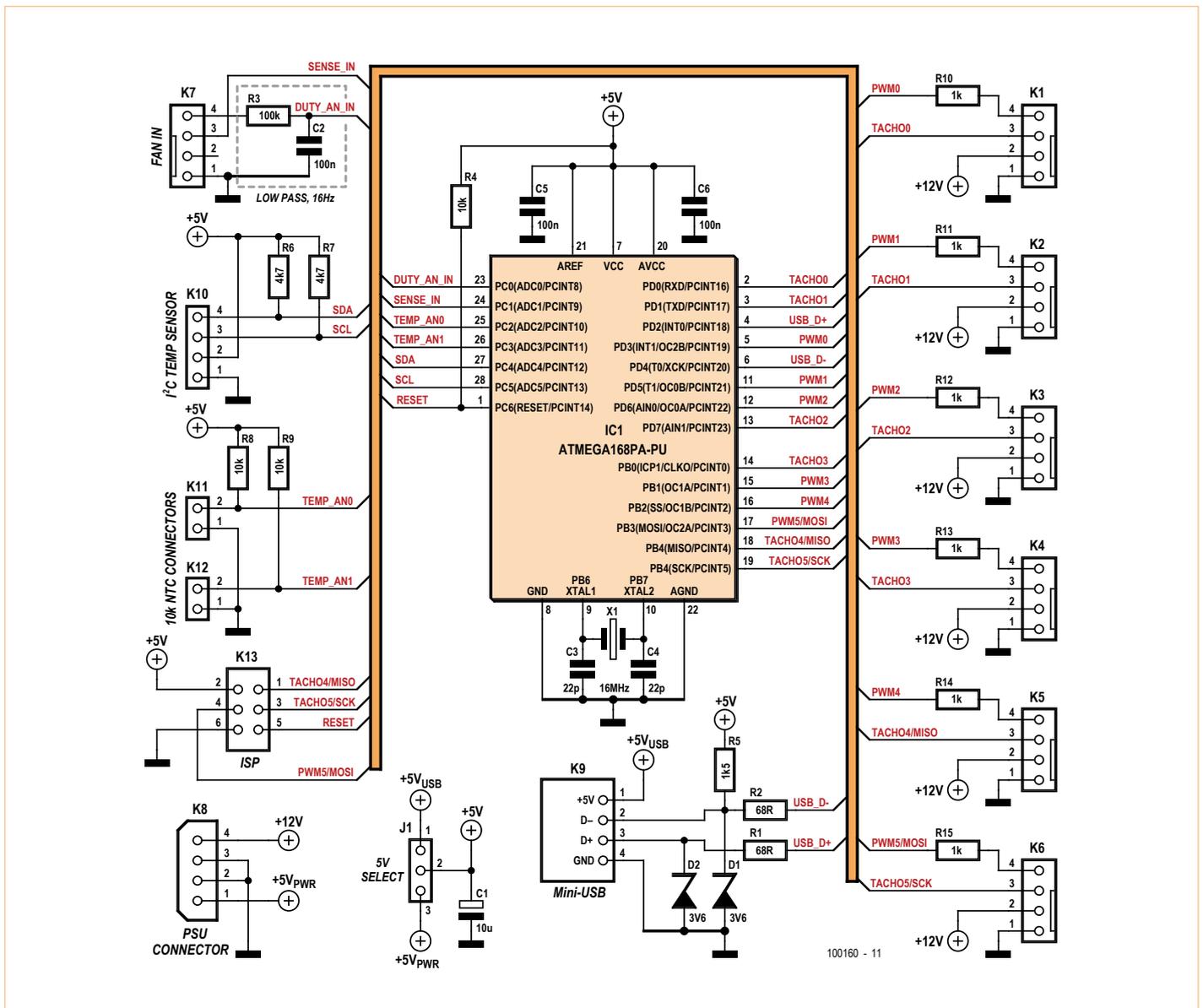


Figure 1. La presque totalité du circuit repose sur un microcontrôleur ATmega et une ribambelle de connecteurs.

## Liste des composants

### Résistances :

R1, R2 = 68 Ω  
 R3 = 100 kΩ  
 R4, R8, R9 = 10 kΩ  
 R5 = 1,5 kΩ  
 R6, R7 = 4,7 kΩ  
 R10...R15 = 1 kΩ

### Condensateurs :

C1 = 10 µF/16 V radial, au pas de 2,5 mm  
 C2, C5, C6 = 100 nF, au pas de 5 mm  
 C3, C4 = 22 pF

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = Zener 3,6 V/400 mW  
 IC1 = ATmega168PA-PU (programmé,  
 100160-41)

### Divers :

X1 = quartz 16 MHz  
 J1 = embase à 3 broches avec cavalier  
 K1 à K6, K7 = embase à 4 broches pour ventilateur  
 K8 = connecteur mâle d'alimentation de PC à 4 broches, encartable  
 K9 = connecteur B mini USB encartable  
 K10 = embase à 4 broches  
 K11, K12 = embase à 2 broches  
 K13 = embase à 2x3 broches avec col Platine 100160-1 [3]

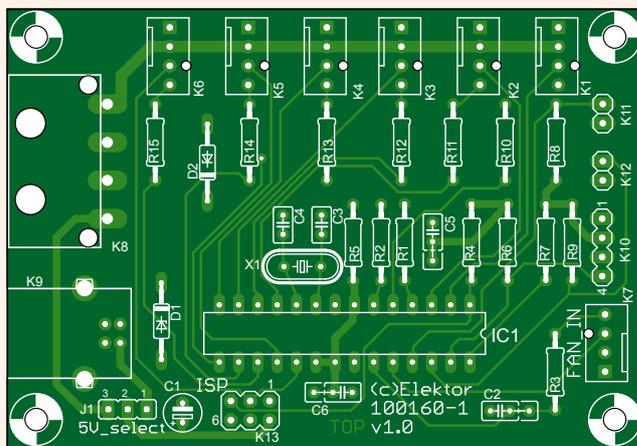
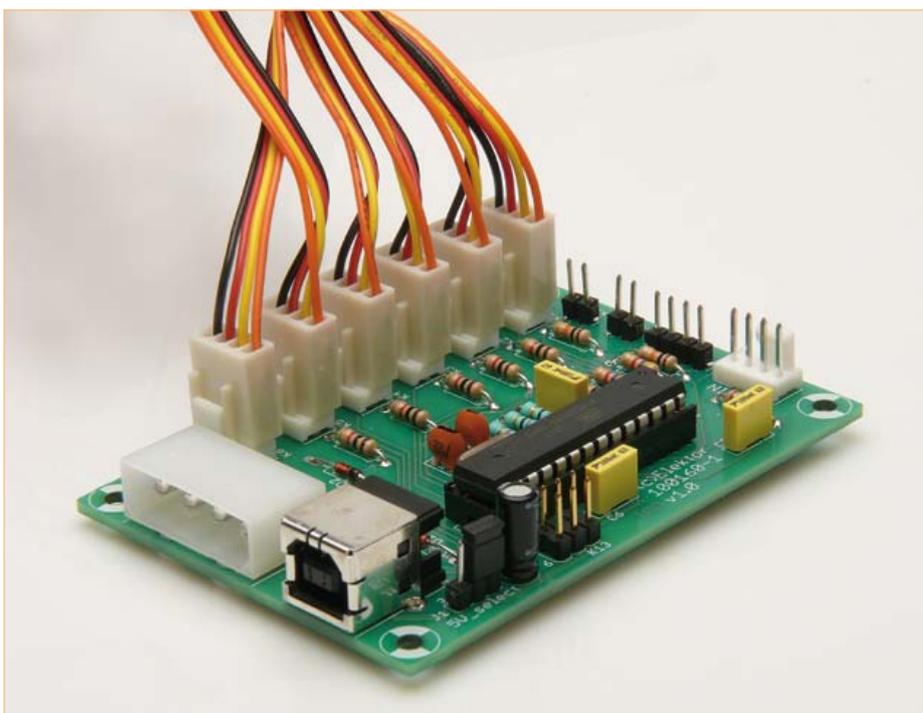


Figure 2. La construction de circuit a été réalisée sur ce modèle de platine.



tances de polarisation positive pour le bus. Le micrologiciel a été testé avec des capteurs MCP980x de *Microchip*, mais d'autres, compatibles comme le TCN75, pourraient aussi fonctionner directement ou avec une légère adaptation. Lors du lancement, le micrologiciel détermine lui-même le nombre de capteurs I<sup>2</sup>C présents sur le bus. Le cavalier J1 permet de choisir si le microcontrôleur doit être alimenté par l'USB ou par le PC. Pendant la mise au point du micrologiciel, tant qu'il n'y a aucun ventilateur à commander, il est pratique d'alimenter le circuit par USB, mais en temps normal, c'est le PC qu'on utilise, avec le cavalier entre les broches 2 et 3.

### La construction

Dépourvu de tout CMS, le circuit sera d'autant plus simple à construire que vous utiliserez la platine de la **figure 1**. Le grand connecteur K8 est la version mâle du célèbre connecteur d'alimentation des disques durs, fabriqué par *Molex*. On peut éventuellement souder directement le câble d'alimentation sur la platine.

Il est assez difficile de se procurer en petite quantité les embases K1 à K7 de ventilateurs à 4 contacts. En revanche, la variante à 3 broches est courante. Le pas des deux connecteurs est identique, tout comme la disposition des contacts, si bien qu'on peut brancher les ventilateurs à 3 broches sur les connecteurs à quatre. Pour éviter toute erreur de branchement quand on connecte des ventilateurs MLI sur des embases à trois broches, il suffit de souder une embase à une seule broche (**fig. 3**) en face du quatrième contact.

### Le micrologiciel

Le logiciel pour le microcontrôleur a été rédigé en C et fait usage de la pile logicielle V-Usb [2] pour communiquer par USB avec le PC. Dans un premier temps, le logiciel a été développé pour un ATmega88, mais il est vite apparu que ce micro manquait de ressources pour toutes les fonctions souhaitées. On s'est alors tourné vers un ATmega168 qui offre le double de mémoire flash. Mais le logiciel reste utilisable, avec des fonctions réduites, il est vrai, pour une compilation vers un ATmega88 et vous

## Caractéristiques techniques

- Commande autonome et individuelle jusqu'à 6 ventilateurs MLI à 4 contacts
- Mesure de la vitesse de rotation de ces ventilateurs et détection de leur arrêt
- Traitement des données de jusqu'à 8 capteurs pour la régulation de vitesse :
  - 2 CTN
  - capteurs de température I<sup>2</sup>C compatibles MCP980x ou TCN75
  - utilisation possible de la vitesse de rotation comme signal de mesure
  - capteurs externes dont la valeur est réglable par USB
- réglage du rapport cyclique d'une commande externe de ventilateur, comme de la carte mère
- Vitesse de rotation réglable de 3 manières :
  - constante
  - linéaire avec signal de capteur
  - en mode PI avec capteur et consigne
- Configuration et surveillance sur PC par USB
- Bibliothèque de logiciels pour applications personnelles sous Windows et Linux, avec communication pour réglages et configuration.

pourrez obtenir le fichier *config.h* dans le paquet disponible sur notre site [3].

Comme le prescrit la spécification d'*Intel* pour les ventilateurs à 4 contacts, ils doivent être commandés en MLI sur une fréquence voisine de 25 kHz dont le rapport cyclique varie linéairement à partir de 20 %, du fait qu'à plus bas rapport, la vitesse est imprévisible. L'ATmega dispose de 6 sorties MLI, mais seules les deux sorties commandées par le temporisateur *Timer1* à 16 bits peuvent être réglées précisément sur 25 kHz. Les autres sorties MLI, commandées par des temporisateurs à 8 bits, ne peuvent se régler que sur 7,8 kHz ou 62,5 kHz. Il faut un truc pour les faire fonctionner à la bonne fréquence. On les règle sur la fréquence bien trop basse de 7,8 kHz, mais l'interruption de dépassement (ou report) de *Timer1* relance continuellement les temporisateurs à 8 bits, ce qui fait que toutes les sorties MLI sont quand même cadencées à 25 kHz.

Les impulsions des tachymètres, utilisés pour mesurer la vitesse des ventilateurs, on les compte en se servant de l'interruption de *pin change*. En pratique, on s'aperçoit que les ventilateurs tournent rarement à plus de 6 000 t/min, et que les tachymètres délivrent deux impulsions par tour. Si tous les ventilateurs travaillent à pleine vitesse, le logiciel aura à traiter quelque 1 200 interruptions par seconde. Cela semble lourd, mais la boucle principale est simple et presque entièrement disponible pour le calcul des rapports cycliques.

Chaque seconde, la boucle principale vérifie d'abord si un ventilateur est à l'arrêt, bloqué ou en panne. Selon la configuration choisie, l'arrêt d'un ventilateur entraînera l'arrêt du tachymètre simulé, ce qui indiquera à la carte mère qu'un ventilateur est mort. Si la

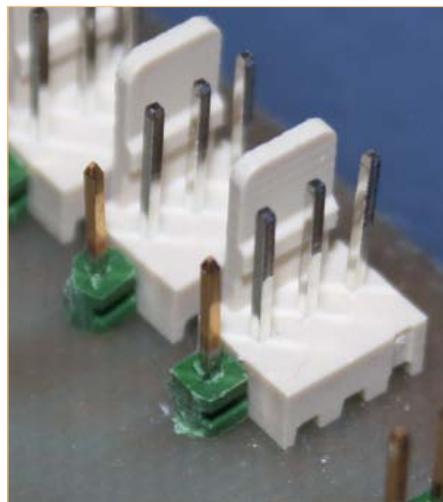


Figure 3. Une broche supplémentaire permet de rendre une embase pour ventilateur à trois contacts compatible avec le connecteur à 4 contacts d'un ventilateur réglable par MLI.

carte mère possède une fonction d'alerte de panne de ventilateur, celle-ci sera donc activée.

Viennent ensuite la lecture des valeurs actuelles des capteurs, puis le calcul des boucles de régulation et l'inscription des rapports cycliques dans les registres de comparaison des sorties pour les temporisateurs. Dans le monde des microcontrôleurs, un intervalle d'une seconde entière entre les révisions des rapports cycliques semble énorme, mais il est parfaitement adéquat dans un processus thermique lent comme l'évolution de la température et les corrections à y apporter.

La tachymétrie simulée pour la carte mère doit produire tout au plus 1 200 impulsions par seconde, sans chronométrie bien rigou-

reuse. C'est possible dans la boucle principale, qui fait basculer la ligne de tachymétrie alternativement entre basse et haute résistance, comme il se doit pour une sortie à collecteur ouvert.

À l'aide du logiciel pour PC, on peut charger dans l'EEPROM la nouvelle configuration de réglage de manière à ce que, par la suite, elle soit automatiquement activée.

Une grande partie du logiciel est consacrée à la pile USB et à l'échange de messages avec le PC. La communication en temps réel avec le PC est gérée par INT0 qui jouit de la plus haute priorité.

### Le logiciel

Le logiciel pour le PC a été écrit en C++ et développé à l'aide de *Microsoft Visual C++ 2010 Express*, qui est gratuit. L'interface graphique fait usage de *wxWidgets*, si bien qu'elle peut servir sous *Windows* comme sous *Linux* et probablement avec *OS X*, mais je ne l'ai pas vérifié en pratique.

On utilise *LibUsb* pour communiquer par USB avec le circuit. Pour héberger les détails spécifiques de la communication entre le PC et le circuit et faciliter leur réutilisation, la création de messages et leur échange, c'est une bibliothèque séparée qui s'en

Publicité



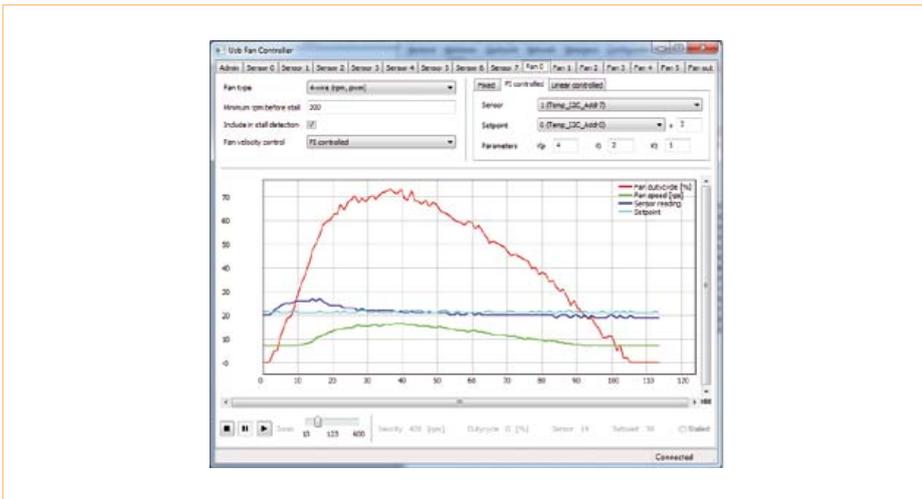


Figure 4. Copie d'écran du programme pour PC pour configurer et superviser le réglage.

occupe. On peut ainsi régler directement la vitesse des ventilateurs et lire la valeur des capteurs.

L'interface graphique regroupe les onglets suivants :

- **Admin**  
permet de gérer l'EEPROM, lire et écrire la configuration. N'oubliez pas d'y enregistrer d'abord une bonne configuration, sinon elle sera effacée au redémarrage !
- **Sensor...7**  
Les étiquettes des capteurs servent à attribuer aux capteurs raccordés une entrée appropriée et à observer graphiquement l'évolution de leur valeur au fil du temps.
- **Fan 0...5**  
servent à configurer les ventilateurs indépendamment.
- **Fan out**  
sert à configurer le tachymètre simulé pour la carte mère.

Il faut attribuer d'abord un ou plusieurs capteurs aux entrées de capteurs avant de les utiliser dans un réglage comme signal de commande.

La **figure 4** montre un exemple de configuration pour le ventilateur 0, raccordé sur le connecteur K1. Au-dessus, à gauche, on choisit le type de réglage et le type de ventilateur, pour que le logiciel sache s'il s'agit d'un modèle à tachymètre et si un signal MLI est disponible. Le capteur I<sup>2</sup>C à l'adresse 0, il s'appelle *Temp\_I2C\_Addr0*, mesure par exemple la température de l'air extérieur aspiré dans le boîtier du PC et le capteur à l'adresse 7, *Temp\_I2C\_Addr7*, mesure la température du boîtier lui-même. Puisque le PC chauffe tant qu'il fonctionne, il irréaliste de vouloir une température interne égale à celle de l'extérieur. L'objectif de la régulation, la **consigne** comme on dit, sera de maintenir 2 °C de plus à l'intérieur qu'à l'extérieur. Le modèle de régulation choisi est le PI, il calcule continuellement l'écart par rapport à la consigne, ici la température environnante + 2 °, c'est l'er-

reur à corriger. Un régulateur de ce type va régler la vitesse du ventilateur proportionnellement à l'erreur, avec un facteur **K<sub>p</sub>**, et en plus tenir compte de l'intégrale, la sommation des erreurs dans le temps, affectée d'un facteur **K<sub>i</sub>**.

Dans la figure, on peut voir qu'au début, le ventilateur tourne lentement, avec un rapport cyclique très bas. Quand la température s'élève (la ligne bleu foncé) au-dessus de la température voulue (la ligne bleu clair), le régulateur augmente la vitesse du ventilateur (la ligne verte, en t/s). Quand, après un certain temps, la température souhaitée est de nouveau atteinte, la vitesse diminue lentement.

Une autre application de ce circuit est la synchronisation de plusieurs ventilateurs pour réduire autant que possible le bruit de vibration. Utilisez alors un régulateur PI avec la vitesse de rotation de l'un des ventilateurs comme capteur pour tous les autres, et prenez des facteurs négatifs pour K<sub>p</sub> et K<sub>i</sub>.

Avec le dernier onglet, on peut définir d'où doit être prélevé le tachymètre artificiel appliqué à la carte mère, comme le ventilateur le plus lent ou une copie de l'un des ventilateurs en service. Vous pouvez aussi fixer un régime minimum pour chaque ventilateur. Sous cette limite, le logiciel le(s) considèrera comme bloqué(s) et l'envoi du signal de tachymètre simulé vers la carte mère sera arrêté.

(100160 – trad. Robert Grignard)

## L'auteur

Ivo Pullens est spécialiste du développement de logiciel embarqué.

Il a collaboré à d'importantes missions industrielles pour la production de semi-conducteurs et de bus industriels de terrain.

Au cours de ses rares loisirs, il conçoit des solutions à des problèmes du quotidien, généralement par microcontrôleurs ([www.emmission.nl](http://www.emmission.nl)).



## Liens

- [1] [www.formfactors.org/developer/specs/4\\_Wire\\_PWM\\_Spec.pdf](http://www.formfactors.org/developer/specs/4_Wire_PWM_Spec.pdf)
- [2] [www.obdev.at/products/vusb/index.html](http://www.obdev.at/products/vusb/index.html)
- [3] [www.elektor.fr/100160](http://www.elektor.fr/100160)

# 1 bouton + 1 LED = 2 fils seulement

## Simplicité rime avec fiabilité

Klaus Jürgen Thiesler

Découvrez ici comment deux fils suffisent pour connecter un poussoir et sa LED témoin, au lieu des trois fils habituels.

Moins il y a de fils, plus on rit.

Plus le câblage d'un circuit est simple, plus il est facile à construire, à vérifier, à dépanner, à entretenir. Mort aux chevelus, dehors les Gorgones ! Ce n'est pas pour rien que dans le transport de données numériques, les liaisons sérieelles ont eu raison des liaisons parallèles, même au prix d'une plus grande complexité des logiciels. Les microcontrôleurs et leur quincaillerie n'échappent pas à ce principe d'économie filaire auquel j'apporte ici ma modeste, mais lumineuse contribution : comme moi, vous vous passerez désormais de l'un des trois fils qui relie – cas typique – un bouton-poussoir et une LED à un microcontrôleur. Bien dimensionné, mon circuit fonctionne parfaitement.

### Mon truc à LED

Pour connecter un bouton et une LED à un microcontrôleur, n'importe qui prend quatre fils, ou trois quand le fil de masse est commun aux deux composants. C'est encore un fil de trop. Le câblage à seulement deux fils passe par la mise en parallèle du bouton et de la LED (fig. 1). Le câblage en parallèle est le plus employé, mais en série ça marche aussi, à condition d'utiliser un contact à fermeture ou le contact travail d'un inverseur.

Mon astuce consiste à faire circuler en permanence un (faible) courant par la LED – même lorsqu'elle ne brille pas et que le bouton n'est pas actionné. Aux bornes d'une LED traversée par quelques dizaines de micro-ampères seulement, il règne une petite différence de potentiel, mais la lumière émise reste indiscernable. À l'inverse, une LED traversée par quelques milliampères brille, et pourtant la chute de tension à ses bornes n'est guère plus élevée. Il y règne donc en permanence une tension comprise entre 1,2 V et 1,9 V. Appuyer sur le bouton met la LED en court-circuit et provoque une excursion de tension que le microcontrôleur peut exploiter. En s'éteignant, la LED indique que le bouton a été activé.

### Le circuit

Le courant de repos de la LED passe par R1 : environ 20  $\mu\text{A}$  pour  $V_{CC} = 3,3 \text{ V}$ . La LED brille lorsque la sortie *Port.1* du microcontrôleur est au niveau bas. T1 agit dans ce cas comme une simple source de courant constant : la chute de tension aux bornes de R3 vaut 1 V. Si l'on soustrait la tension base-émetteur de T1, il reste environ 0,33 V aux bornes de R2, soit un courant d'environ 10 mA à travers la LED. Celle-ci est éteinte lorsque *Port.1* est au niveau haut.

Côté bouton-poussoir, le diviseur de tension est dimensionné de telle sorte que T2 soit conducteur pour une tension  $> 0,85 \text{ V}$  en K2.1. Quand S1 est au repos, l'entrée *Port.0* du contrôleur est donc

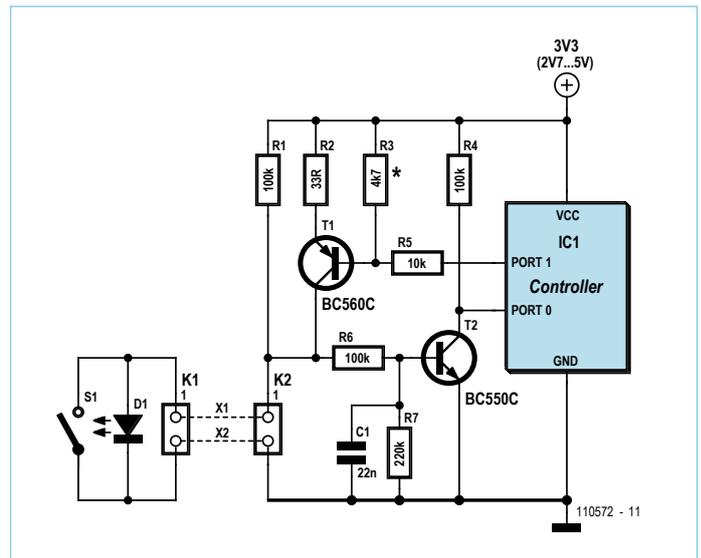


Figure 1. Schéma de l'interface bifilaire.

au niveau bas. Lorsque la LED est mise en court-circuit par S1, la résistance de polarisation R4 force *Port.0* au niveau haut.

Le passe-bas R6-C1 atténue le niveau de bruit sur la ligne X1. Le courant de repos de l'interface, égal à la somme des courants qui traversent R1 et R4, vaut environ 50  $\mu\text{A}$ .

### Adaptation

Les  $\mu\text{C}$  modernes fonctionnent sous 3,3 V et même moins, mais 5 V reste une tension courante. Pour adapter le circuit à différentes tensions de service, il suffit de changer R3. Sa valeur sera de 8,2 k $\Omega$  pour 2,7 V, et de 2,7 k $\Omega$  pour 5 V. Pour la tension de service de 2,2 V, la valeur de R3 sera de 10 k $\Omega$ . T1 sera forcément un PNP à très faible tension de saturation collecteur-émetteur  $U_{CEsat}$  : p. ex. un FM718.

Si vous souhaitez utiliser un autre type, il faut en tout cas un transistor à gain élevé. Certains microcontrôleurs peuvent changer la conformation de leurs sorties : ici *Port.1* pourra être à collecteur ouvert ou de type *totem pole*. Si la configuration de *Port.0* offre une résistance de polarisation intégrée, R4 devient superflue.

L'efficacité de mon astuce augmente avec le nombre de boutons à câbler : pour cinq boutons avec LED, six fils suffisent (un pour X2 et cinq pour X1) au lieu de dix, soit une économie de 40 %. La place occupée sur la platine par les composants supplémentaires est compensée par la réduction de la taille et du nombre de connecteurs. Le circuit fonctionne avec des LED rouges, vertes et jaunes. Avec des LED blanches et bleues, ça ne marche que si  $V_{CC} \geq 4 \text{ V}$ .

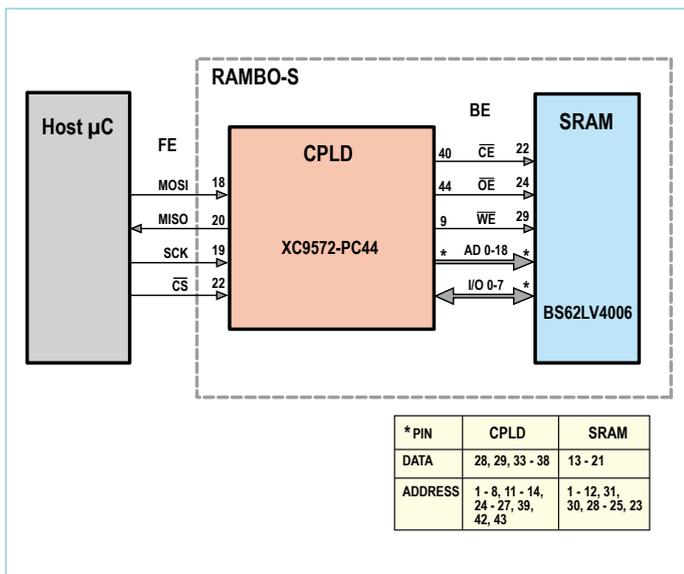
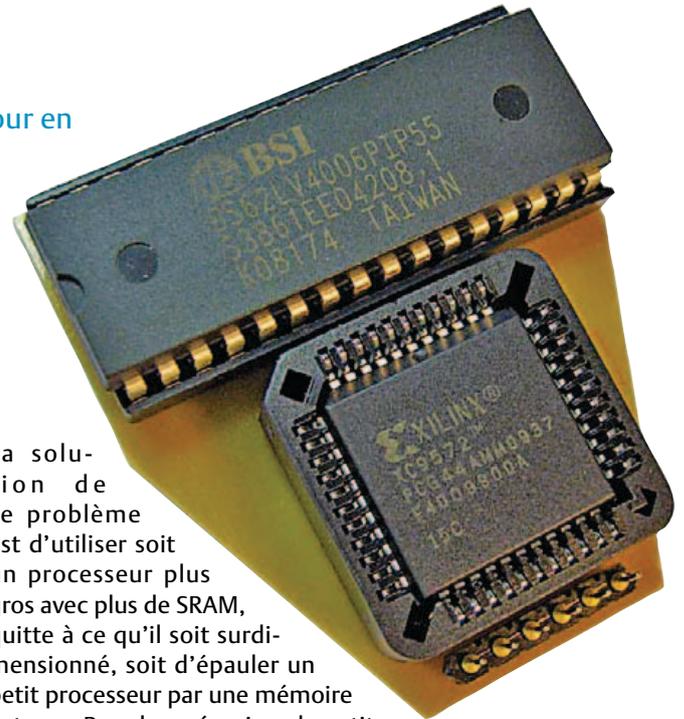
(110572 – trad. Hervé Moreau)

# RAMBOard-Serial

## commande de RAM statique à interface SPI

Markus Hirsch (Allemagne)

Est-ce parce que les microcontrôleurs s'améliorent de jour en jour qu'on leur en demande de plus en plus, ou est-ce l'inverse ? Bien des applications utilisent encore des petits processeurs à 8 bits. Leur capacité de calcul est souvent suffisante, mais pas leur mémoire. C'est ici qu'entre en jeu RAMBO-S !



La solution de ce problème est d'utiliser soit un processeur plus gros avec plus de SRAM, quitte à ce qu'il soit surdimensionné, soit d'épauler un petit processeur par une mémoire externe. Pour les mémoires de petite taille, des solutions à interface sérielle permettent d'économiser des E/S, comme la SRAM SPI 23K256 de 32 Ko. Lorsqu'il en faut plus, disons 512 Ko ou plus, le problème est de taille : ces SRAM n'existent qu'avec des interfaces parallèles, en boîtiers mille-pattes. Les huit bits de donnée et 19 ou plus bits d'adresse auront vite fait d'accaparer toutes les E/S d'un petit micro. Pas de panique, on utilisera un circuit de commande comme RAMBO-S, conçu pour gérer l'adressage et assurer la conversion parallèle↔série des données. RAMBO-S utilise un CPLD Xilinx XC9572 en boîtier PC44 (44 pattes, 34 E/S) pour interfacier une SRAM de 512 Ko comme la BS62LV4006 ; n'importe quelle SRAM

Figure 1. Parfois, diagramme et schéma ne font qu'un !

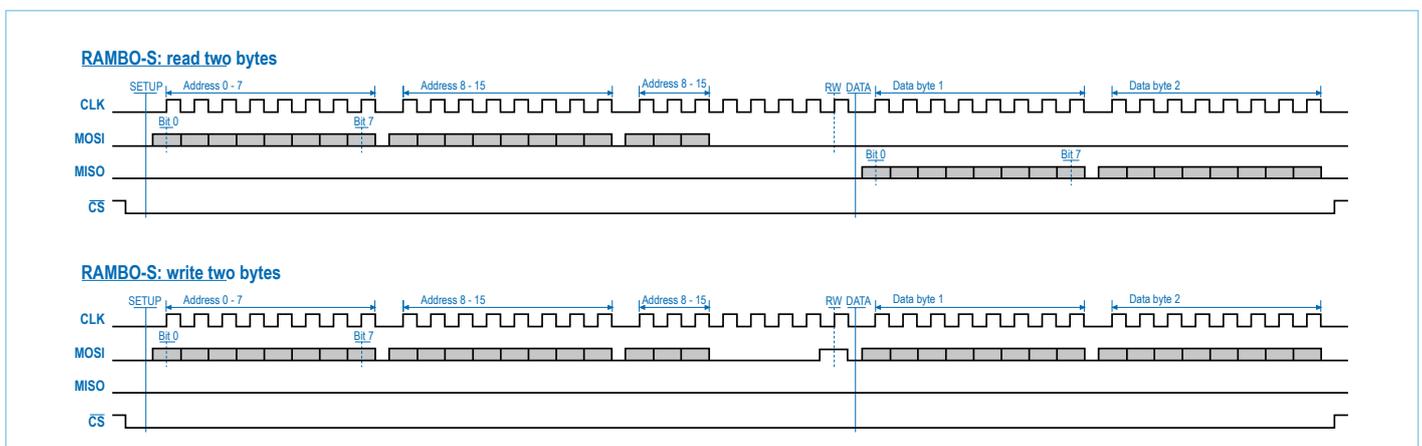


Figure 2. Chronogrammes de lecture/écriture de RAMBO-S.

standard dotée de signaux de commande équivalents conviendra. Pour interfacer plus de puces, il faudrait utiliser un CPLD avec plus de lignes d'E/S.

### Matériel

En fait, on peut considérer que le circuit est constitué de deux composants : le CPLD et la SRAM (fig. 1). Toutes les lignes d'adresse sont reliées directement au CPLD, sans passer par un verrou (*latch*). Il ne faut rajouter que quelques condensateurs de découplage.

Le CPLD possède deux interfaces : l'une exposée à l'utilisateur, en SPI, et l'autre qui lui est cachée, avec la SRAM.

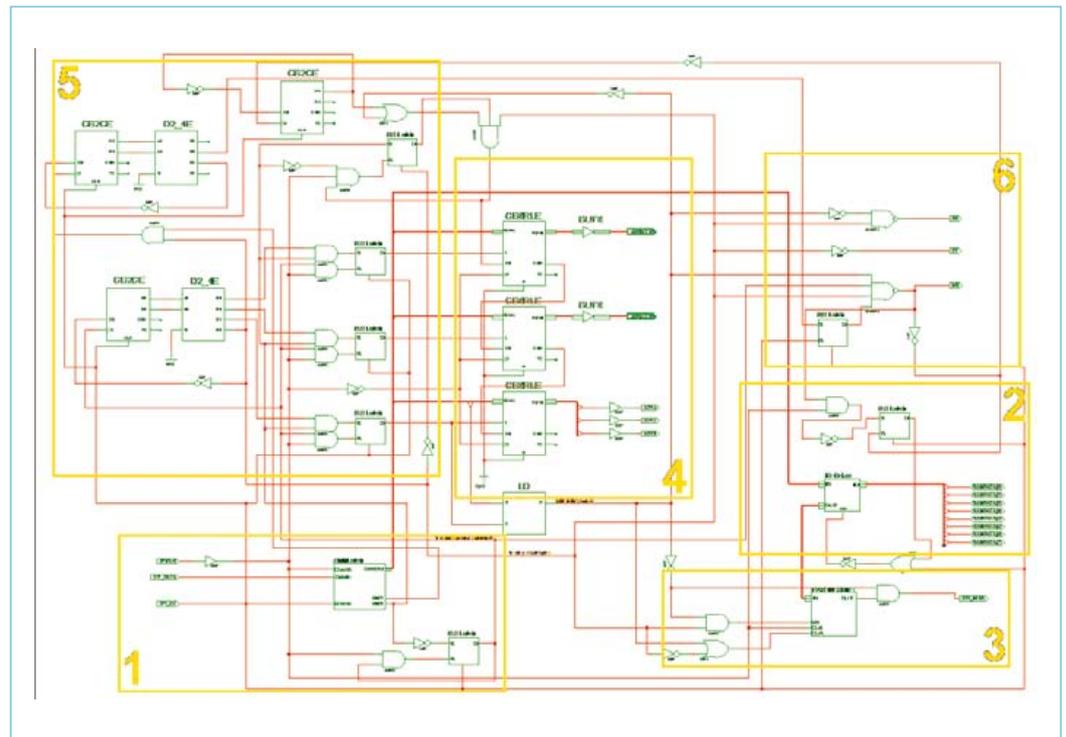


Figure 3. Un coup d'oeil à la logique configurée dans le CPLD du RAMBO-S.

### Interface

La configuration du CPLD est telle qu'aucun composant externe ne soit nécessaire. L'horloge de l'interface SPI pilote la logique interne. Une fois envoyés les deux octets d'adresse et l'octet de paramétrage (qui contient trois bits d'adresse de plus et un bit de sélection lecture/écriture), les octets de données peuvent être envoyés ou reçus un à un. L'adresse est incrémentée automatiquement à chaque octet. La figure 2 donne les chronogrammes de lecture et d'écriture.

Le dispositif a été testé avec une horloge à 2,2 MHz, soit un débit théorique de 275 Ko/s. La fréquence peut sans doute être plus élevée.

### Fonctionnement du CPLD

Les fichiers source de l'auteur, téléchargeables sur le site d'Elektor [1], devraient vous permettre de programmer votre propre CPLD et comprendre ce qui s'y passe. Les utilisations commerciales ne sont pas autorisées.

Sur le schéma de la configuration du CPLD (fig. 3), les parties principales sont entourées et numérotées : (1) le registre à décalage d'entrée pour les commandes SPI et les données, (2) la logique de commandes des E/S de données, (3) le registre à décalage de sortie, (4) le compteur d'adresses, (5) sa logique de

commande et (6) celle de la SRAM.

Lorsque  $\overline{CS}$  est au niveau haut, toute la logique interne est à l'arrêt, le CPLD est inactif. Dès que  $\overline{CS}$  passe au niveau bas, il faut fournir les trois octets de paramétrage au CPLD. La logique interne charge les 19 premiers bits dans le compteur d'adresses et le dernier bit du troisième octet permet de choisir le type d'accès : lecture ou écriture.

Le CPLD passe alors en mode flux. Pour chacun des octets suivants, le compteur d'adresse sera incrémenté et les données transférées du SPI à la SRAM ou l'inverse selon qu'il s'agisse d'une lecture ou d'une écriture. L'opération continue pour un nombre quelconque d'octets et se termine lors du retour au niveau haut de  $\overline{CS}$ .

Pour adresser plus d'une SRAM, on pourra utiliser les bits inutilisés du troisième octet de paramétrage pour piloter un décodeur. Il faudra une ligne CE par puce.

(091090 – trad. Kévin PETIT)

### Lien :

[1] [www.elektor.fr/091090](http://www.elektor.fr/091090)

Publicité



**17.22 EURO\***

5 pcs, 100 mm x 100 mm  
\*per piece, incl. VAT (23%)  
+ shipping costs e. g. Germany 10.89 EURO



www.jackaltac.com

# capteur d'humidité SHT11 sur PC

## hygrométrie au long cours

C'est sous forme numérique que le capteur d'humidité *Sensirion* SHT11 délivre les valeurs de température et d'humidité mesurées. Voyons comment récupérer et afficher ces valeurs sur de longues périodes à l'aide d'un PC.

Pavel Setnicar (Slovénie)

La précision spécifiée pour la mesure d'humidité relative (HR) est de 3% sur la plage de 0 à 100%. Côté température, la plage couverte va de -40 à +125 °C. La fiche technique du SHT11 [1] est riche. On y apprend que la sortie est tellement numérique qu'il faut de l'intelligence pour en extraire les valeurs pas vraiment analogiques. Rassurez-vous, la

sortie ressemble à s'y méprendre à de l'I<sup>2</sup>C, avec la broche SCK pour l'horloge et la ligne DATA à trois états, pour les données bidirectionnelles. Le protocole de communication est différent, mais bien documenté, merci les Suisses !

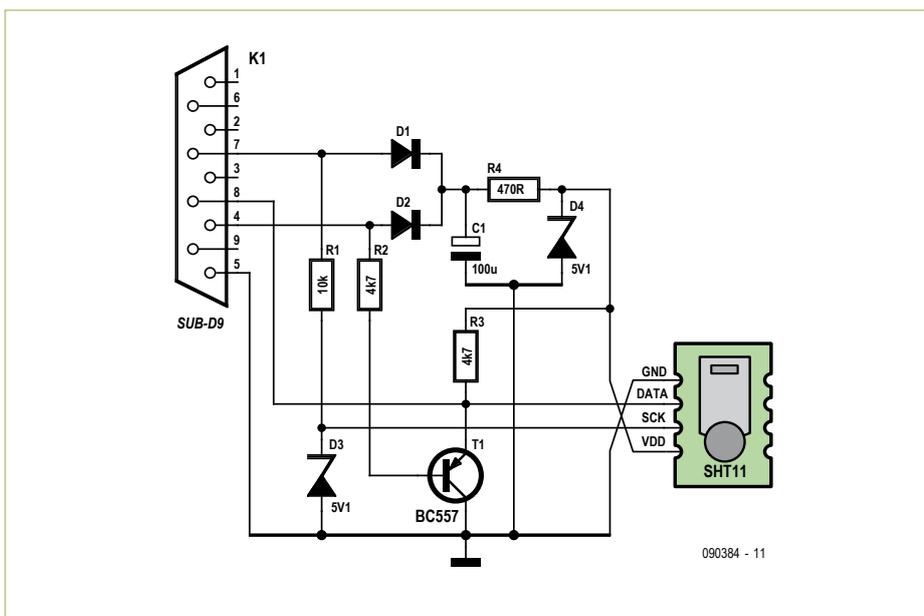


Figure 1. Le SHT11 se suffit à lui-même pour faire de votre PC un enregistreur de température et d'humidité de haut vol.



C'est le genre de capteur à raccorder directement à un PC qui l'interrogera à intervalles réguliers et affichera les résultats à l'écran. Rien n'interdit de sauver les données dans le format de son choix. Comme le port série (COM/RS-232) est en voie de disparition, j'ai choisi ce type de port pour communiquer avec le capteur, non par esprit de contradiction, mais parce que les convertisseurs USB/RS-232 sont faciles à trouver et peu coûteux. Et en plus, ils fonctionnent généralement bien. Le circuit de la **figure 1** assure l'interface entre le capteur SHT11 (TTL 5 V) et le port série (+/-10 V). Le port série est ainsi mis à

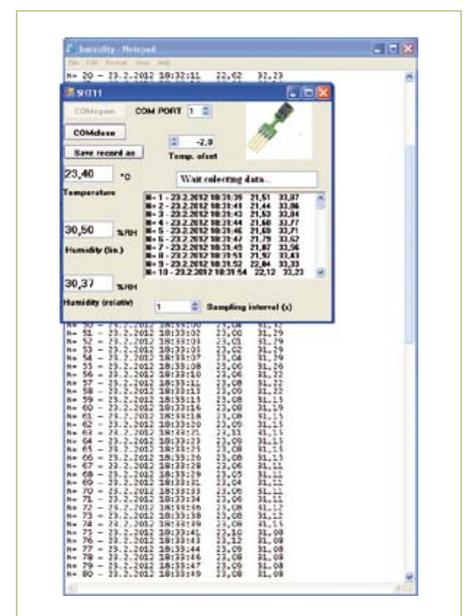
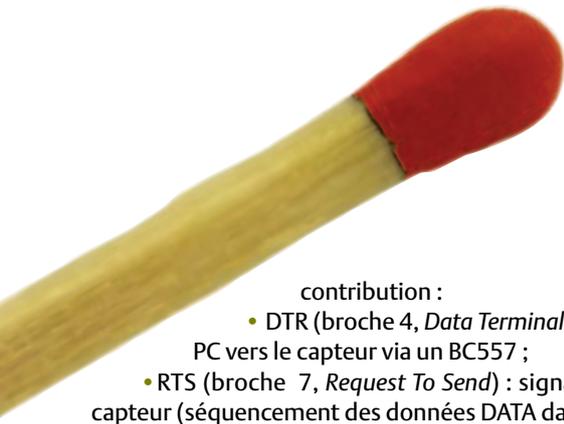


Figure 2. Le programme en action ; les données qui disparaissent de l'écran ne sont pas perdues à jamais.



contribution :

- DTR (broche 4, *Data Terminal Ready*) : données du PC vers le capteur via un BC557 ;
- RTS (broche 7, *Request To Send*) : signal d'horloge pour le capteur (séquençement des données DATA dans les deux sens) ;
- CTS (broche 8, *Clear To Send*) : lecture par le PC des données émises par le SHT11.

La consommation du SHT11 est tellement faible (0,5 mA max) qu'il peut se permettre de ponctionner le port série lui-même. Et comme ce capteur se repose la plupart du temps, sa consommation moyenne en devient négligeable. Le signal du port série (DATA et SCK) est dérivé et redressé par D1 et D2 pour charger C1 sur lequel règne une tension voisine de 10 V, trop élevée pour le SHT11 et donc abaissée à 5 V par la zener D4. Même traitement pour le signal d'horloge, dont D3 rabote l'amplitude à 5 V.

En poussant à la queue leu leu les bits du SHT11 conformément aux indications de la fiche technique, on récupère les valeurs brutes en deux paquets, l'un pour la température et l'autre pour l'humidité. Lors de mes essais, les valeurs de température n'étaient pas tout à fait justes, c'est pourquoi mon programme offre la possibilité d'appliquer un décalage, p. ex. -1,2. Les valeurs d'humidité fournies par le capteur doivent être linéarisées et passent pour cela dans une moulinette de calculs. Pour vous éviter de grosses suées, cette tâche est assurée par mon programme. Curieux comme vous êtes, vous aurez comparé les colonnes des valeurs *brutes* et *linéarisées* pour constater que les écarts ne sont pas si grands. Et si on se passait de linéarisation ? Vous peut-être, mais moi je suis trop matheux pour laisser passer des approximations.

En bas de l'écran, vous pouvez spécifier l'intervalle de temps entre deux mesures. Comme on le voit sur la **figure 2**, les données se suivent et défilent dans une fenêtre, dont le contenu peut être sauvegardé à tout instant pour usage ultérieur.

Le programme est écrit en C# avec *Microsoft Visual Studio 2008* et son exécution réclame l'installation préalable de *Microsoft .NET framework 3.5*. Si vous maîtrisez assez le C# et le .NET, vous pouvez adapter le code source livré. Ce dernier pourra également et sans difficulté majeure être transposé dans un autre langage pour PC ou pour microcontrôleur. L'archive [2] comporte le code source et le programme d'installation du fichier exécutable. Le programme fourni ici a été testé sur plusieurs machines XP avec un câble de 5 m, il doit fonctionner avec la majorité des adaptateurs USB/RS-232 (y compris mon STLab-4). Pour connaître la longueur à ne pas dépasser entre l'interface RS232 et le capteur, à vous de tester avec votre matériel.

(090384 - trad. Rémy Mallard)

## Liens :

- [1] Fiche technique du Sensirion SHT11 : [www.sensirion.com/en/pdf/product\\_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf](http://www.sensirion.com/en/pdf/product_information/Datasheet-humidity-sensor-SHT1x.pdf)
- [2] [www.elektor.fr/090384](http://www.elektor.fr/090384)

Schaeffer  
AG

## FACES AVANT ET BOÎTIERS

Pièces unitaires et petites séries à prix avantageux.

A l'aide de notre logiciel – *Designer de Faces Avant\** – vous pouvez réaliser facilement votre face avant individuelle. **GRATUIT**: essayez-le! Pour plus de renseignements, n'hésitez pas à nous contacter, **des interlocuteurs français** attendent vos questions.

\*Vous en trouverez la dernière version sur notre site internet.

- Calcul des prix automatique
- Délai de livraison: entre 5 et 8 jours
- Si besoin est, service 24/24



Exemple de prix: 34,93 € majoré de la TVA/ des frais d'envoi

Schaeffer AG · Nahmitzer Damm 32 · D-12277 Berlin · Tel +49 (0)30 8 05 86 95-30  
Fax +49 (0)30 8 05 86 95-33 · Web [info.fr@schaeffer-ag.de](mailto:info.fr@schaeffer-ag.de) · [www.schaeffer-ag.de](http://www.schaeffer-ag.de)

# eweekly

elektor-hebdo

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.

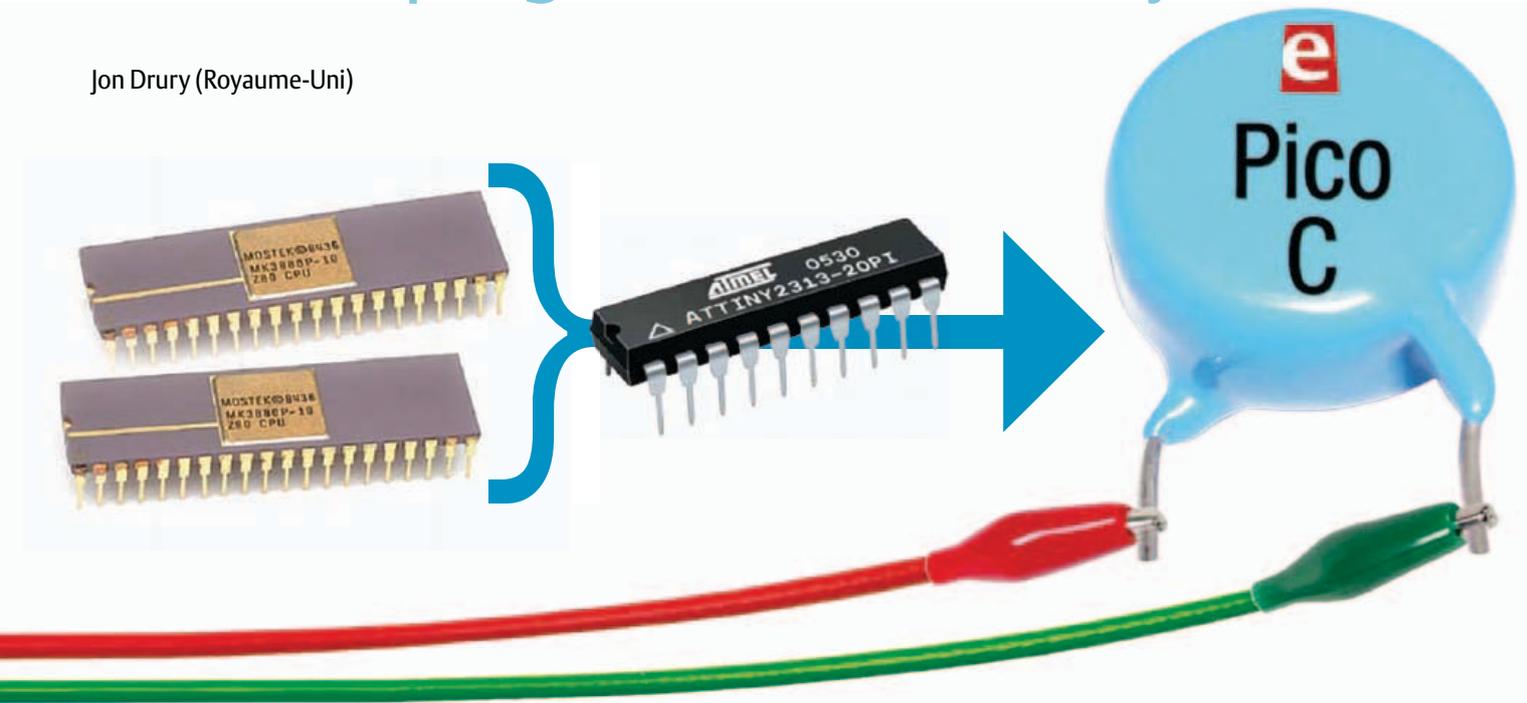


Naviguez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) et abonnez-vous !

# au cœur du Pico C-Super

## l'AT2313 programmé dans le style du Z80

Jon Drury (Royaume-Uni)



L'accueil favorable réservé à Pico C-Plus et Pico C-Super est gratifiant. Nous avons demandé à l'auteur de ces extensions de raconter comment il s'y est pris. Pour répondre, il nous invite à explorer le code...

Les graphologues prétendent déduire le caractère d'une personne de l'analyse de son écriture. Peut-on retracer la vie d'un développeur en analysant son code ? En tout cas, quand j'ai entrepris d'étendre le code original de Pico C, je traînais l'héritage d'années de programmation sur Z80. Ce sont des choses qui marquent. En ces temps-là, on s'estimait heureux de disposer de 512 octets d'espace mémoire. J'ai donc pris l'habitude de tasser le code pour ne jamais gaspiller l'ombre d'un bit. C'est dans cet esprit de défi que j'ai cherché à faire entrer le code du Pico C dans un AT2313 [1]. Le résultat ? Pico C-Super [2], avec des fonctions supplémentaires sans rien perdre ni de la simplicité ni du faible coût. Je vous montre volontiers comment je m'y suis pris et j'espère que vous trouverez utile tout ou partie de mon code, comme j'ai trouvé utile le code disponible chez Elektor ou sur l'internet.

### Registres

J'aimerais commencer par l'usage des registres, marqué par mes années Z80. Avec l'incommode notation r0-r31 d'Atmel, il m'est difficile de retenir la configuration de la mémoire. Je préfère donner à ces registres un nom parlant, facile à retenir, dans le style du Z80 : un registre A pour les besoins courants, un registre B pour le comptage de boucle (avez-vous connu l'instruction DJNZ — *Decrement, Jump Not Zero* ?), et des paires de registres à 16 bits HL, DE, BC pour les calculs. Pour le Pico C-Super, il faut effectuer des calculs sur

24 bits et j'ai donc créé un trio de registres GHL (**listing 1**).

J'ai conservé tous mes registres Z80 dans la plage r16-31 car il est pratique de pouvoir utiliser les instructions de mode direct tel que LDI avec les registres de traitement. Les registres bas (r0-15) sont utilisés pour stocker les variables, car ils sont d'accès plus rapide que la RAM. Le Pico C-Super réclame la multiplication de 24 x 24 bits, suivie d'une division de 48 par 24 bits. Le code sera sensiblement plus compact si le résultat de la multiplication tient dans un jeu de 6 registres (A0-5) qui à son tour passe directement le dividende à la routine de division.

### Macros

Il est utile de forger sous forme de macros des instructions de chargement d'un format de 16 bits, car le jeu d'instructions de l'AVR en est dépourvu. Ainsi la macro LDIZ p. ex. (**listing 2**) charge-t-elle, en une seule ligne de code, une valeur sur 16 bits dans la paire de registres Z. Cette macro est répliquée pour les autres paires à 16 bits BC, DE, X et Y. Avec la macro DJNZ, la nostalgie est à son comble. Sortez les violons !

La programmation en assembleur devient barbant quand il faut répéter le même code avec des valeurs différentes. Pour rompre la monotonie, rien de tel que de judicieuses macros et routines. À titre d'exemple, Pico C-Super utilise une macro appelée WRNUM16 (**listing 3**), qui convertit un nombre binaire en valeur décimale prête à

être affichée sur un LCD. Cette unique ligne de programme, une fois compilée, se transforme en plusieurs lignes de code assembleur, chacune pouvant à son tour appeler différents sous-programmes. Cette façon de programmer produit un code clair et compact, qui tire parti de la flexibilité des registres AVR et de l'assembleur Macro d'Atmel.

### ISR (Interrupt service routine)

La mesure de la période est effectuée dans la routine d'interruption ISR (**listing 4**), à l'aide de T0 et T1 concaténés pour obtenir un comptage sur 24 bits, cadencé à 20 MHz. L'interruption est déclenchée sur front montant, ce qui fait que l'intervalle de temps entre les interruptions équivaut à la période de INT0. L'ISR doit amorcer le processus de comptage puis l'arrêter après un nombre déterminé de périodes. Pour cela, on compte avec la variable `icnt` le nombre d'interruptions déclenchées. Cette variable est mise à zéro dans le programme principal juste avant la validation des interruptions. Ce point de départ indique à l'ISR que la prochaine interruption démarrera le comptage. L'ISR compare la valeur d'`icnt` au nombre de périodes à mesurer en utilisant le registre C, et arrête le comptage quand la cible est atteinte, mais continue d'incrémenter la variable `icnt`. Pendant ce temps, le programme principal tourne dans une boucle qu'il ne peut quitter tant que `icnt` n'a pas atteint la valeur [cible+1] dans le registre D. Comme le programme principal n'affecte aucun des registres utilisés par l'ISR, excepté le registre d'état et la variable `icnt`, l'ISR se contente de sauvegarder et de restaurer le registre d'état. Cet ISR (`Int_sub`) est utilisé pour les deux interruptions INT0 et INT1, respectivement utilisées pour les mesures de période externe et de capacité.

Comme les routines de calcul travaillent sur 24 bits, pour éviter toute erreur de calcul, le compteur ne doit surtout jamais déborder. Or détecter un débordement n'est pas évident car le format de la paire de compteurs T0/T1 (OC0B inclus) est de 25 bits. Pour surveiller le dépassement, je combine une routine d'interruption conventionnelle (`ovf_sub`), qui vérifie le bit 26, à une vérification du bit 25 par rotation et test de retenue, dans la routine `MeasB`. Les routines de calcul principales sont la multiplication 24 x 24 bits et la division 48 par 24 bits. Elles sont dérivées des versions à 16 bits de la notice AVR200 d'Atmel et correspondent aux versions

#### Listing 1. Extrait du fichier de définition des registres dans le style du Z80.

```
.DEF A=r16
.DEF B=r20
.DEF C=r21
.DEF D=r22
.DEF E=r23
.DEF H=r24
.DEF L=r25
.DEF G=r28 ;this one is special for Pico Super
```

#### Listing 2. Exemples d'extensions pour instructions AVR.

```
.MACRO LDIZ ;value to load
    LDI ZH,high(@0)
    LDI ZL,low(@0)
.ENDM

.MACRO DJNZ ;Z80 decrement and jump not zero
    DEC B
    BRNE @0 ;jumps to label @0
.ENDM
```

#### Listing 3. Conversion binaire / décimale et formatage pour affichage sur LCD.

```
.MACRO WRNUM16 ;position,predep,postdp. 16 bit variable in HL
    RCALL CNV5B ;convert to BCD
    LDI A,@0 ;LCD position
    LDI B,@1 ;digits before decimal point
    LDI C,@2 ;digits after decimal point
    RCALL wrnumb ;display it
.ENDM
```

#### Listing 4. [ISR] pour la mesure de temps.

```
;Note 'C' is used to control number of Periods to be timed
Int_sub: IN A,SREG ;save SREG
        PUSH A
        TST icnt ;if icnt=0 use int to start count
        BREQ i0strt
        CP icnt,C ;else check for end of count
        BRCS Int0x
        STOP_COUNT ;is end of count
        RJMP Int0x
i0strt: NOP ;keeps start and stop
timing equal
        NOP
        START_COUNT ;If icnt=0

Int0x: INC icnt ;bump count and exit
        POP A ;restore SREG
        OUT SREG,A
        RETI
```

webinaire Elektor/element14

## Inside & Behind Pico C-Super

19 avril 2012 à 16h00

inscription : [www.elektor.com/webinars](http://www.elektor.com/webinars)

binaires des divisions et multiplications longues apprises à l'école. Il a fallu bricoler la routine de division d'*Atmel* pour qu'elle marche correctement même quand le bit de poids fort du diviseur est à 1.

### Tables

Le logiciel fait un usage intensif de tables, autant pour la sélection du multiplicateur que pour configurer T1 dans le mode générateur de signal et afficher la fréquence correspondante. Comme ces tables sont du type à enregistrements de longueur fixe, un simple calcul permet de trouver le début d'un enregistrement (*gtbcd*). Comme les contrôleurs ATtiny ne connaissent pas d'instruction de multiplication, on contourne le problème en répétant des additions. La structure des enregistrements est libre. On utilise p. ex. un enregistrement de 6 octets pour spécifier la fréquence du signal de sortie. Le premier octet contient les bits qui représentent le facteur de division du temporisateur T1, les deux octets suivants servent à stocker les paramètres pour OCR1, les deux suivants composent la valeur binaire de la fréquence à afficher au format décimal sur l'écran LCD, et le dernier octet a pour valeur le code ASCII du caractère affiché devant le texte «Hz». La macro *GET\_RECORD* facilite l'accès à la table. La sélection du mode fait également usage d'une table qui contient l'adresse du message à afficher et l'adresse du sous-programme qui doit être exécuté lorsque l'utilisateur choisit un mode donné. Excellente occasion pour utiliser l'instruction de saut indirect *IJMP* que je ne pratique guère en temps normal.

### Routines

Je ne pratique pas la sauvegarde contextuelle des registres au début et leur restauration à la fin de mes routines. Cela me permet de raccourcir mes sous-programmes et de gagner du temps, mais cela me contraint aussi parfois à faire ces opérations de sauvegarde et de restauration dans le programme principal. Pour éviter les conflits et la corruption des registres par les sous-programmes qui ne les sauvegardent pas, on peut stocker les variables en SRAM plutôt que dans les registres, ou alors utiliser d'autres registres que ceux qui sont affectés par les routines.

### Options Classic/Super

Le programme peut fonctionner avec les deux versions matérielles (ancienne carte # 100823 et nouvelle carte # 110687). Pour cela il convient de donner la bonne valeur à la variable PB (*Published Board*), qui conditionne la partie de code à compiler pour la version matérielle concernée. Une autre directive conditionnelle permet d'utiliser l'ATtiny4313 pour profiter d'une palette d'options plus large pour le générateur de signal. Il faut bien sûr donner les bonnes valeurs à ces directives **avant** toute compilation.

### Bonus

En dégraissant le programme, j'ai éliminé assez de code inutile pour faire place à une nouvelle fonction. Il s'agit d'un générateur d'impulsions dont la largeur est comprise entre 1 et 64  $\mu$ s avec une résolu-

tion de 0,25  $\mu$ s (**fig. 1**). La structure de la table est précisée dans le code source (*ptab*). Cette fonction utilise un octet pour spécifier la largeur du segment ; codée sur 16 bits, elle aurait augmenté le choix de largeurs d'impulsion possibles, mais je soupçonne que la précision n'aurait pas été meilleure. Ceci reste à vérifier. En tout cas, ce bonus figure dans le code source disponible sur le site d'Elektor.

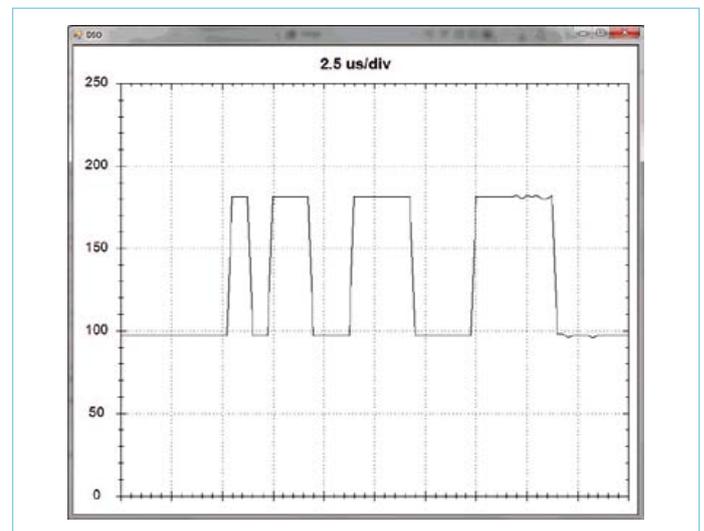


Figure 1. Suite d'impulsions 1-2-3-4- $\mu$ s visibles sur Piccolo DSO à 4 Msa.

### Compilation et AVR Studio 4

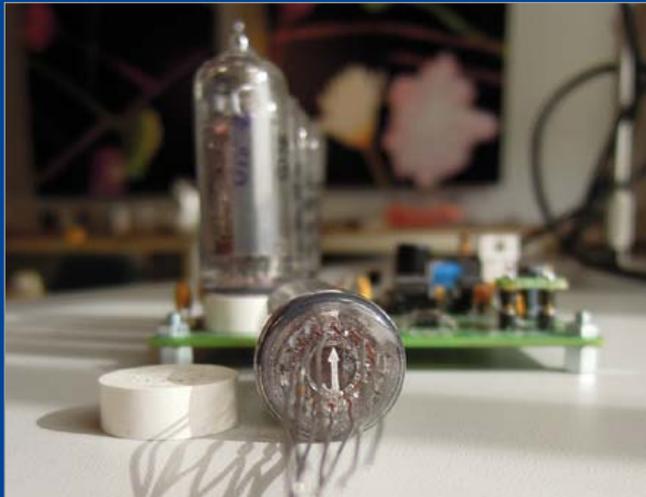
Au moment de la compilation, le programme requiert le fichier de définition des macros et des registres, inclus dans l'archive 110687-11.zip [2] [3]. Le programme a été écrit avec *Studio 4* d'*Atmel*, accessible gratuitement sur leur site Web [3]. La police *Courier* a été utilisée dans cet article pour les noms et labels [étiquettes] du code logiciel, afin de faciliter toute recherche dans *Studio 4* (Edit>Find).

(120237 - trad. Rémy Mallard)

### Liens :

- [1] [Pico C, Elektor avril 2011 www.elektor.fr/100823](http://www.elektor.fr/100823)
- [2] [Pico C-Plus & Pico C-Super, Elektor février 2012 www.elektor.fr/110687](http://www.elektor.fr/110687)
- [3] [www.elektor.fr/120237](http://www.elektor.fr/120237)
- [4] [www.atmel.com/tools/AVRSTUDIO4.aspx](http://www.atmel.com/tools/AVRSTUDIO4.aspx)

# implanter des tubes Nixie

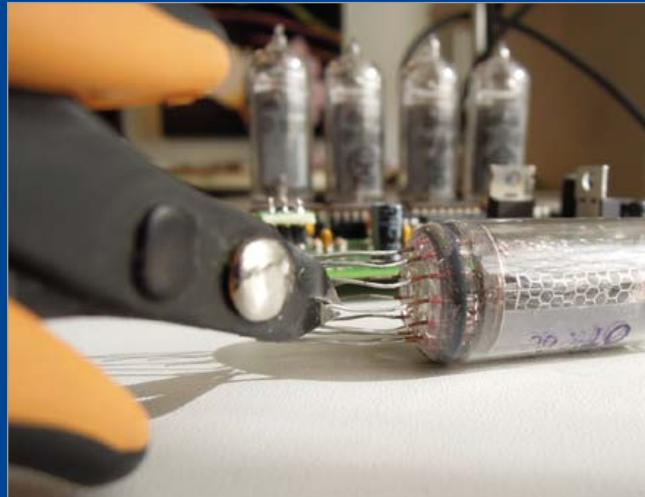


Thijs Beckers (Elektor)

Sauf imprévu, le mois prochain, Elektor publiera un projet de thermo-hygromètre à tubes Nixie. Oui, le regain d'intérêt dont jouissent ces antiquités ne fléchit décidément pas. On nous signale même qu'une autre antiquité, M. Steve Wozniak, cofondateur de la société *Apple*, exhibe volontiers sa montre-bracelet à tubes Nixie [1].

Le projet de thermo-hygromètre que vous découvrirez bientôt a bénéficié des soins attentifs du labo d'Elektor, en la personne de Luc Lemmens. Regardez les photos ci-dessus et ci-dessous : un novice aura un mal de chien à enfiler les longues pattes du tube toutes en même temps dans les trous du circuit imprimé. Si nous évoquons le problème ici, c'est bien évidemment pour vous faire profiter de la solution astucieuse utilisée par Luc.

Comme la *cathode* des tubes est repérée par une flèche sur le verre au bas du tube, il est recommandé, pour s'y retrouver, de commencer par apposer au feutre, sur le support-entretoise, ici de couleur blanche, un repère correspondant à la position de la



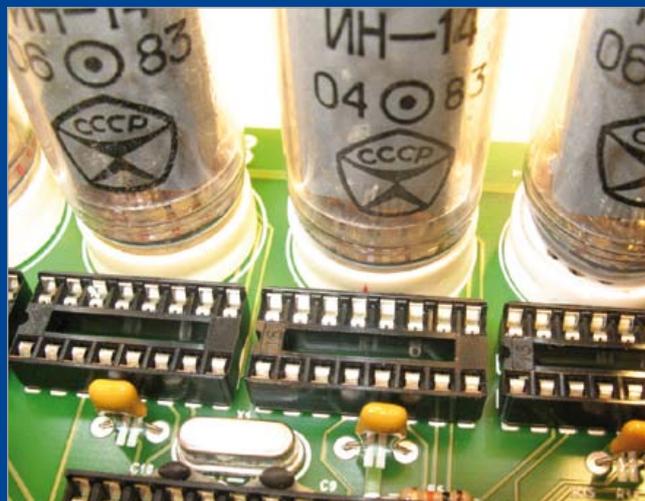
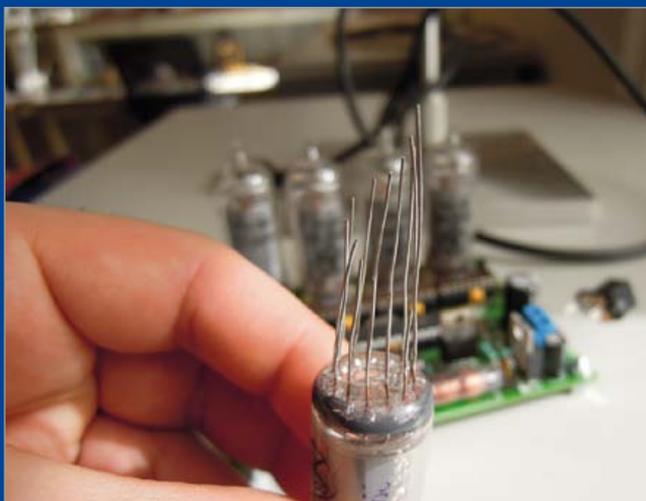
cathode. Un petit point rouge au feutre p. ex., juste assez gros pour qu'on ne puisse pas le rater, mais pas trop voyant quand même.

Et maintenant ça se corse. Coupons un des fils de connexion du tube à la bonne longueur pour monter le tube sur le circuit imprimé. Attention ! La bonne longueur, cela implique que vous preniez en compte l'épaisseur du support-entretoise à intercaler entre tube et circuit imprimé ! Coupons ensuite le fil suivant – celui de gauche ou de droite, peu importe, à condition de toujours progresser ensuite dans le même sens – mais en laissant cette fois 1 mm de fil de plus. Faites de même avec le fil suivant, en progressant dans le même sens et en laissant de nouveau 1 mm de plus. Quand vous aurez fait le tour du tube, chaque fil de connexion sera donc un peu plus long que le précédent. Ainsi préparés, les fils du tube sont beaucoup plus faciles à faire entrer dans les trous de l'entretoise et de la platine.

(120229)

Internet:

[1] <http://youtu.be/m4R3hODnTGo>



# la classe, pas la masse

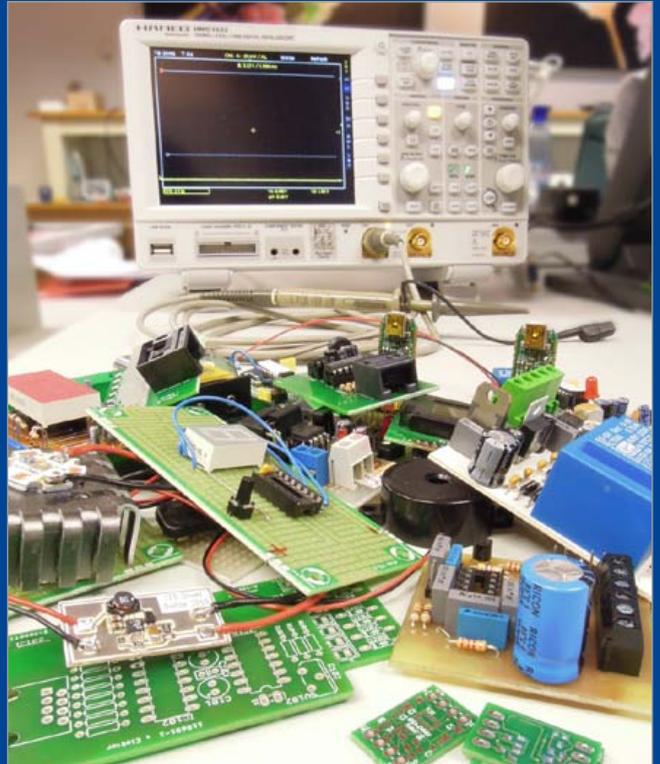
Thijs Beckers (Elektor)

Le mot d'ordre de la Rédaction pour la préparation de l'édition de juillet & août 2012 d'Elektor n'est ni la variété ni la quantité comme par le passé, mais la **qualité**. Nous avons relevé considérablement le niveau de nos exigences pour la sélection des articles. Comme ce n'est ni le nombre ni la diversité que nous visons, ce n'est pas un, ni deux, mais trois filtrages successifs que nous avons opérés. Le numéro double de cette année ne ressemblera pas aux précédents.

Ne fronchez pas les sourcils : ce changement sera mené dans la tradition de sérieux et de service aux lecteurs qui sont la marque de fabrique d'Elektor. L'accent ne sera pas mis sur la masse, mais sur **la classe**. Pour pouvoir vous présenter des études plus patiemment mûries et des circuits plus aboutis que dans les éditions précédentes du numéro hors-gabarit, nous avons concentré nos efforts sur une sélection des meilleures propositions. Celles-ci bénéficieront d'un traitement soigné afin d'anticiper sur toutes les questions, en fournissant un maximum d'information et de détails.

Le but est clairement défini, la route est droite, mais pfff, que la pente est raide... Toute notre équipe d'ingénieurs, de techniciens, d'auteurs, de rédacteurs et de dessinateurs est mobilisée. Cet été, lors de la grande migration estivale des *élektrons*, vous rechargerez vos batteries une fois de plus avec l'inépuisable énergie créatrice de la source Elektor.

(120305)



## test de transfo d'isolation

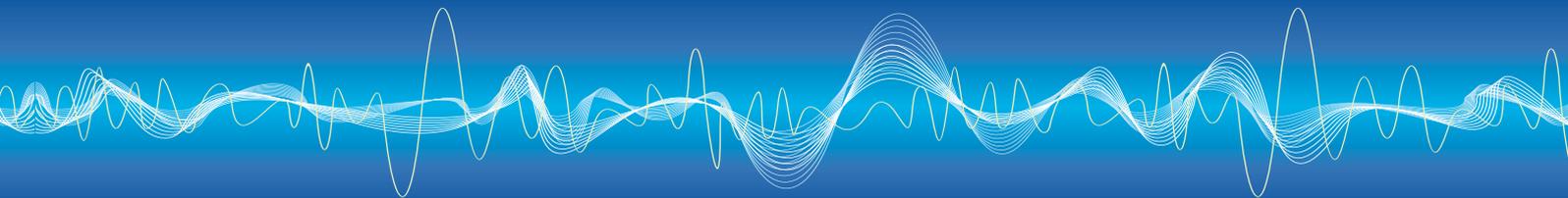
Raymond Vermeulen (Elektor)

J'ai déjà évoqué dans un autre article mes efforts d'isolation d'un circuit USB. Comparée à celle de certains collègues, mon expérience est encore modeste, mais je n'ai pas tardé à comprendre que d'isoler les lignes de données n'aurait de sens que si j'isolais aussi les lignes d'alimentation. Or comme l'USB est alimenté en continu, pas question d'utiliser un bon vieux transfo. J'ai opté pour un convertisseur indirect isolé (*flyback converter*) ou convertisseur continu/continu, qui fait d'ailleurs appel lui aussi à un transformateur, mais un petit. Celui que j'ai retenu porte la référence '750310471' chez Würth Elektronik [1] qui annonce 1850 V de tenue en tension pendant 1 s. Ce fabricant donne, par extrapolation, 1500 V de tenue en tension pendant 1 mn. Pour ce test, primaire et secondaire sont l'un et l'autre en court-circuit de sorte qu'il n'y circule aucun courant.

J'en suis fort aise, mais j'aimerais aussi savoir ce qui ça se passera(it) en cas de défaut. Par exemple si, d'un côté, un

court-circuit avait pour conséquence la présence, pendant des heures, voire des jours, de la tension alternative du réseau sur le transfo ? Dans sa documentation, le fabricant ne dit rien de tels essais. Mes vénérables collègues, nettement plus expérimentés





ne se mouillent pas, et m'ont recommandé, dans leur grande sagesse, de faire des essais moi-même.

Armé de fusibles et d'un autotransformateur variable (Variac), j'ai refait le test décrit par Würth (les deux parties court-circuitées chacune de son côté) avec 230 V dans les pattes pendant des heures. Test réussi.

Puisque j'y étais, j'ai refait l'essai en doublant pendant des

heures la tension appliquée au transfo toujours court-circuité. Là non plus il ne s'est rien passé. D'où je déduis que ce transformateur est le composant qu'il me faut pour mon circuit.

(120302)

Lien :

[1] [www.we-online.fr](http://www.we-online.fr)

# oscillations parasites

Thijs Beckers (Elektor)

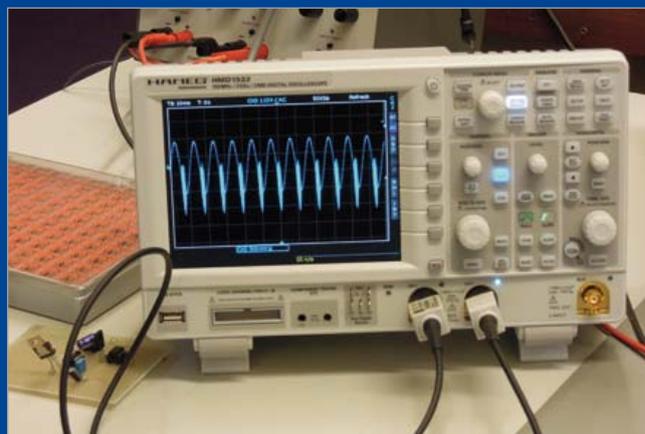
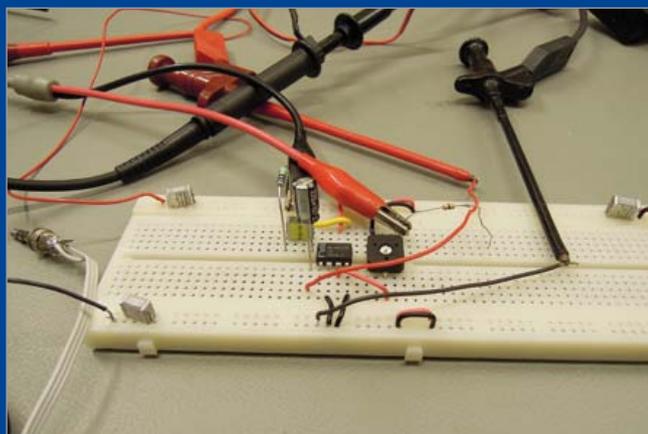
De nombreuses entreprises accueillent des stagiaires, issus, selon leur pays d'origine, de l'enseignement professionnel, de grandes écoles ou d'universités. Elles offrent ainsi aux jeunes gens l'occasion d'un contact rapproché avec le monde du travail ; parfois cette première expérience cantonne les malchanceux aux parages de la photocopieuse ou de la machine à café, mais le plus souvent elle ouvre aux impétrants de belles perspectives de développement personnel et professionnel. Chez Elektor, non seulement la tradition des stages est longue, mais fructueuse puisqu'il arrive régulièrement que des stagiaires deviennent employés. Notamment au laboratoire, lequel a même été dirigé pendant quelques années par un ancien stagiaire. En ce moment, nos deux dernières recrues, Koen Beckers et Jesper Raemaekers, partagent leur temps entre les projets imposés par leur établissement, les travaux demandés par Elektor, comme p. ex. les préparatifs du numéro double d'Elektor auquel ils contribuent avec enthousiasme, et bien sûr leurs propres créations.

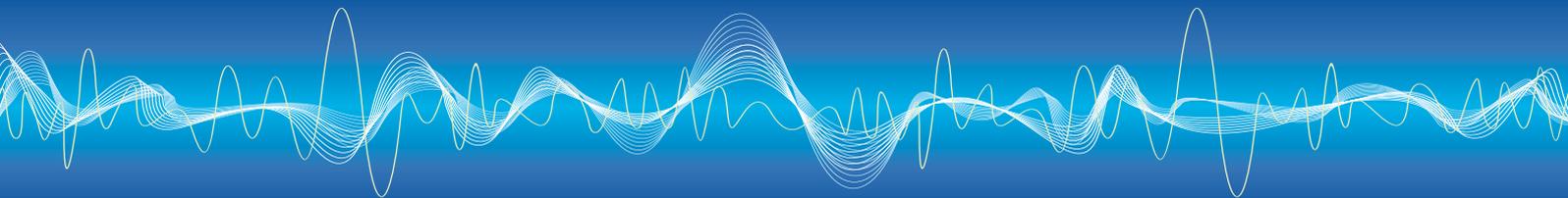
Koen & Jesper déplorent le faible niveau de la sortie pour casque d'écoute de leur ordinateur portable. Ces jeunes gens, qui ne quittent pratiquement pas leurs écouteurs de la journée, ont imaginé construire un ampli audio plus pêchu, de la taille d'une clé USB, autour d'un LM386. Leur premier prototype assemblé sur une plaque d'essais à contacts semblait fonctionner. Du moins à l'oreille... mais à l'oscilloscope, il leur a fallu se rendre à l'évidence : le circuit oscille.

Et nos apprentis électroniciens de se prendre la tête, sans parvenir à identifier la cause de ces parasites.



Passé un vétéran du labo, Ton Giesberts, pour qui aucun circuit audio n'a de secret. D'ailleurs Ton n'a même pas eu à regarder l'ampli de près, il lui a suffi de remarquer sur quoi il était monté pour comprendre de quoi souffrait ce montage : les plaques





d'essai à contacts sans soudure sont en fait des nids de capacités parasites. Ce n'est pas pour rien que pendant l'ère analogique de l'électronique, ces plaques étaient très mal vues dans les labo d'électronique (et même totalement proscrites chez Elektor). Ton a donc proposé à ses deux jeunes collègues

de monter un deuxième prototype, sans rien changer, mais en soudant les composants sur une plaque d'essais à pastilles. Et là, miracle, plus l'ombre d'une oscillation parasite. Respect l'ancien.

(120334)

## LCR-mètre ?

Thijs Beckers (Elektor)

Chaud devant ! Atteintement au labo autour d'Antoine Authier qui vient de débiller un prototype reçu d'un lecteur français « en vue d'une prochaine publication » : un LCR-mètre impeccablement présenté, sans afficheur, mais relié à un ordinateur par l'USB pour afficher les mesures. Déjà le logiciel donne les premiers résultats : silence général d'abord, puis soupirs de stupeur dans l'assistance. Nos lecteurs les plus fidèles savent que la mesure de LCR, c'est un sujet que nous connaissons chez Elektor ; l'appareil entièrement analogique de notre collègue Hans Bonekamp, publié en mai 1997 (numéros 226, 227 et 228

d'Elektor), est resté non seulement dans les mémoires, mais aussi sur les paillasse de bien des labos où il continue de servir, y compris dans celui d'Elektor où il demeure LA référence. Ce nouvel appareil utilise la technique du pont équilibré, qui permet d'atteindre la plus grande précision possible. D'ailleurs, au vu de ses performances, les langues se délient, les superlatifs fusent ! Cocorico. Antoine pense que cette proposition de publication a donc toutes les chances d'aboutir (*litote*). Nous comptons sur lui pour en faire un excellent article. Autonomie oblige, l'auteur travaille déjà sur une version avec afficheur. D'autres idées d'amélioration(s) sont en discussion. Patience s'il vous plaît !

(120331)



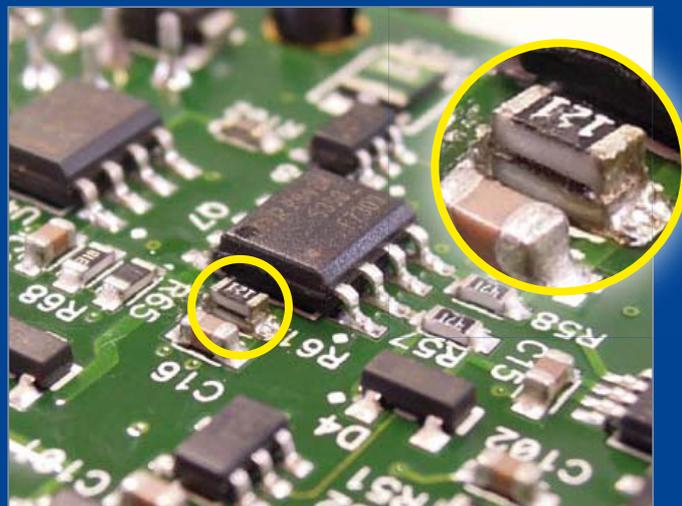
## résistances à califourchon

Thijs Beckers (Elektor)

Sous le titre *Débogueur débogué*, nous expliquions dans le numéro de janvier 2012 d'Elektor comment améliorer le débogueur en circuit ICD3 de *Microchip* pour éviter certaines embrouilles. L'intervention assez laborieuse consistait à des-souder deux résistances CMS de 1 k $\Omega$  pour les remplacer par des 100  $\Omega$ .

Wim Sanders, un lecteur attentif, nous a soufflé un truc qui facilite l'opération : ne pas toucher aux résistances de 1 k $\Omega$ , mais souder une résistance de 100  $\Omega$  en parallèle. Wim adore rigoler, il appelle ça *le sac à dos de pique-nique*, parce que c'est léger. La mise en parallèle des résistances de 100  $\Omega$  et 1 k $\Omega$  ne nous fait dévier que de 10% par rapport à la valeur souhaitée, ce qui n'est pas critique. Astuce précieuse : elle nous rappelle à bon escient qu'il est parfois plus commode de rajouter des composants que d'en supprimer !

(120326)



# Four eC-reflow-mate



➔ Four à refusion professionnel, sans concession, pour des platines parfaites

Voici l'appareil idéal pour la réalisation de vos prototypes ou de petites séries de circuits imprimés à CMS. Son généreux espace de chauffe permet d'enfourner plusieurs platines en même temps. Deux capteurs embarqués et des tubes à rayonnement infrarouge de conception spéciale garantissent une chaleur constante et sa répartition uniforme.

Un capteur supplémentaire mesurera la température directement à la surface de la platine ou sur l'un de ses composants. Fourni d'origine avec 5 profils de chauffe préprogrammés, le système s'adapte aisément à vos besoins.

Tout au long du brasage, grâce au logiciel de commande associé au four, vous suivrez avec précision la courbe de température sur chacun des capteurs. Vous créez au besoin vos propres profils ou modifierez ceux qui existent : pour changer le minutage et la température sur l'écran, il suffira de déplacer à la souris les points d'inflexion. À travers la façade vitrée, vous pouvez surveiller la refusion.

La construction de l'eC-reflow-mate est particulièrement robuste.

L'isolation thermique confine la chaleur dans l'enceinte.

La commande du tiroir, monté sur roulements, est électrique.



#### Spécifications techniques :

- Tension d'alimentation : 230 V/50 Hz
- Puissance : 3500 W
- Poids : environ 29 kg
- Dimensions : 620 x 245 x 520 mm (l x h x p)
- Système de chauffe : rayonnement IR & air chaud
- Commande directe sur le four par boutons de menu et écran LCD
- Commande à distance par liaison USB et logiciel sur PC
- Gamme de températures : 25 à 300 °C
- Dimensions : 400 x 285 mm
- Nombre de capteurs de t° : 2 internes & 1 externe (fournis)
- Langues du menu : anglais, français, allemand, italien, néerlandais, hongrois

#### Particularités :

- Répartition optimale de chaleur par lampes IR spéciales
- Ouverture automatique en fin de processus
- Face avant en verre pour une vision parfaite

Réf. : 100447-91

Prix : 2984,00 € TTC (frais de port en sus)

Informations complémentaires et commandes :

[www.elektor.fr/reflow-mate](http://www.elektor.fr/reflow-mate)

# Platino sous la baguette de LabVIEW (1)

Vous ne savez ou ne voulez pas savoir programmer ? *Arduino* et *LabVIEW* sont donc faits pour vous ! Complètement différentes au premier coup d'œil, ces deux plateformes ont été conçues pour le développement rapide d'applications, sans prise de tête avec Sainte-Axe ni procédures à l'aspirine. Dans l'un et l'autre environnements, le recyclage de travaux antérieurs joue un rôle important.

Clemens Valens (Pluneret)

À l'exception peut-être de leur succès, ils n'ont pas grand-chose en commun : *LabVIEW* (LV) est graphique, *Arduino* utilise du texte ; LV est commercial et fermé, *Arduino* est gratuit et ouvert ; le succès de LV est orchestré par une entreprise d'envergure mondiale, *Arduino* a été simplement donné à la communauté des électroniciens en ligne. Il y a autre chose que LV et *Arduino* ont en commun : ils prospèrent en milieu académique, dans les écoles et universités. Il n'est donc pas surprenant qu'ils se soient rencontrés lorsque *National Instruments* (NI) a présenté en 2011 son **interface LV pour Arduino** (LVIFA ou LIFA). Elle permet une commande facile du matériel depuis LV, mais sans siphonner votre compte bancaire. Il a toujours été possible de commander, depuis LV, du matériel personnel et bon marché, mais cela requiert une expérience que beaucoup d'utilisateurs n'ont pas. LIFA résout ce problème en fournissant un protocole sériel simple pour communiquer avec un matériel externe. Même si LIFA a été prévue pour *Arduino*, il n'y a pas de raison de se contenter de ça. Quiconque sera capable d'implémenter le protocole dans le matériel de son choix pourra utiliser cette bibliothèque.

LIFA est disponible sous la forme d'une bibliothèque gratuite, à code source ouvert, contenant un bon nombre de fonctions type *Arduino*. Des E/S analogiques et numériques sont disponibles, tout comme les communications SPI et I<sup>2</sup>C. Les possibilités de commande de servos et moteurs pas-à-pas offertes par LIFA attestent une orientation vers la robotique, mais *LabView*, c'est d'abord l'acquisition de données comme le prouve la fonction d'échantillonnage continu jusqu'à environ 5 kHz. La rédaction de cet article coïncide avec la publication d'une pré-version de LIFA 2.0.

NI a fait du bon travail en facilitant l'accès à *Arduino* pour les utilisateurs de LV. Malheureusement, ils semblent avoir oublié de faciliter l'accès à LV pour les utilisateurs d'*Arduino*. La plupart des fonctions LIFA sont illustrées par des exemples d'utilisation, mais je regrette l'absence du paradigmatique clignotement de LED ; pour l'utilisateur moyen de LV, cet exercice sera trivial, mais l'utilisateur moyen d'*Arduino*, attiré par la puissance de LV, lui sera bien embêté.

Je vais maintenant vous montrer comment démarrer avec LIFA et LV, en supposant que vous êtes à l'aise avec *Arduino*, et nous commencerons par faire clignoter une LED. Puis nous plongerons dans la modification de fonctions existantes, suivie par la création de nos propres fonctions, pour enfin ajouter à notre *Arduino* du matériel commandé depuis LV. Pour couronner le tout, nous ajouterons

des variables partagées, surveillées sans fil depuis n'importe quel endroit du globe sur un iPad ou une tablette Android.

Notre plateforme matérielle sera *Platino*, compatible avec *Arduino*, mais munie de périphériques embarqués ; vous n'aurez rien à relier. Les exemples présentés ici fonctionneront aussi avec un *Arduino* standard, une fois adjoints les bons périphériques (buzzer, LCD, codeur rotatif).

## LIFA

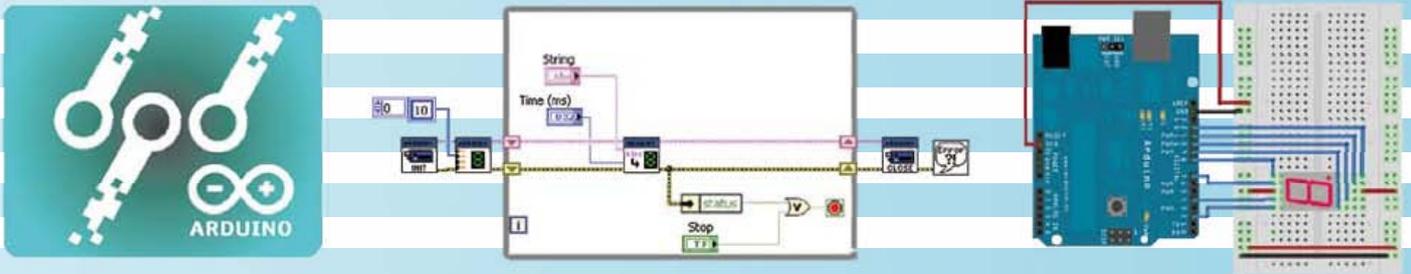
Lisez bien ce qui suit : LIFA n'est pas *LabVIEW sur Arduino*, c'est *LabVIEW avec Arduino*. Il est important de comprendre cette différence pour éviter les frustrations. LIFA est une manière de commander du matériel externe depuis LV. Elle comprend trois parties : un interpréteur de commandes sur la carte *Arduino*, un protocole de communication série et une bibliothèque de fonctions LV pour commander la carte. Avec LIFA, vous pourrez utiliser *Arduino* pour interagir avec le monde réel sous le contrôle de LV. Sans LV, cela ne fonctionnera pas. [Racllements de gorge] Bon d'accord, la dernière phrase n'est pas tout à fait vraie ; vous pouvez bien sûr implémenter le protocole LIFA dans un autre programme, écrit p. ex. en *Visual Basic* ou *Qt*, et l'utiliser pour commander l'*Arduino*. Nous comprenons que l'*Arduino* n'est qu'un périphérique esclave qui ne fera rien sans en avoir reçu l'ordre.

Pour utiliser LIFA, il faudra commencer par installer *LabVIEW* (j'ai utilisé la version 2011), puis NI-VISA (*Virtual Instrument Software Architecture*, si ce n'est pas déjà fait) qui permettra à LV de dialoguer via un port série (et plus) et enfin LIFA (version 2.1.0.69 au moment de l'écriture, il faut la version 2 ou plus pour utiliser *Arduino* 1.0). Vous êtes censés le faire en dernier à l'aide du *VI Package Manager*. Il s'agit de gros fichiers dont l'installation prendra du temps.

L'installation terminée (je suppose que vous vous débrouillez pour *Arduino* 1.0) il vous faudra charger le *sketch* LIFA dans la carte *Arduino*. Vous le trouverez dans 'vi.lib\LabVIEW Interface for Arduino\Firmware\LVIFA\_Base\'. Chargez le fichier LVIFA\_Base.pde dans l'EDI *Arduino* et téléchargez-le sur la carte.

Des problèmes peuvent surgir si votre carte ne comporte pas 32 Ko ou plus de mémoire flash. Pas de problème avec l'*Arduino Uno* ou *Mega*, mais les cartes plus vieilles à base d'ATmega168 ne conviendront pas. Ceci est dû à la présence d'une bibliothèque pour moteurs pas-à-pas de 5 Ko, incluse dans le *sketch*. Vous pourrez la désactiver en commentant une ligne du fichier *LabVIEWInterface.h*. Parmi les problèmes qui vous attendent si vous utilisez une carte

# LIFA, une interface *LabVIEW* pour *Arduino*



*Arduino* non standard, ex. *Platino* avec un ATmega164(P), il y a les erreurs de compilation déclenchées par la bibliothèque pour moteurs pas-à-pas, incompatible avec ce micro. Pour s'en prémunir, il vous faudra renommer ou effacer les fichiers CPP afin qu'ils ne soient pas compilés. Sans le support pour les moteurs pas-à-pas et sans compiler les fichiers CPP, le *sketch* LIFA rentrera aussi dans les micros dotés de 16 Ko de mémoire.

Une fois que LIFA tourne sur l'*Arduino*, vous souhaiterez sans doute voir comment elle fonctionne. Lancez LabVIEW, cliquez sur Find Examples dans la fenêtre principale, sélectionnez l'onglet Search, cherchez *Arduino* et vous découvrirez qu'aucun des exemples ne peut tourner sans matériel supplémentaire... Eh oui ; ils ont oublié d'ajouter un exemple pour faire clignoter la LED *Arduino*. Pfff !

Pour réparer cette omission, je vais vous montrer comment le faire vous-même.

## Hello World avec une LED virtuelle

La programmation dans LV est très différente de la programmation avec *Arduino*. LV est graphique, plutôt dessiné qu'écrit. 99% du peu que vous aurez à taper dans LV seront pour les constantes, les commentaires et la documentation. Avec *Arduino*, un programme est appelé *sketch*, LV parle d'instrument virtuel (*virtual instrument* ou VI), car il est issu du monde des tests et mesures où dominent les appareils de mesure (*instrument* en anglais).

Les fonctions sont représentées par des blocs, les flux de données par les fils qui les relient. Les couleurs des fils indiquent le type des données transportées. LV ne vous laissera jamais mélanger accidentellement des fils de couleur différente. Si vous oubliez de relier une entrée de fonction importante, LV ne vous laissera pas exécuter le VI. Débutant avec LV, j'ai visé la simplicité : en bon amateur de microcontrôleurs, j'ai donc voulu faire clignoter une LED. Cela peut se faire facilement : LV inclut des LED. Clignotement imminent.

Sélectionnez Blank VI dans la fenêtre principale de LV. Deux fenêtres vont s'ouvrir, l'une estampillée *Block Diagram*, l'autre *Front Panel*. Le dessin se fera dans *Block Diagram* ; la LED apparaîtra dans *Front Panel*. Cliquez quelque part dans *Block Diagram* avec le bouton droit de votre souris afin de faire apparaître le menu des fonctions. Cliquez sur la flèche dirigée vers le bas pour le dérouler (fig. 1).

Pour faire clignoter une LED de manière continue, j'ai choisi d'utiliser une boucle *while* infinie avec un délai. Vous trouverez ça dans la palette Programming -> Structures. Dans LV aussi, il y a bien sûr bien des moyens d'arriver à ses fins. Une autre possibilité aurait

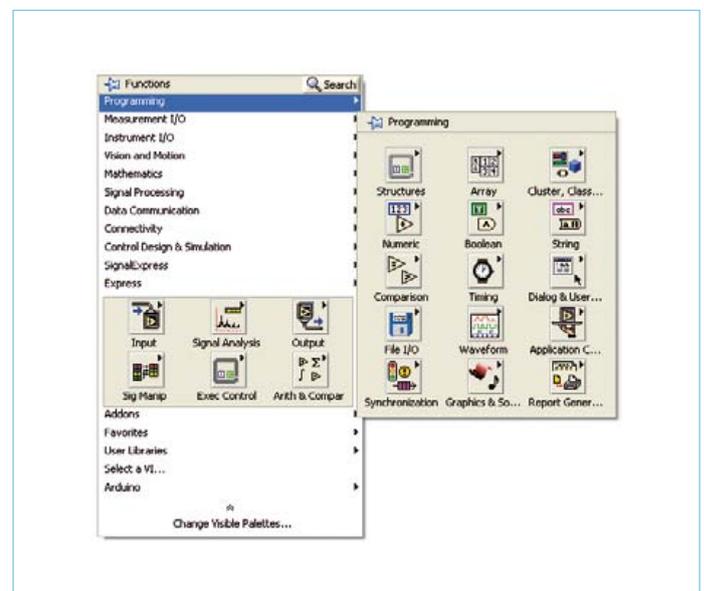
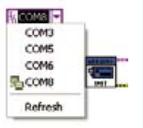


Figure 1. Le menu contextuel des fonctions. Cliquez sur le bouton Search pour trouver rapidement une fonction enfouie dans les sous-menus.

## Le bouton droit de la souris

Pour le novice LV, une des difficultés est de trouver les fonctions. Elles sont groupées en palettes, mais il y en a tellement qu'elles ne sont pas faciles à trouver, surtout celles dont vous n'imaginiez même pas l'existence. LV offre une solution puissante à ce problème : le clic droit. Quand vous êtes perdu, cliquez sur le bouton droit et LV affichera un menu contextuel contenant les entrées qui correspondent le mieux à la situation dans laquelle vous vous trouvez. Besoin d'une fonction ? Cliquez avec le bouton droit et jetez un oeil aux palettes. Besoin d'un type de données ? Clic droit et LV le crée pour vous. Pareil pour les commandes, indicateurs, options avancées d'édition, ou autre : cela se trouvera probablement dans le menu contextuel, juste sous vos yeux.

## Pas de « abort »



Lors du développement d'une application dans LV, vous serez souvent tenté d'interrompre l'exécution du VI sur lequel vous travaillez, à l'aide du bouton avec le point rouge. Dans l'ensemble, cela ne posera pas de problème, mais si vous utilisez des ports série, ça pourra coïncider.

Dans LV, il importe de fermer proprement les connexions sérielles afin d'empêcher que la communication entre le VI et votre carte ne parte en vrille. Si vous avez de la chance, vous pourrez apercevoir un message Error 5002, sinon cela ne marchera tout simplement pas. Cela se produit le plus souvent lorsque le VI ne passe pas par le sous-VI *Arduino Close* à cause d'une action sur le bouton *abort*. C'est très ennuyeux lorsque l'on travaille en même temps sur du code *Arduino* et LV pour fignoler son application ; car, dès lors, on ne peut plus charger aucun code sur l'*Arduino*, le port série sera déjà en utilisation.

Dans LV, on peut voir qu'un port est ouvert (ou n'a pas été fermé) lorsqu'il y a une petite icône devant le port COM à l'ouverture du menu déroulant (voir la capture d'écran). Pour se sortir de cette situation, il faut quitter *LabVIEW* ou trouver un autre moyen de fermer le port. Si votre VI incorpore un sous-VI *Close*, vous pouvez le redémarrer et guider son fonctionnement pour atteindre le sous-VI *Close* et récupérer le port série. Par conséquent, il faut toujours s'assurer de sortir des boucles infinies pour fermer votre VI correctement. Ajoutez un bouton *Stop* si nécessaire.

N'utilisez pas le bouton *Abort*.

été d'utiliser une boucle temporisée que l'on trouve dans la palette *Programming* -> *Structures* -> *Timed Structures*, mais cela a l'air moins facile. Pour rendre la boucle infinie, nous devons régler sa *Loop Condition* (le carré avec le point rouge dans le coin inférieur droit de la boucle) sur *False*. Placez votre souris sur le carré de manière à ce que son côté gauche commence à clignoter (le curseur de souris se transforme en une petite bobine de fil), puis cliquez sur le bouton droit (voir l'encart) et sélectionnez *Create Constant* depuis le menu qui apparaît. Un carré vert contenant un F(alse) est créé, ce qui veut dire que la boucle sera infinie. Vous remarquerez la ligne verte en pointillés entre les deux carrés ; elle indique un flux de données booléennes.

Depuis la palette *Programming* -> *Timing*, j'ai choisi le bloc *Wait Until Next ms Multiple* afin de ralentir la boucle. Il faudra le disposer à l'intérieur de la boucle. Survolez maintenant la gauche du bloc de temporisation avec le curseur de la souris afin de trouver l'entrée *millisecond multiple*. Lorsque celle-ci apparaît, utilisez le bouton droit de la souris pour faire apparaître le menu contextuel puis sélectionnez *Create* -> *Constant* (Figure 2 ; c'est un peu différent du réglage de la *Loop Condition*). Vous aurez maintenant un petit rectangle bordé de bleu et contenant un zéro. Changez le zéro pour, disons, 250. Cela signifie que la boucle sera exécutée toutes les 250 ms.

Passons aux choses difficiles : la commutation de la LED. Encore une fois, plusieurs techniques pourront être utilisées ; j'ai choisi d'utiliser la boîte *Loop Iteration*, le petit carré bleu dans le coin inférieur gauche de la boucle. La valeur de cette boîte est incrémentée à chaque exécution de la boucle. Si l'on teste en permanence la parité de cette valeur, on se retrouve avec un résultat qui alterne. Rien de plus facile avec un nombre en binaire : il suffit de tester le bit de poids faible. Nous utiliserons un ET logique (dans la palette *Programming* -> *Boolean*) avec la valeur constante 1. Reliez d'abord une des entrées de la porte ET au compteur de boucle afin de changer le type de données de la porte de *Boolean* à *Integer*, puis créez la constante 1 en cliquant avec le bouton droit sur l'autre entrée de la porte. L'ordre est important ici. Supposez que vous ayez créé la constante d'abord, vous auriez obtenu un *Boolean* sur lequel on ne peut pas faire un ET avec un entier, entraînant le refus de LV de relier l'autre entrée de la porte ET au compteur de boucle.

Le résultat du ET logique est maintenant aussi un entier et devra être converti en *Boolean* avant de pouvoir être relié à une LED. Nous pourrons le faire avec une fonction *Greater?* de la palette *Programming* -> *Comparison*. Si vous la disposez suffisam-

ment près de la porte ET, LV fera la connexion tout seul. Reliez une constante de zéro sur l'autre entrée de la fonction de comparaison. La sortie de la fonction *Greater?* est un *Boolean* que nous pourrions relier à une LED. Cliquez du droit sur la sortie, sélectionnez *Create* -> *Indicator* et une LED apparaîtra à la fois dans *Block Diagram* et *Front Panel* (utilisez Ctrl-E pour passer rapidement d'une de ces fenêtres à l'autre).

Et voilà ; notre *LV Hello World blinking LED VI* est maintenant prêt (fig. 3). Cliquez sur le bouton *Run* dans l'une des deux fenêtres pour voir la LED clignoter à 2 Hz. Pour l'arrêter, utilisez le bouton *Abort* (voir l'encart).

Pour fignoler, vous pouvez améliorer l'aspect de votre VI en déplaçant les blocs, ou vous pouvez laisser LV le faire pour vous en utilisant la fonction *Clean Up Selection* (cliquez sur le bouton avec un balai dans le menu *Edit*, ou faites Ctrl-U). Une fois fini, sauvegardez.

### Avec une vraie LED

Maintenant que vous avez une idée de la manière dont la programmation se fait avec LV, étendons notre exemple *Hello World* jusqu'au matériel, c'est-à-dire que nous ferons clignoter une LED sur l'*Arduino* plutôt qu'une LED LV. La LED utilisée sera celle reliée à l'E/S numérique 13 (*Arduinospeak*) connue aussi comme la broche 5 du port B (PB5). La manière de faire dans LV ressemble de près à celle utilisée avec un *sketch Arduino*. Il faut sélectionner la carte et le port série, configurer l'E/S numérique 13 en sortie (*setup*) et la faire basculer (*loop*). Avec LV, il y aura une étape supplémentaire à la fin, étant donné qu'il faudra fermer le port série.

Cela se fait comme suit dans le VI :

### Préparation de l'Arduino

Prenez un bloc *Init* depuis la palette *Arduino* (fig. 4) et disposez-le à gauche de la boucle dans le diagramme en blocs. Survolez ses entrées avec la souris, vous remarquerez qu'elle ont toutes des valeurs par défaut (valeurs entre parenthèses) sauf pour *VISA resource* et l'entrée *error*. Cette dernière peut ne pas être reliée à quelque chose, mais pas la première sur laquelle vous cliquerez donc pour créer une constante. Elle sera choisie dans le menu déroulant depuis lequel vous sélectionnerez le port série utilisé par la carte *Arduino*. Les autres entrées peuvent conserver leurs valeurs par défaut, même si vous utilisez un *Arduino Mega*.

**Arduino setup**

Prenez un bloc Set Digital Pin Mode depuis la palette Arduino -> Low Level et disposez-le entre le bloc Init et la boucle. Reliez les pattes roses Arduino Resource des deux blocs ainsi que la sortie error du bloc Init à l'entrée error du bloc Set Digital Pin Mode. Créez une constante sur l'entrée Digital I/O Pin et donnez-lui la valeur 13. Créez une autre constante sur l'entrée Pin Mode et choisissez la valeur output.

**Arduino loop**

Prenez un bloc Digital Write Pin depuis la palette Arduino -> Low Level et disposez-le à l'intérieur de la boucle. Reliez les pattes Arduino Resource et error visibles à gauche à leurs équivalents du côté droit du bloc Set Digital Pin Mode. Reliez l'entrée Digital I/O Pin à la constante de numéro de broche (13) créée durant l'étape précédente. Reliez l'entrée Value à la sortie de la porte ET.

**LabVIEW demande une étape de plus**

Prenez un bloc Close depuis la palette Arduino et disposez-le à droite de la boucle. Reliez les pattes Arduino Resource et error visibles à gauche à leurs équivalents du côté droit du bloc Set Digital Write Pin. Cliquez avec le bouton droit sur la patte error out puis choisissez un Simple Error Handler depuis l'entrée Dialog & User Interface Palette du menu contextuel. Si vous faites glisser ce bloc à droite du bloc Close, LV les reliera peut-être pour vous. Dans le cas contraire, il faudra le faire vous-même.

Enfin, cliquez avec le bouton droit sur le carré vert doté d'un F relié à la condition d'arrêt de la boucle et sélectionnez Change to Control depuis le menu contextuel. Cela créera sur Front Panel un poussoir qui vous permettra d'arrêter le VI de manière contrôlée (voir l'encart « Pas de abort »).

Votre VI devrait maintenant ressembler à la figure 5. Si votre diagramme en bloc est en bazar, c'est le moment d'en demander le nettoyage (Ctrl-U) puis de sauvegarder votre travail.

Lancez le VI. Si tout est correct, la LED sur la carte Arduino devrait commencer à clignoter à la même vitesse que celle sur votre écran. La vraie LED peut ne pas clignoter aussi régulièrement que son équivalent virtuel ; je pense que cela est dû aux contraintes de temps réel et aux problèmes USB de Windows, mais elle ne devrait pas clignoter plus ou moins vite.

Si la LED virtuelle clignote mais pas la vraie, vous avez probablement entré le mauvais port série pour la carte. Cliquez sur le bouton Stop et vous verrez probablement une erreur 5005 Unable to find Arduino. Cette erreur n'apparaît pas avant l'arrêt, puisque la boîte de dialogue est à la fin du VI. Si vous la reliez directement au bloc Init, vous verrez l'erreur plus tôt, mais vous en aurez aussi plus : les autres fonctions liées à Arduino en produisent aussi.

Dans la deuxième partie de cet article, nous entrerons dans les détails et nous mettrons les mains dans le cambouis pour de bon. Vous ne deviendrez peut-être pas l'expert LabVIEW dont rêvait votre maman, mais ferez plus ample connaissance avec LIFA.

(120208 – trad. Kévin PETIT)

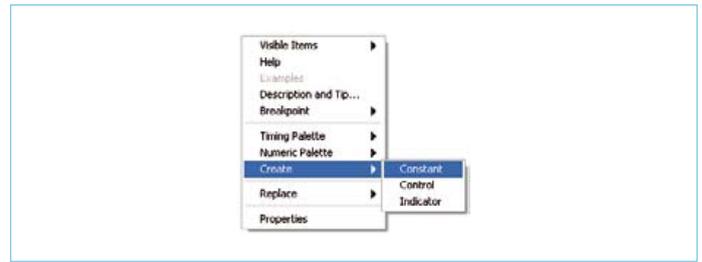


Figure 2. Exemple typique du menu contextuel qui apparaît lorsque vous cliquez avec le bouton droit sur une entrée ou sortie de fonction.

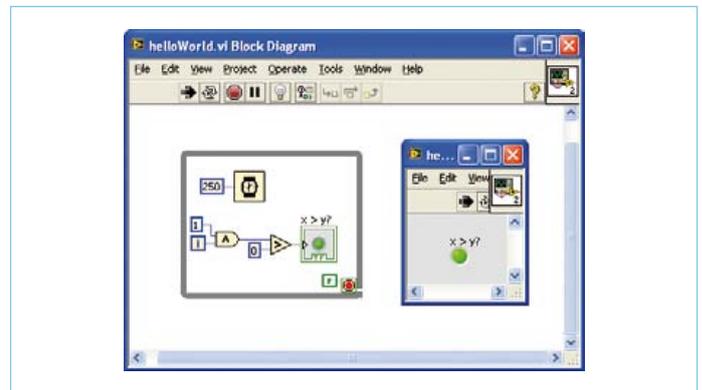


Figure 3. Mon premier Virtual Instrument, ou comment faire clignoter une LED virtuelle à 2 Hz en utilisant LabVIEW. La petite fenêtre avec l'arrière-plan gris est le Front Panel qui contient la LED.

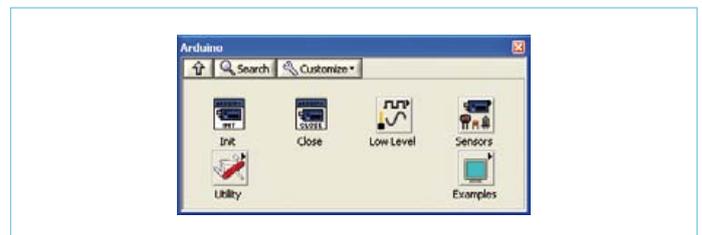


Figure 4. La palette de fonctions Arduino, vue depuis le Block Diagram. Les carrés en relief dotés d'un triangle noir mènent à des sous-palettes et des exemples.

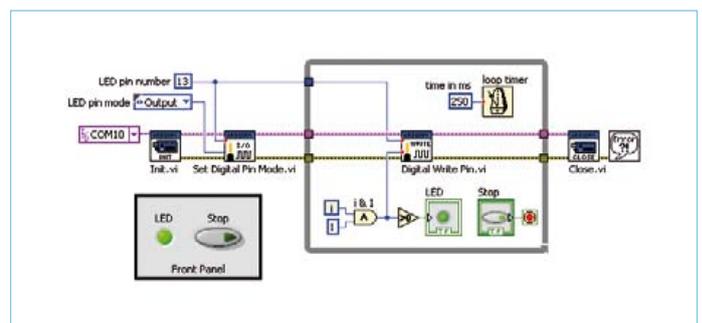
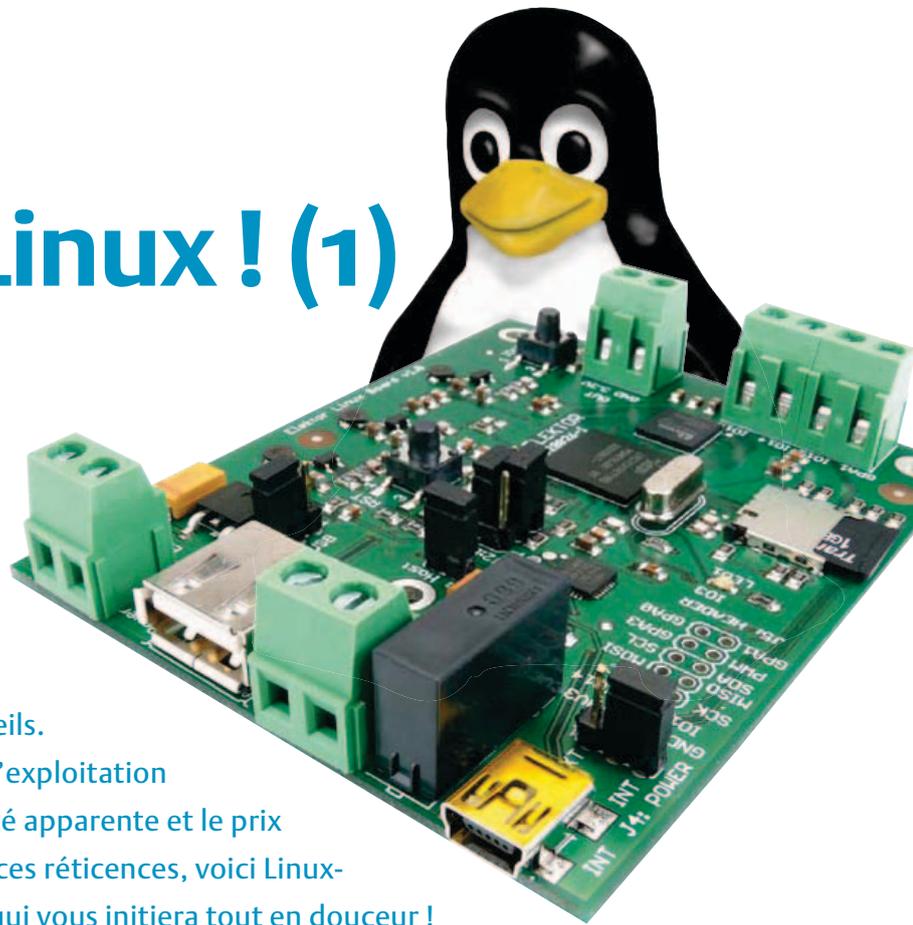


Figure 5. Le VI Hello World de la figure 3, étendu pour faire clignoter une vraie LED sur la carte Arduino. Vous remarquerez le bouton Stop permettant de quitter proprement.

# Embarquez Linux ! (1)

## Suivez le guide



Benedikt Sauter [1]

De l'aéronautique à la machine à café, Linux est aujourd'hui au cœur de nombreux appareils.

L'électronicien tenté d'adopter ce système d'exploitation est toutefois souvent arrêté par sa complexité apparente et le prix élevé des cartes de développement. Foin de ces réticences, voici Linux-Elektor, une carte compacte et bon marché qui vous initiera tout en douceur !

Si les cours d'initiation aux microcontrôleurs à 8 bits ne manquent pas, les sites et ouvrages d'introduction aux systèmes embarqués Linux sont plus rares, et souvent décourageants : la plupart des explications supposent des connaissances préalables, le texte dérive rapidement vers du code source cryptique ou noie le lecteur dans des détails théoriques, quand il ne tourne pas tout simplement au jargon amphigourique. Vu par le petit bout de la lorgnette d'un microcontrôleur, un système d'exploitation Linux n'est pourtant qu'un micrologiciel classique, bien structuré et modulable. Il est donc possible d'appréhender l'apparente complexité de Linux si l'on possède des bases solides en microcontrôleurs.

Quelle est la meilleure approche ? Fut un temps où il était facile de s'initier aux ordinateurs et aux microprocesseurs. Pour découvrir leur matériel, leur système d'exploitation, leurs pilotes et applications, puis comprendre comment ils coopéraient, il suffisait de progresser pas à pas. Ce n'est plus le cas aujourd'hui. Sans doute la diversité des composants est-elle devenue trop grande. Avec les premiers ordinateurs, il était encore facile de se concentrer sur les composants en nombre réduit et les quelques applications. En général, on montait et on mettait en service soi-même le matériel, non sans comprendre en détail le

fonctionnement du système, ce qui permettait de déceler l'origine des erreurs. Notre découverte de Linux empruntera ce cheminement pratique. Nous utiliserons une carte compacte (**fig. 1**), développée à l'université d'Augsbourg dans le cadre d'un projet éducatif à code source ouvert appelé *Gnublin* [2]. Elle est équipée de tout ce qu'il faut pour réaliser un projet embarqué moderne, dont l'USB, un connecteur pour cartes SD, et de quoi accueillir des extensions. Ultérieurement nous connecterons la carte à un réseau Ethernet.

Notre carte Linux est volontairement dépourvue de composants spécialisés. Elektor vous la propose sous la forme d'un module sur une platine double face, prêt à l'emploi (**fig. 2**). Le schéma (**fig. 3**) n'est reproduit ici que par souci d'exhaustivité, nous le détaillerons dans le prochain article. Le matériel est sous licence OSHW, ce qui implique que les données CAO ont elles aussi été rendues publiques [3]. Le logiciel du projet est bien sûr à code source ouvert, et peut être téléchargé [3].

### Une découverte pas à pas

Les étapes de notre voyage avec un système Linux embarqué sont reprises sur la **figure 4**. Vous découvrirez d'abord l'origine des applications et composants logiciels sur lesquels reposent notre carte et d'autres

systèmes Linux. Nous verrons ensuite la façon dont est assemblé et fonctionne le matériel. Un environnement de développement Linux est bien sûr recommandé pour qui veut déployer Linux sur un microcontrôleur (ne serait-ce qu'en raison des chemins d'accès), mais les utilisateurs de *Windows* pourront toujours installer Linux sur une machine virtuelle. Nous verrons comment mettre en place un tel environnement et comment compiler le code source.

Quelques exemples pratiques nous permettront enfin de nous faire une meilleure idée du fonctionnement du système d'exploitation Linux. Comme projet final nous avons choisi un régulateur de chauffage simple, avec affichage graphique de la configuration et analyse des données dans un navigateur.

### GNU/Linux : nés d'un divorce

Pourquoi GNU/Linux est-il une implantation libre du système Unix ? Comment est-il organisé ? Les réponses ne font pas seulement partie de la culture linuxienne, elles permettent aussi de mieux comprendre les limites de ce système d'exploitation et, surtout, de savoir cibler les composants ou programmes à l'origine d'un éventuel problème technique.

Écrite en assembleur par Ken Thompson, la première version d'Unix est née en

## Caractéristiques de la carte Linux Elektor

- Carte double face et composants faciles à trouver
- Aucun matériel spécialisé nécessaire (débugueur, programmeur, etc)
- Amorçable depuis une carte SD
- Linux installé
- 180 MHz, 8 Mo de RAM (32 Mo possibles), 64 Mo de mémoire virtuelle
- Convertisseur intégré USB-RS232 comme console
- Relais, alimentation externe et poussoir pour essais rapides
- 4 ports GPIO, 3 canaux A/N et canal MLI (PWM)
- Interfaces I<sup>2</sup>C et SPI utilisables depuis Linux
- Interface USB pour cartes d'extension

1969 aux laboratoires Bell [4]. Pour tester les éléments qui allaient être nécessaires à la création des interfaces et des pilotes, lui et Dennis Ritchie développèrent un jeu vidéo, *Space Travel*. Le programmeur de microcontrôleurs saisit d'autant mieux cette démarche qu'il doit d'abord penser et planifier la structure de son programme (y compris la commande du matériel et les fonctions auxiliaires) de façon à améliorer la réutilisabilité du code source. Ken et Ritchie comprirent vite quels composants étaient indispensables à un système d'exploitation, et tout aussi rapidement comment organiser l'ensemble. Le code du noyau, qui existait en assembleur, a été réécrit, entre 1972 et 1974, en C, langage créé pour l'occasion. Le système d'exploitation et son compilateur C ont ensuite été distribués gratuitement dans les universités.

Jusqu'à fin 1970, année où la compagnie AT&T dont dépendaient les laboratoires Bell prit conscience du potentiel commercial d'Unix, il était entendu qu'un programme Unix pouvait être librement distribué. Les échanges de programmes ne se faisaient pas sous le manteau, il régnait un esprit de partage doublé d'une volonté d'amélioration des programmes. Cet état d'esprit est resté l'âme des programmes libres et à code source ouvert [5] [6].

Tout cela prit donc fin avec la commercialisation d'Unix. Le prix de la licence interdisait soudain son utilisation dans les cours ou pour l'auto-formation. De plus en plus de compagnies commencèrent à concéder des licences de leurs propres variantes d'Unix. Ainsi Sinix de *Siemens*, lui-même dérivé du système Xenix, une version Unix de *Microsoft*.

Qu'Unix se retrouve soudain réservé aux entreprises contrariait beaucoup Richard Stallman, alors employé au MIT [7]. Nostalgique d'une époque où il était encore possible d'échanger Unix entre collègues et amis, l'informaticien entreprit de développer un nouveau système Unix, cette fois-ci entièrement libre !

Ainsi naquit GNU (GNU's Not Unix) en 1983. Une montagne de travail attendait Richard Stallman : un système d'exploitation 100 % libre exigeait de tout ré-implanter. Il lui fallait en particulier :

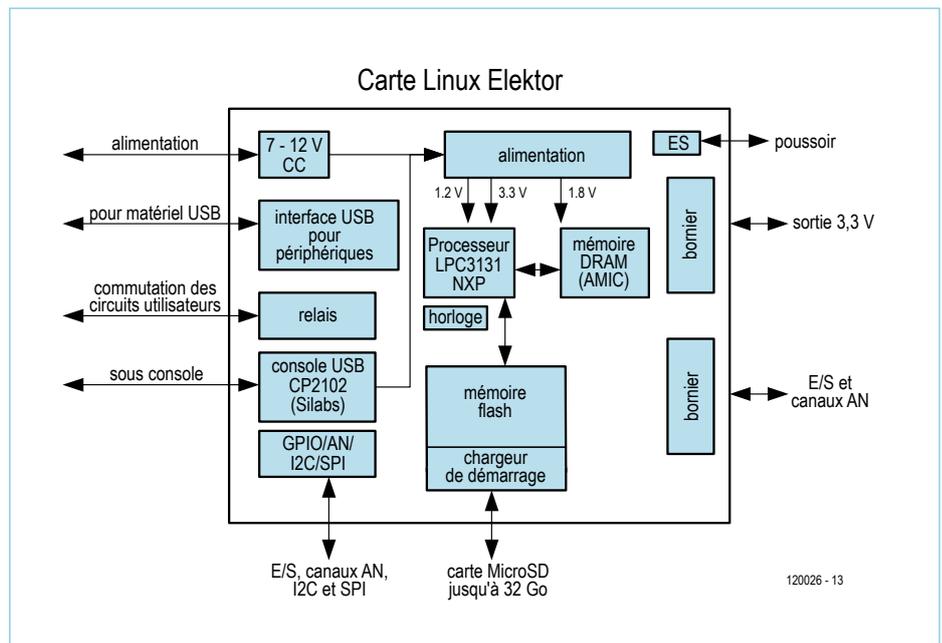


Figure 1. La carte, solide rampe de lancement des projets à microcontrôleurs, avec accès possible aux réseaux.

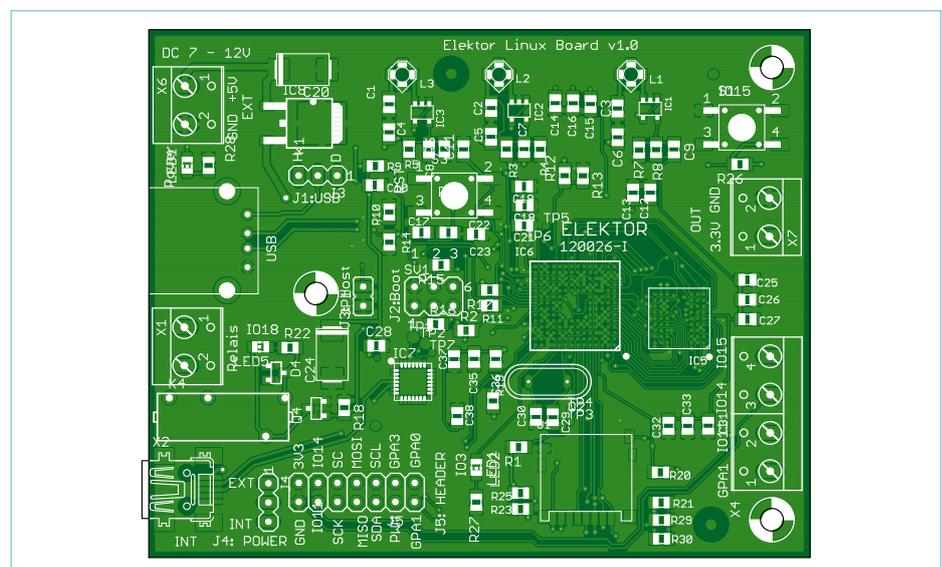


Figure 2. Le module assemblé est disponible auprès d'Elektor.

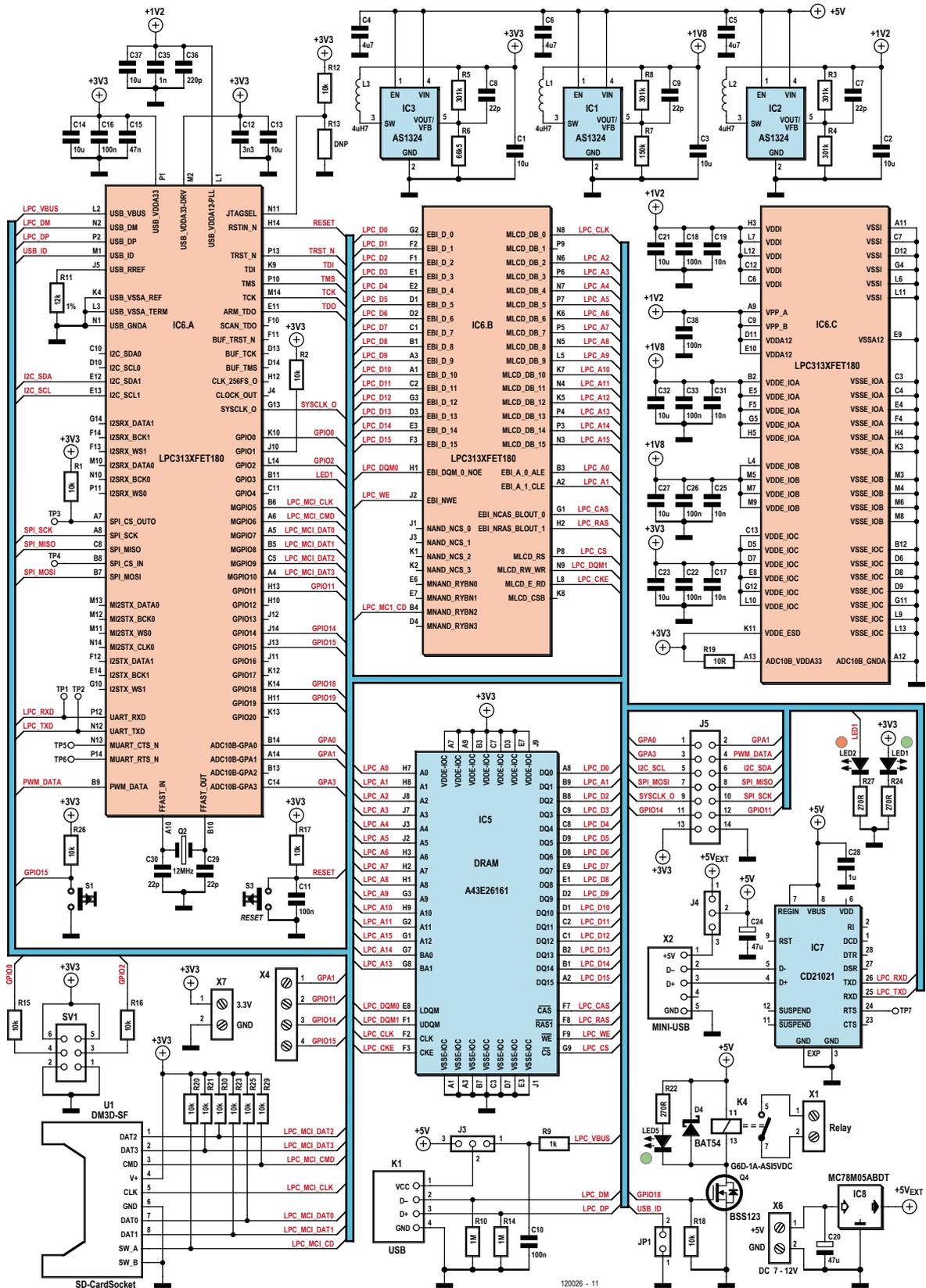


Figure 3. La clarté d'un schéma au service de la puissance d'une carte.

- une chaîne d'outils : compilateur C, éditeur de liens, assembleur
- un éditeur de texte pour l'écriture des codes source
- le noyau du système d'exploitation
- divers programmes auxiliaires
- un système de fichiers

À l'exception du noyau du système d'exploitation, l'essentiel des pièces fut prêt en 1990. Richard Stallman le savait : s'attaquer au développement du noyau n'aurait de sens que le jour où l'éditeur de texte et le compilateur seraient stables.

### Linux : le noyau dur(e)

C'est à peu près à cette époque que Linus Torvalds, un étudiant finlandais, acheta son premier ordinateur à processeur x86. Déterminé à mieux comprendre son fonctionnement, il s'attela à l'écriture d'un simple émulateur de terminal [9], travaillant alors sous Minix, un dérivé d'Unix encore abordable (et toujours utilisé), développé par une équipe d'Amsterdam. Linus Torvalds remarqua que son émulateur de terminal se transformait petit à petit en système d'exploitation. Et si ce système devait contenir et exploiter une large archive de programmes, aucun doute pour Linus, il devait être compatible avec POSIX, un ensemble de standards qui définit l'interface entre un système Unix et ses programmes. Heureusement pour nous, Linus trouva à la bibliothèque un livre sur les systèmes POSIX, probablement un manuel relatif à l'une des nombreuses variantes d'Unix. Il lui fallait en substance savoir comment se faisaient les appels système, ou plutôt quels paramètres devaient être passés.

Le 5 octobre 1991, dans un message désormais célèbre posté sur *usenet*, le jeune développeur mit sa création en ligne et autorisa son téléchargement gratuit [10]. Alors qu'il était en quête d'une licence pour son code source, il eut la bonne fortune de se rendre à une conférence universitaire de Richard Stallman. C'est ainsi qu'il adopta la *licence publique générale GNU*, ou simplement GPL, qui définit les conditions de distribution des programmes du projet GNU. Et arriva l'imprévu : la communauté *open source* réalisa que le noyau Linux de Linus Torvalds était

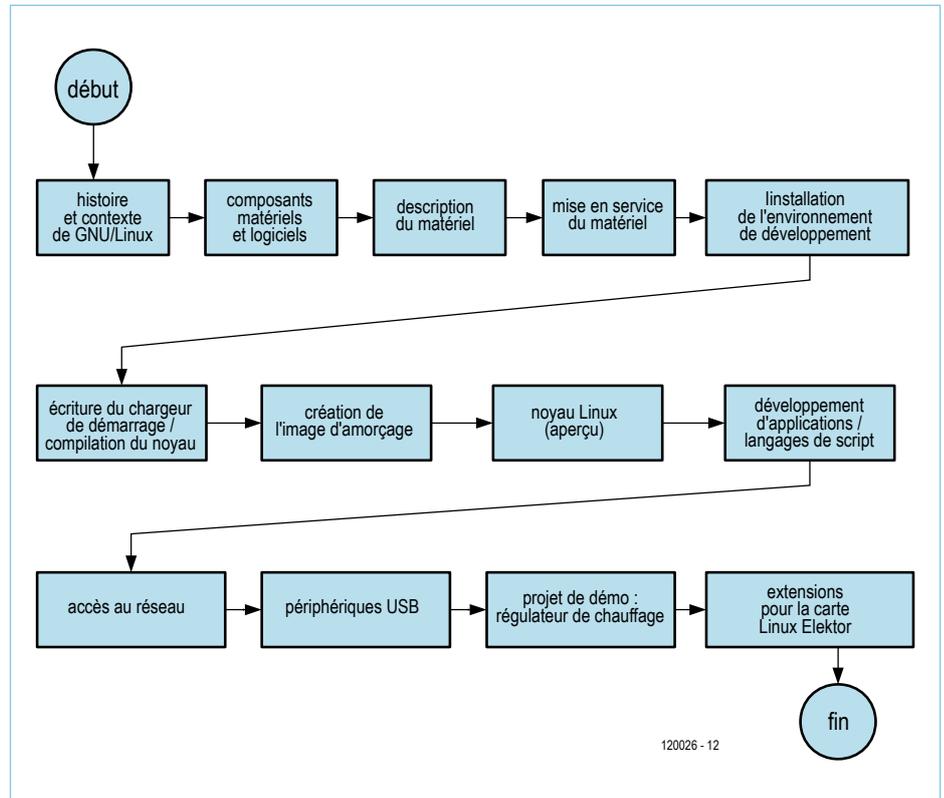


Figure 4. La feuille de route de notre voyage Linux et de ses étapes.

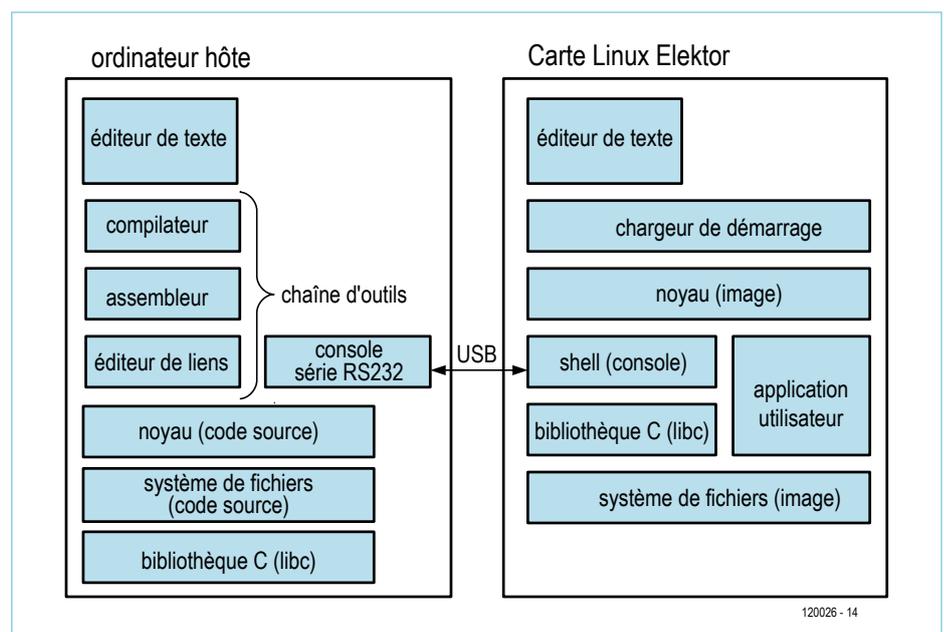


Figure 5. Écrire un programme, ou comment faire dialoguer PC de développement (Linux) et système cible.

```

$40networking end
Starting portmap daemon...
$55bootmisc.sh start
net.ipv4.conf.default.rp_filter = 1
net.ipv4.conf.all.rp_filter = 1
System time was Thu Jan  1 00:00:06 UTC 1970.
Setting the System Clock using the Hardware Clock as reference...
hwclock: can't open '/dev/misc/rtc': No such file or directory
System Clock set. System local time is now Thu Jan  1 00:00:06 UTC 1970.
Mon Sep 26 22:13:08 UTC 2011
Saving the System Clock time to the Hardware Clock...
hwclock: can't open '/dev/misc/rtc': No such file or directory
Hardware Clock updated to Mon Sep 26 22:13:08 UTC 2011.
Disabling protocol version 1. Could not load host key
$55bootmisc.sh end
INIT: Entering runlevel: 5
Starting syslogd/klogd: -C64 m 20
done

ELEKTOR EDLK (Built by Poky 5.0) 5.0 elektor-gnublin tty50
http://www.gnublin.org
elektor-gnublin login:

```

Figure 6. Capture d'écran de la console.

la pièce manquante du projet GNU de Stallman ! Car même si Stallman s'était attaqué à un noyau GNU baptisé *Hurd*, celui-ci n'avait pas atteint la maturité du noyau finlandais.

Le projet GNU complété grâce au noyau Linux, on disposait enfin d'un système d'exploitation libre et ouvert. Il serait donc plus juste de parler de GNU/Linux : Linux ne représente que le noyau, le reste provient du projet GNU.

### Les composants

Passons, après ce bref survol historique, à un rapide tour d'horizon des composants nécessaires à notre système GNU/Linux (fig. 5). Rien n'a fondamentalement changé depuis les débuts, pour réaliser notre carte Linux-Elektor nous avons aujourd'hui encore besoin des applications de base.

Nous nous servirons de certains de ces programmes d'origine dans le cadre de ce projet et en éviterons d'autres. Nous expliquerons pourquoi en temps voulu.

### Éditeur de texte

Les éditeurs de texte qui ont la faveur des développeurs possèdent des fonctions de coloration syntaxique et de complètement automatique, ainsi qu'une documentation API intégrée. L'éditeur de texte dont nous avons besoin doit surtout être utilisable directement depuis la console Linux (voir ci-

dessous) pour pouvoir procéder à des modifications rapides sur la carte Linux-Elektor. Nous utiliserons les éditeurs de texte auxquels est habitué le développeur Linux classique. Le système de fichiers (voir ci-dessous) de la carte Linux contient par exemple vi (ou sa version vim avec support de la souris) et nano, tous deux adaptés à nos besoins.

Sans doute avez-vous déjà également entendu parler du célèbre *Emacs*, développé par Richard Stallman dans le cadre du projet GNU. Avec son large éventail de fonctions, *Emacs* convient aux professionnels, le débutant lui préférera un éditeur plus léger et plus facile à prendre en main.

### Chaîne d'outils

La condition sine qua non pour qu'un programme puisse être exécuté par un processeur est que son code machine soit adapté à l'architecture hôte. La chaîne d'outils GNU dispose de tous les composants logiciels nécessaires à la conversion d'un code C en code machine : compilateur, éditeur de liens et assembleur. Développée pour faciliter l'ajout de nouveaux jeux d'instructions machine, on en trouve des versions pour x86, amd64, AVR, ARM, MIPS, MSP430 et bien d'autres. Nous choisirons la chaîne d'outils ARM puisque la carte Linux-Elektor est équipée d'un microcontrôleur compa-

tible avec ARM. Les détails seront donnés au moment opportun.

### Noyau

Le noyau est le centre névralgique du système d'exploitation. À l'origine, il est l'œuvre d'un seul homme ; aujourd'hui, quelque dix mille développeurs collaborent à l'écriture de son code source. Le dernier mot revient néanmoins toujours à Linus Torvalds. C'est lui (ou ses lieutenants) qui accepte ou rejette les modifications et les extensions proposées. Libre à chacun bien sûr de ne pas être d'accord et d'écrire son propre noyau, puisque le code source de l'ensemble est ouvert. À ce jour, aucun schisme n'est à déplorer (abstraction faite d'Android, considéré comme un Linux très modifié). Le développement se fait par listes de diffusion. Tout le monde peut s'y abonner pour suggérer quelque modification. La proposition est ensuite examinée et discutée par les participants.

À l'exception de quelques lignes, le noyau est écrit en C. La chaîne d'outils GNU permet de traduire facilement ce code C en code machine, une étape que là encore nous décrirons dans un prochain article.

### Arborescence

Sous *Windows* (version 7), il est naturel de placer ses fichiers dans le dossier *Utilisateurs*. Les programmes sont installés dans le dossier *C:\Programmes*, et les fichiers inhérents au système d'exploitation sont dans le dossier *System32* du répertoire *C:\Windows*. Comme tout système d'exploitation, *Windows* classe les programmes et les fichiers selon une structure hiérarchique bien définie. Qu'en est-il du système de fichiers pour GNU/Linux embarqué ? Il n'a été créé ni par Linus Torvalds, ni par Richard Stallman. L'arborescence de base commune aux systèmes Unix/Linux a été établie graduellement en suivant l'évolution des standards POSIX. Un système de fichiers, dit racine, est structuré selon une arborescence logique où chaque répertoire a un rôle particulier. Ce sont des distributions comme *Debian* ou *Suse* qui l'ont popularisé. Ces distributions fournissent un système GNU/Linux prêt à l'emploi, doté d'applications, d'interfaces graphiques et d'un noyau à jour.

C'est un tel système de fichiers racine qu'il nous faut si nous voulons utiliser Linux sur notre carte. En général, il suffit d'un très petit système et de peu d'espace pour les programmes et les bibliothèques. Un système embarqué n'aurait de toute façon que faire de toute la richesse d'un environnement de bureau Linux classique. Il existe des programmes spécialisés pour créer un système de fichiers racine personnalisé, mais on peut aussi installer une des grandes distributions Linux destinées aux processeurs ARM. Nous donnerons plus de détails le moment venu.

### libc : la bibliothèque C

Ce sont ses applications qui donnent vie à un ordinateur ou à un appareil. Le système d'exploitation n'est que l'entité d'arrière-plan qui permet d'utiliser le matériel, de réserver de la mémoire, de communiquer au travers d'interfaces ou de réseaux, et plus encore. Quiconque crée des applications préfère n'avoir pas à réécrire les fonctions routinières telles le traitement des chaînes caractères, ou la lecture et l'écriture des fichiers, etc. De telles fonctions sont heureusement disponibles dans une bibliothèque C standard, que l'on nomme de manière générale *libc*. Le développeur d'un système embarqué se tournera vers une implantation allégée, moins gourmande en mémoire et en puissance de calcul que celle que l'on trouve habituellement sur un ordinateur : *glibc*. Lire l'encart *Peut-on vivre sans MMU ?* de l'article **Xportez vos idées (sur le web)** [11]

La bibliothèque C représente l'interface entre une application et le noyau. Elle fournit en outre de nombreuses et indispensables fonctions auxiliaires. L'usage fait de cette bibliothèque est le plus souvent dynamique, c'est-à-dire que ses fonctions peuvent être appelées durant l'exécution d'un programme, sans néanmoins faire partie de l'exécutable. Une telle bibliothèque

économise la mémoire puisqu'elle n'est chargée en mémoire qu'une seule fois pour tous les programmes qui l'utilisent.

### Console série / shell

La console – comparable à l'invite de commandes de *Windows* – permet la saisie des commandes par l'utilisateur et les transmet (y compris sur une machine distante) puis affiche le résultat, bref la console permet de dialoguer avec le système, elle est l'interface entre l'utilisateur et l'interpréteur de commandes appelé *shell*. Il en existe plusieurs, mais tous facilitent grandement l'utilisation de Linux. Nous y reviendrons plus tard.

Sous Linux, l'accès à la console se fait le plus souvent en mode graphique, c'est-à-dire depuis un environnement de bureau (combinaison Ctrl-Alt-F1 pour accéder à la console en mode plein écran ou « texte »). Les administrateurs réseau peuvent aussi autoriser l'accès à la console via une connexion réseau, en utilisant typiquement des protocoles comme SSH, ou encore *Telnet* si les données ne sont pas critiques. Troisième option, l'utilisation d'une console via une interface RS232. Son pendant sera alors un émulateur de terminal (console et terminal sont synonymes) qui permettra de communiquer avec la carte via une interface série (p. ex. *HyperTerminal* ou *Tera Term* sous *Windows*, *picocom* sous Linux).

### Perspectives

Nous aborderons le montage du matériel (fig. 1) dans le prochain article, en nous attachant sur l'alimentation, le microprocesseur, le module mémoire SDRAM et les interfaces. Nous parlerons également de la séquence d'amorçage. Les impatients pourront effectuer leurs premiers essais de carte dès maintenant puisqu'elle contient un programme de démonstration préinstallé (fig. 6).

(120026 – trad. Hervé Moreau – merci à K.P & A.A.)

### Liens

- [1] [sauter@embedded-projects.net](mailto:sauter@embedded-projects.net)
- [2] [www.gnublin.org](http://www.gnublin.org)
- [3] [www.elektor.fr/120026](http://www.elektor.fr/120026)
- [4] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Unix>
- [5] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel\\_libre](http://fr.wikipedia.org/wiki/Logiciel_libre)
- [6] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Open\\_source](http://fr.wikipedia.org/wiki/Open_source)
- [7] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Massachusetts\\_Institute\\_of\\_Technology](http://fr.wikipedia.org/wiki/Massachusetts_Institute_of_Technology)
- [8] [www.gnu.org](http://www.gnu.org)
- [9] *Rebel code*, de Glyn Moody, ISBN 0738206709
- [10] [www.kernel.org](http://www.kernel.org)
- [11] [www.elektor.fr/100388](http://www.elektor.fr/100388)



NDLR : La Commission générale de terminologie et de néologie a validé le verbe *implémenter*, mais nous sommes encore quelques-uns à préférer utiliser le verbe *implanter*, certes connoté "choux et carottes" mais que tout le monde comprend, même ceux qui font semblant de penser que l'anglicisme en dit davantage.

## Produits & Services Elektor

- Carte Linux-Elektor, module testé, prêt à l'emploi 120026-91
- Programmes à télécharger (gratuit)

Ce produit et les téléchargements sont disponibles sur :  
[www.elektor.fr/120026](http://www.elektor.fr/120026)

# radio logicielle avec AVR (3)

## antenne ferrite active AM et FM

Martin Ossmann (Allemagne)

Cette série d'articles montre le parti à tirer des  $\mu\text{C}$  AVR dans le traitement des signaux numériques. Explorons ici les modulations d'amplitude et de fréquence, qui nous fournissent l'occasion de se construire un petit émetteur expérimental de signal horaire DCF ! Et surtout de compléter notre appareil d'une antenne ferrite active pour recevoir les signaux en PO et GO.

Dans l'épisode précédent [2], nous avons vu que dans une classique modulation en largeur d'impulsion (MLI), qui n'est qu'une variation du rapport cyclique, toute variation d'amplitude s'accompagne nécessairement d'un changement de phase. Notre générateur de signal ne peut donc pas produire une pure modulation d'amplitude (MA). Mais le générateur MLI du contrôleur AVR dispose d'un autre mode de fonctionnement, dit MLI à *phase correcte*, dans lequel le compteur avance et recule toujours entre 0 et la valeur TOP du registre ICR1. Si TOP vaut 80, la période complète de compte et décompte dure 160 coups d'horloge, ce qui, avec un quartz de 20 MHz, correspond à 125 kHz. Lors d'un dépassement vers le haut ou vers le bas de l'une des valeurs de référence dans le registre OCR1A, la sortie MLI correspondante se met en ou hors service. On peut modifier le rapport cyclique au moyen de variations de ces références, toutefois le milieu des impulsions MLI se situe toujours au compte 0 et l'impulsion garde continuellement la même phase. Si nous fil-

trons le signal rectangulaire par un circuit oscillant pour le ramener à la sinusoïde fondamentale, son amplitude suivra la formule déjà énoncée  $\hat{A} = A \times (4 / \pi) \sin(D \times \pi)$  pour le rapport cyclique D, alors que A est l'amplitude du signal rectangulaire.

Entamons une première expérience avec le générateur de signal et la platine de récepteur universel ou du syntoniseur simple publié [2]. Ci-joint le **listage** de cette petite routine d'émission. Comme d'habitude, on trouvera le logiciel `EXP-SQTX-125kHz-PWMC-V01.c` pour le générateur de signal dans les téléchargements [3]. Pour le récepteur, on se sert du programme `EXP-SimpleFrontend-125kHz-Phase-Ampl-V01.c`.

Si vous reliez un oscilloscope aux deux sorties du récepteur, vous obtiendrez une image semblable à la **figure 1**. Nous faisons basculer le contenu du registre OCR1A entre 8 et 40, alors le rapport cyclique du signal MLI varie entre 0,1 et 0,5. La différence d'amplitude vaut dans ce cas :

$\sin(0,1 \times \pi) / \sin(0,5 \times \pi) = 0,309016... = -10,2 \text{ dB}$ . Comme, à la sortie en amplitude du récepteur, 1 V correspond à 20 dB, la différence de tension entre les deux réglages avoisine 0,5 V sur la courbe jaune.

La phase est fournie par l'autre sortie du récepteur, c'est la courbe bleue. On remarque qu'il n'y a plus de sauts dans la cadence des données, seulement une lente dérive provoquée par le décalage en fréquence.

### DCF77 première

Les connaissances acquises jusqu'ici nous permettent de construire un *émetteur* de test DCF. La fréquence porteuse de 77,5 kHz, nous aurons du mal à la produire à partir de 20 MHz avec comme diviseur un nombre entier. Aussi allons-nous réutiliser la méthode de division partagée en utilisant un accumulateur de synthèse numérique directe (DDS) à 24 bits et une interruption par temporisateur, comme dans le 1<sup>er</sup> article [1]. Puisque nous ne voulons pas de modulation de phase, nous employons cette

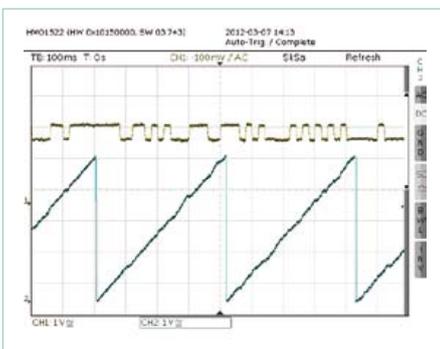


Figure 1. Modulation d'amplitude : amplitude en jaune, phase en bleu.

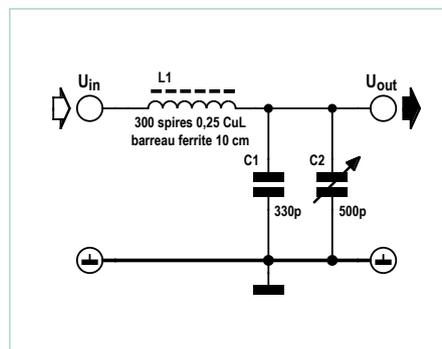


Figure 2. Le circuit oscillant d'émission pour DCF77.

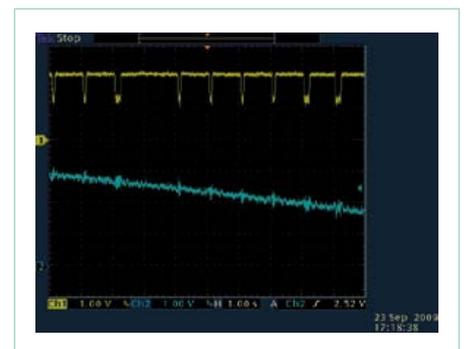
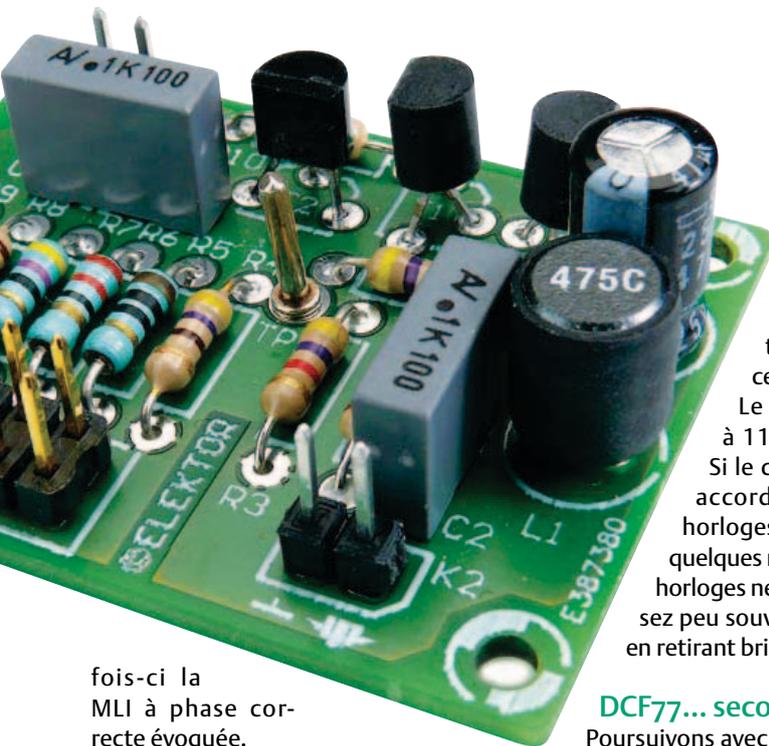


Figure 3. Réception DCF. On voit en jaune la courbe d'amplitude avec les impulsions courtes et longues.



fois-ci la MLI à phase correcte évoquée.

Le signal MLI du générateur, nous l'appliquons à un circuit oscillant série (fig. 2) composé d'une antenne ferrite et d'un condensateur approprié. Un autre condensateur, variable celui-là, nous permettra de faire l'accord sur l'amplitude maximum.

L'ATtiny du générateur de signal exécute le logiciel DCF\_TX\_V01.C, il fournit des télégrammes conformes aux signaux horaires DCF77. Pareil télégramme est constitué d'un groupe d'impulsions qui durent chacune 1 s. L'information horaire est codée par la durée de l'atténuation de la porteuse, courte ou longue. La 59<sup>e</sup> seconde se distingue par une pause, sans modulation. Le logiciel contient une routine qui divise la seconde en dix parts de 1/10<sup>e</sup> de s, chacune représentée par un bit. Pour indiquer une atténuation de courte durée, le code est 0111111111 et pour une longue

0011111111, la 59<sup>e</sup> se représente alors par 1111111111. Le télégramme est bâti sur ce modèle.

Le programme démarre à 11 h 41 le 15 août 2008. Si le circuit oscillant est bien accordé, il peut piloter des horloges DCF dans un rayon de quelques mètres. La plupart de ces horloges ne se synchronisent qu'assez peu souvent, mais on les y force en retirant brièvement la pile.

### DCF77... seconde

Poursuivons avec la réception des signaux DCF77 émis depuis Mainflingen, près de Francfort-sur-le-Main, en Allemagne. Nous utiliserons l'antenne ferrite active détaillée un peu plus loin dans cet article et disponible auprès d'Elektor. Il faut la brancher à la prise ANT2 de la platine de réception. Sur le récepteur (schéma ci-dessous), on relie la broche 1 de K4 à la broche 2 de K5 pour faire parvenir le signal à l'ADC0 de l'ATmega. Le logiciel utilisé est EXP-Simple-DCF77-RX-V01.c.

Le signal est échantillonné à 10 kéch/s. Comme 77,5 kHz, c'est  $8 \times 10 \text{ kHz} - 10 \text{ kHz}/4$ , nous pouvons nous servir du sous-échantillonnage de bande passante décrit dans le numéro précédent. On voit le résultat dans l'oscillogramme de la figure 3. La courbe jaune du haut trace l'amplitude, on y observe clairement les brèves impulsions pendant lesquelles l'amplitude est considérablement réduite. On distingue

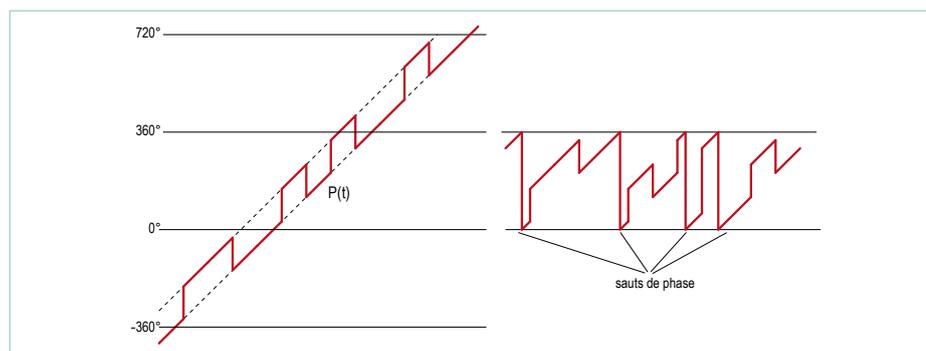


Figure 4. Une évolution de phase identique, mais sous deux représentations différentes.

### Listage : MLI à phase correcte

```
void bitSend(uint8_t theBit) {
  if (theBit)
  {
    OCR1A = 40;
  }
  else
  {
    OCR1A = 8;
  } // 10dB
}
```

aussi qu'il y a des atténuations courtes et longues. Plus rien ne s'oppose donc à l'exploitation des signaux horaires.

Outre cette modulation d'amplitude, le signal de phase de l'émetteur de DCF77 représente aussi une vaste ressource. Dans un prochain épisode, nous échangerons la fréquence d'horloge fixe de l'oscillateur à quartz avec celle d'un oscillateur à 20 MHz piloté en tension (VCXO Voltage Controlled Xtal Oscillator). Pour éliminer tout glissement de phase, nous dériverons la fréquence de l'oscillateur de celle, extrêmement précise, de DCF77. Sur la figure 3, le système n'est pas encore mis en œuvre, la phase présente une lente dérive. Nous pouvons automatiser le processus à l'aide d'une boucle à phase asservie (PLL), c'est ce que nous mettrons à l'épreuve dans la suite. Au lieu de DCF77, on peut aussi bien mettre à profit comme référence la haute précision de la BBC sur 198 kHz ou de France Inter sur 162 kHz.

### Interprétation de l'évolution de la phase

À la figure 1, on reconnaît le tracé en dents de scie du déphasage dû au décalage de fréquence. La phase s'accroît sans cesse et au moment où sa valeur atteint 360°, soit 5 V, elle retombe à 0°, donc 0 V. Si le phé-

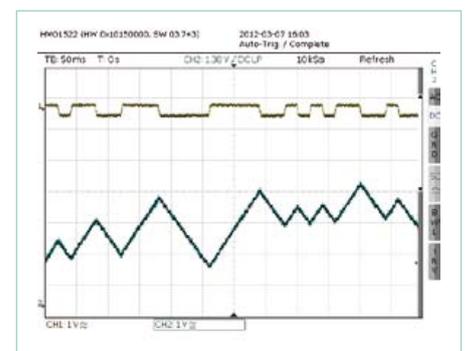


Figure 5. La modulation par déplacement de fréquence (FSK).

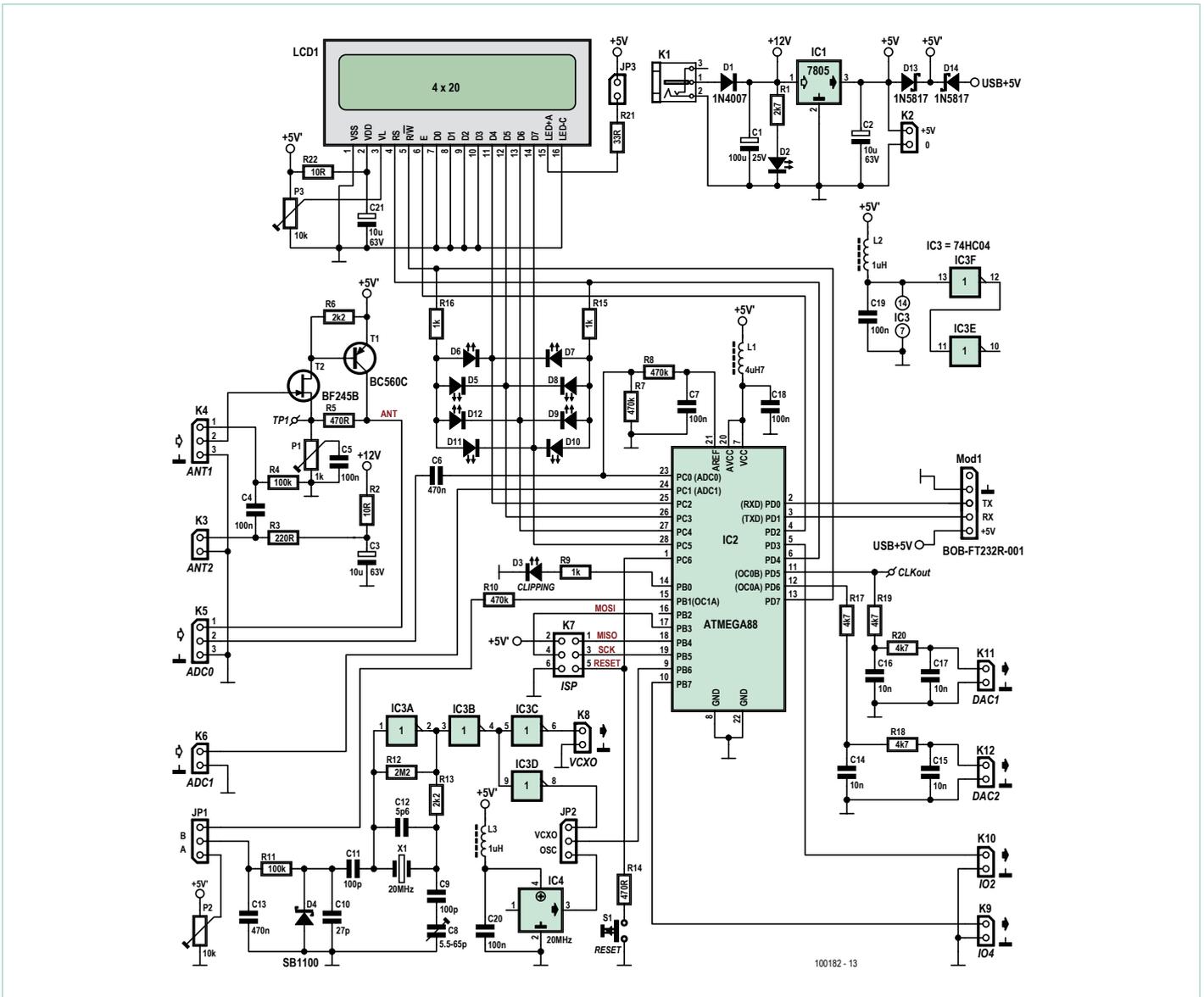


Figure 6. Le schéma de la platine de récepteur universel.

nomène ainsi représenté semble déchirant, d'un point de vue physique, il ne se passe absolument rien.

Si nous ne ramenons pas systématiquement l'angle dans le domaine de 0 à 360°, mais que nous représentons aussi des angles plus petits que 0 et plus grands que 360°, nous en aurons une meilleure idée. La figure 4 en montre un exemple, avec un signal modulé en phase, affecté d'une dérive de fréquence. La courbe s'interprète mieux, alors que la représentation classique en domaine angulaire nous embrouille parfois.

La question de la figuration de la phase, on peut l'imaginer sous forme de métaphore. Supposons que quelqu'un se promène au pôle Nord et voie la longitude passer subitement de 180° ouest à 180° est. Il ne se

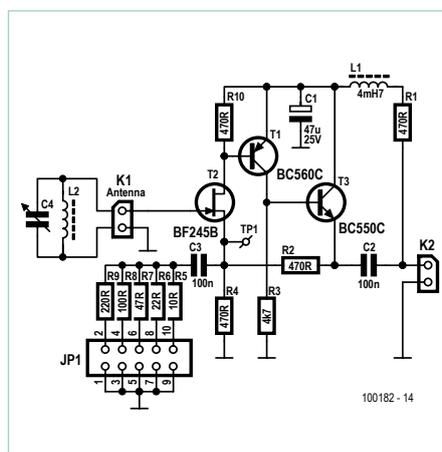


Figure 7. Le schéma de l'antenne ferrite active.

produit pourtant là rien de spécial. Si maintenant, au lieu de le faire tourner en rond dans la neige, vous l'imaginez monter un escalier en colimaçon, quand il aura parcouru un tour complet, il sera revenu au même point, mais un étage plus haut. Si vous comptez aussi les étages avec l'angle de phase, rien n'empêche plus de considérer des différences de phase de plus de 360°. C'est précisément l'astuce que l'on utilise pour élargir le domaine de capture d'une PLL.

À la figure 5, découvrons une belle application de la technique. Nous employons notre générateur de signal comme émetteur à modulation par déplacement de fréquence (FSK) à l'aide du logiciel EXP-SQTX-FM-

RTTY-V01.c. Les signaux de la sortie K4 du générateur passent par le filtre à circuit oscillant décrit dans la 1<sup>re</sup> partie [1] et sont appliqués à ADC0. Comme programme de réception, utilisons EXP-Simple-Frontend-125kHz-extPhase-Freq-V01.c, qui met en œuvre la représentation de phase étendue. L'étalonnage de la sortie du récepteur y est passé à 5 V pour  $8 \times 360^\circ$ . La porteuse à 125 kHz est modulée en fréquence avec un déplacement de + et - 50 Hz pour les bits 1 et 0. On émet 50 bits par seconde. Un déplacement de +50 Hz signifie que le signal de réception précède le signal de référence exactement d'une période pendant la durée d'un seul bit (1/50<sup>e</sup> s). Un seul bit correspond alors à une rotation de phase de  $360^\circ$ , le sens dépend de la valeur du bit. Une rotation complète de  $360^\circ$  correspond à une augmentation ou une diminution du signal de sortie de phase de  $5\text{ V} / 8 = 0,625\text{ V}$  et cela pendant 20 ms, comme on le voit bien sur la courbe bleue de la figure 5.

La démodulation du signal FSK est simple : l'avance de phase momentanée représente exactement le décalage de fréquence actuel, donc le bit transmis. On peut aisément calculer l'avance de phase en composant la différence entre les valeurs de phase consécutives et le résultat, c'est la courbe jaune. Si la phase augmente, la courbe jaune est au niveau haut, si elle diminue, la courbe passe au niveau bas. On retrouve maintenant quels bits ont été transmis. Encore faut-il traiter ces résultats par un logiciel pour UART et nous aurons un récepteur SDR FSK. Dans la suite de la série, nous utiliserons quelques filtres supplémentaires pour renforcer le récepteur.

### La platine de récepteur universel

Dans la 1<sup>re</sup> partie, nous avons construit un circuit de réception simple, nous allons en changer pour adopter une meilleure platine. Le récepteur universel, nous l'avons déjà présenté dans l'article précédent avec le schéma d'implantation. La **figure 6** reproduit ici le schéma du circuit pour mettre au jour d'autres possibilités intéressantes. Comme écran, on propose un LCD à quatre lignes. On peut brancher au connecteur Mod1 un convertisseur USB/TTL BOB FT232

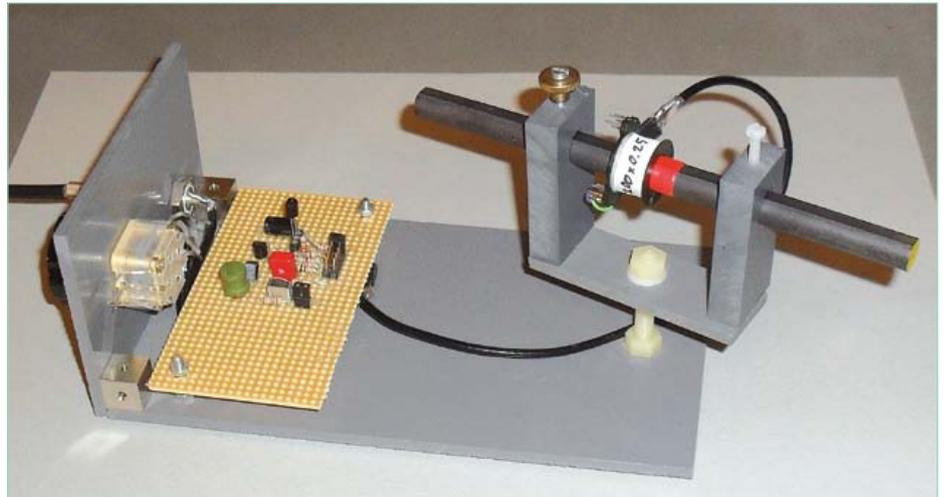


Figure 8. Mon prototype de l'antenne ferrite active.

pour se servir d'un PC pour les entrées et les sorties, p. ex. pour collectionner les données reçues.

Comme horloge, nous avons construit un oscillateur discret à 20 MHz, à fréquence réglable par une tension. Cette tension, on peut la régler avec le potentiomètre d'ajustage P2, mais aussi à l'aide du processeur AVR qui la commande par la MLI issue de la sortie OC1A/PB1, après transit par le filtre passe-bas R10 et C13. On réalise ainsi un VCXO qui sera imbriqué dans une boucle de régulation par PLL pour obtenir un standard de fréquence ultra précis, éventuellement à l'aide du signal de DCF. On pourra alors en dériver une autre fréquence et la rendre accessible à la sortie OC0B. Autrement, le cavalier JP2 offre de choisir comme horloge le signal d'un oscillateur à quartz sous la forme du circuit intégré IC4.

Les ports C et D alimentent huit LED disposées en croix pour servir d'indicateur de phase. Elles permettent une bonne surveillance de l'accrochage d'une PLL, par exemple, ou de faire apparaître de petites différences de fréquence.

Les signaux analogiques parviennent au processeur par l'entrée ADC0 du convertisseur A/N, polarisée à la moitié de la tension de référence (AREF) par R7 et R8, tandis que C6 assure le couplage en alternatif. T1 et T2 forment un préamplificateur dont l'entrée (K4 broches 2 et 3) peut recevoir directement le signal d'un circuit oscillant de réception avec antenne ferrite et condensateur variable. La sortie est alors dirigée vers le C A/N relié aux broches 1 et 2 de K5. On peut aussi appliquer à l'entrée du préampli (K4 broches 1 et 2) le signal d'une antenne ferrite avec alimentation fantôme. L'an-

tenne ferrite se branche alors sur K3. Lors de certaines de nos expériences, nous produisons deux tensions de sortie observables sur oscilloscope. Ces tensions sont obtenues par MLI avec le temporisateur 0 et apparaissent sur les broches OC0A et OC0B. Chacun de ces signaux traverse un filtre passe-bas à deux étages pour rejoindre K11 et K12 où ils sont disponibles.

### L'antenne ferrite active

Pour parfaire l'ensemble, complétons notre appareil avec une antenne ferrite active pour la réception des petites ondes (ou ondes moyennes) et des grandes ondes (**fig. 7**). Sous l'influence du JFET T2, l'entrée est à haute impédance, de sorte que le circuit oscillant d'antenne atteint un haut facteur de qualité et une grande sélectivité. Le transistor T1 assure un bon gain et T3, en collecteur commun, procure une basse impédance de sortie. La résistance R2 provoque, en continu comme en alternatif, une rétroaction dont le taux est réglable par le cavalier JP1. L'antenne est branchée sur alimentation fantôme d'une douzaine de volts.

La dispersion de caractéristiques de T2 peut influencer le fonctionnement, selon l'exemplaire utilisé. Choisissez-en un dont la tension de source avoisinera 2 V. En outre, veillez à ce que les liaisons aux entrées soient suffisamment éloignées de celles des sorties pour éviter des oscillations indésirables par réaction. Le mieux est d'utiliser du câble blindé. La **figure 8** est la photo de mon prototype.

De même que pour le générateur de signal et le récepteur universel, un kit

## Liste des composants de l'antenne ferrite active

### Résistances :

R1, R2, R4, R10 = 470 Ω  
 R3 = 4,7 kΩ  
 R5 = 10 Ω  
 R6 = 22 Ω  
 R7 = 47 Ω  
 R8 = 100 Ω  
 R9 = 220 Ω

### Condensateurs :

C1 = 47 μF, 25 V, 20 %, radial, 2,5 mm, IAC 95 mA  
 C2, C3 = 100 nF, 63 V, 5 %, MKT, 5/7,5 mm  
 C4 = condensateur variable 2 x 265 pF + 2 x 20 pF (p.ex. [4])

### Inductances :

L1 = 4,7 mH, 81 mA, 13,2 Ω, radial, 3 mm  
 L2 = antenne ferrite, L = 90 mm, ø 10 mm (p.ex. [4])  
 3x mandrin RM 10, 5 broches  
 24,5 m fil cu émaillé, ø 0,22 mm

### Semi-conducteurs :

T1 = BC560C  
 T2 = BF245B (JFET)  
 T3 = BC550C

### Divers :

K1, K2 = embase à 2x1 picot, au pas de 2,54 mm  
 JP1 = embase à 2x5 picots, au pas de 2,54 mm  
 TP1 = broche de test 1,3 mm  
 Circuit imprimé 100182-1 ou module prêt à l'emploi 100182-71 [3]

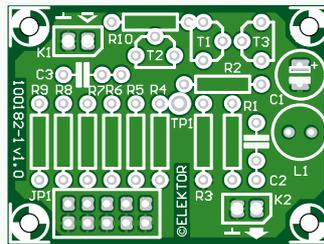


Figure 9. La platine d'antenne ferrite active est disponible en kit avec tous les composants chez Elektor.

l'accord de l'antenne ferrite sur une certaine fréquence avec le générateur de signal. Aussi allons-nous fabriquer un voltmètre en valeur efficace à partir de la platine du récepteur !

Pour déterminer la valeur efficace  $S_{eff}$  de la tension d'un signal périodique  $s(t)$ , il faut en principe disposer d'un nombre suffisant de valeurs d'échantillonnage  $s_k$  dans une période et en calculer la moyenne quadratique :

$$S_{eff} = \sqrt{1/N \sum s_k^2}$$

Mais l'ATmega88 ne peut pas prélever très vite les échantillons, il est limité à 10 kéch/s pour une précision de 10 bits. Or, nous voudrions bien mesurer des signaux de fréquences jusqu'à 1 MHz.

À défaut de faire assez de mesures sur une période, nous pouvons en faire autant que nécessaire en différents endroits répartis sur de nombreuses périodes (cf. **fig. 10**). C'est ce qu'on appelle l'échantillonnage aléatoire, au hasard (*Random Sampling*). L'inconvénient de la méthode est d'exiger un nombre nettement plus élevé de prélèvements si l'on veut sauvegarder la précision. En compensation, la technique s'applique aussi à des signaux non périodiques tels que le bruit.

Avec l'échantillonnage aléatoire, notre ATmega88 se mue en voltmètre RMS (EXP-RMSmeter-V01.c). La tension de référence de 5 V du convertisseur A/N, le programme la remplace automatiquement par 1,1 V pour atteindre le maximum de précision. La moyenne est calculée sur 2 048 valeurs, elle s'affiche sur l'écran de la platine du récepteur et est transmise simultanément sur l'interface série. Après 256 nouvelles mesures, l'affichage est actualisé.

Vous constaterez dans l'encadré *Le temps d'acquisition* que ce voltmètre pour valeur efficace est bien adapté à ce que nous voulons en faire.

### Accord de l'antenne ferrite

Les fréquences des émetteurs que nous voulons pouvoir capter se situent entre 50 et 700 kHz, aussi une antenne ferrite est-elle tout indiquée. On en trouve qui font 90 mm de long pour un diamètre de 10 mm (p.ex.

## Informations sur l'antenne ferrite et le CV

Condensateur variable 2 x 265 pF (p.ex. AK Modul-Bus), Cmin = 50 pF, Cmax = 500 pF		
Antenne ferrite 90 mm (p.ex. AK Modul-Bus)		
AL = 100 nH / n <sup>2</sup> (la valeur dépend aussi de la géométrie de la bobine)		
On bobine les 50, 150 et 200 spires sur un mandrin et l'on peut ainsi réaliser des bobines de 50, 200 et 400 spires.		
n. spires	inductance	gamme de fréquences
n = 50	L = 0,25 mH	450,2 kHz à 1423,5 kHz
n = 200	L = 4 mH	112,5 kHz à 355,9 kHz
n = 400	L = 16 mH	56,3 kHz à 177,9 kHz

pour l'antenne ferrite active (**fig. 9**), avec platine et composants, est disponible sur notre site. Il contient aussi le barreau de ferrite, trois noyaux à bobiner et 24,5 m de fil de cuivre émaillé.

### Valeur efficace et échantillonnage aléatoire

Il est pratique de pouvoir effectuer des mesures de tension alternative en valeur efficace (RMS). Un premier cas est p. ex.

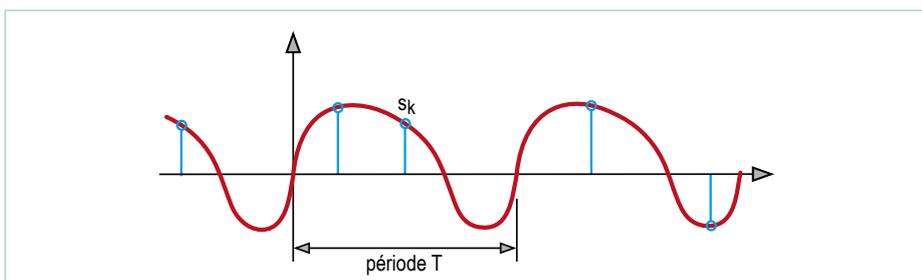


Figure 10. L'échantillonnage aléatoire.

## Le temps d'acquisition

Au convertisseur A/N de l'ATmega88, il ne faut pas moins de 13 coups de son horloge interne, qui ne dépasse pas 200 kHz, pour effectuer une conversion. Dans notre cas, nous obtenons cette fréquence en divisant par 128 l'horloge du processeur à 20 MHz. Le rythme du CAN est donc de 156,25 kHz et nous sommes ainsi limités à un taux de 12 000 conversions par seconde. L'observance du théorème d'échantillonnage ne nous permettrait pas de numériser des signaux qui auraient une composante supérieure à 6 kHz. Malgré cela, l'échantillonnage aléatoire nous autorise la mesure de valeurs de tension efficace à des fréquences bien supérieures. Mais pour y parvenir, il faut en tout cas disposer d'un bon circuit échantillonneur à l'entrée du CAN. En particulier, le laps de temps dont il a besoin pour la capture de l'échantillon doit être le plus court possible. Le cahier de caractéristiques de l'ATmega88 ne révèle rien de précis à ce sujet. À nous donc de vérifier jusqu'à quelle fréquence la mesure de la valeur efficace d'un signal sinusoïdal peut encore être assez fiable.

Aussitôt dit, aussitôt fait, j'ai mesuré simultanément un signal sinusoïdal de 100 mV<sub>eff</sub> avec le voltmètre RMS de l'AVR et sur un oscilloscope numérique Tek. Le tableau reprend les amplitudes annoncées pour des fréquences jusqu'à 2 MHz. On atteint une haute précision jusqu'à 200 kHz, il y a 10 % d'erreur en amplitude à 500 kHz et déjà 30 % à 1 MHz.

Ces mesures nous indiquent que l'on peut probablement échantillonner avec une précision moyenne jusqu'à quelques centaines de kHz. Si l'on prend en compte un affaiblissement de 30 %, soit 3 dB, on atteint même le mégahertz. Dans cette optique, notre appareil de mesure de la valeur efficace n'est pas si mauvais.

Par la même occasion, nous avons appris avec plaisir que le temps d'acquisition du contrôleur AVR est assez court, ce qui va nous être d'un grand secours dans la numérisation en suréchantillonnage de signaux en grandes ondes et dans le bas de la gamme des ondes moyennes.

Fréquence	mesure AVR (mV)	oscillo Tek (mV)
1 kHz	99,0	100,0
2 kHz	100,0	100,0
5 kHz	101,9	101,5
10 kHz	102,0	102,0
20 kHz	102	102,5
50 kHz	102	102,3
100 kHz	101	102,2
200 kHz	98,0	101,7
500 kHz	90,0	101,0
1 MHz	68,0	100,9
2 MHz	42,0	99,0

Publicité



## Elektor Electronic Toolbox



### Enfin une app utile pour les électroniciens, conçue par des électroniciens

La nouvelle application *Elektor Electronic Toolbox* répond aux questions des électroniciens et à leur besoin d'information rapide dans la vie quotidienne. 33 applications sont réunies sous un écran d'accueil commun et donnent accès à des banques de données pour les semi-conducteurs discrets (transistors bipolaires, FET, triacs, thyristors, diodes) ou intégrés. Pour retrouver en un éclair un composant et ses caractéristiques, il suffit de taper sa référence. Pas de connexion internet requise, toutes les informations sont en mémoire pour rien moins que 45.000 composants ! Une banque de données annexe donne le brochage d'une foule de connecteurs, notamment dans les domaines Audio & Vidéo, informatique et téléphonie. Une autre application fort utile permet de calculer la valeur des composants, dans les filtres, les diviseurs, les régulateurs, les étages à transistors, à amplificateurs opérationnels etc. D'autres font pour vous les conversions entre systèmes de numération, entre unités de grandeur, fréquences, longueurs d'ondes etc. Sans oublier l'inévitable code des couleurs et le tableau des symboles utilisés en électronique.

Frequences  
 Votre nouvelle app *Elektor Electronic Toolbox* pour iPhone, iPod et iPad ne coûte que 4,99 €.

**PCB-POOL**  
 L'ORIGINAL DEPUIS 1994  
 Beta LAYOUT

**Pochoir CMS gratuit**  
 Un pochoir CMS est offert avec chaque commande "Prototype"

**EAGLE : Bouton de commande**  
[pcb-pool.com/download-button](http://pcb-pool.com/download-button)  
 20% de remise sur votre première commande de PCB

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

PROTEUS | Focad 2006 | NATIONAL INSTRUMENTS | RS-274-X | Altium Designer | cadence | EDWIN | GraphiGlobe | PULSONIX | Easy-PC

PCB-POOL® est la marque déposée de **Beta LAYOUT**

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

Chaque marque déposée appartient à son propriétaire respectif.

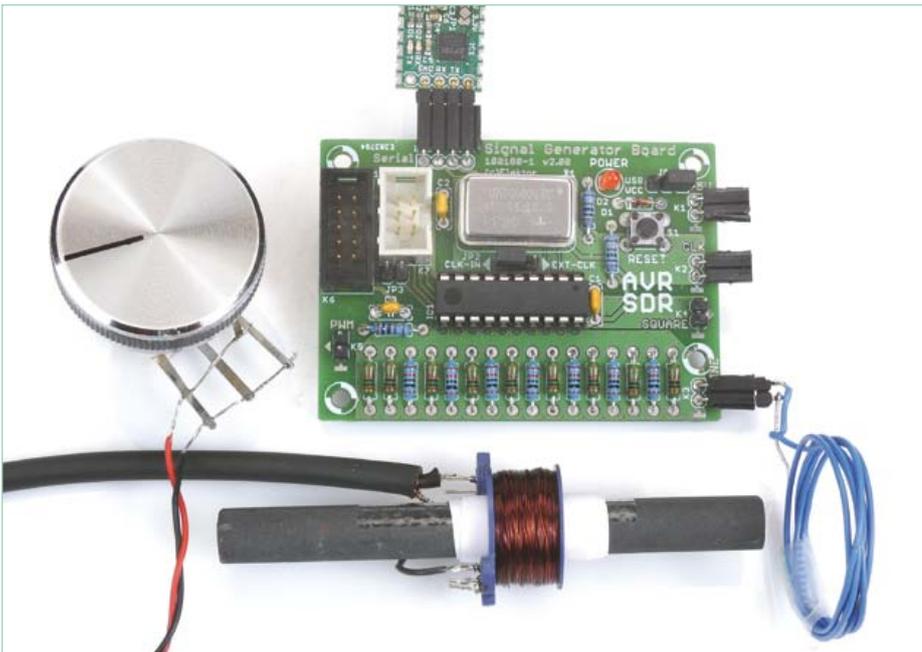


Figure 11. Réglage du circuit oscillant de l'antenne ferrite (agencement).

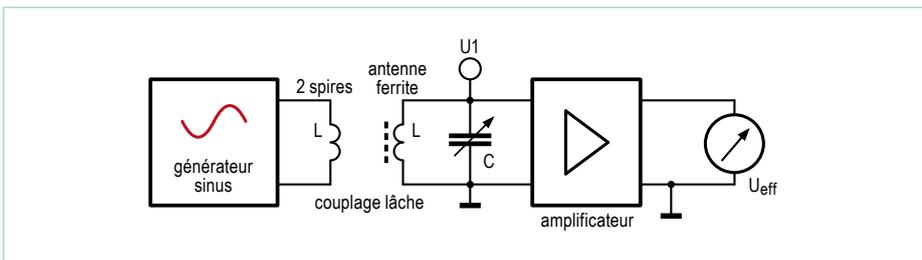


Figure 12. Réglage du circuit oscillant de l'antenne ferrite (graphique).

chez AK Modul-Bus [4], disponible en kit). On bobine la self adéquate sur un mandrin RM10, par exemple. Pour couvrir la gamme de fréquences voulue avec un condensateur variable de  $2 \times 265$  pF, il nous faut trois bobines distinctes de 200, 150 et 50 spires (voyez le **tableau**).

Avant de se lancer dans la chasse aux signaux radio, il nous faut encore accorder

l'antenne ferrite et l'orienter. Tout ira mieux si le réglage a déjà été effectué. Nous disposons de tout ce qu'il faut pour cela. Il y a le générateur pour produire des signaux de test (EXP-SinusGenerator-DDS-ASM-C-V01.c), avec lequel nous alimentons une petite bobine de quelques spires sur un diamètre de 30 mm (**fig. 11**) et nous voilà en possession d'un émetteur magnétique expérimental.

Pour bien faire, on accorde le circuit oscillant du récepteur exactement dans la configuration qui sera utilisée après. Brancher un oscilloscope sur le circuit oscillant risque de tout compromettre. Alors, connectons l'antenne active à la platine du récepteur et exécutons, en guise de logiciel de réception, celui du voltmètre RMS EXP-RMSmeter-V01.c. (**fig. 12**).

Réglons l'émetteur de test sur la fréquence désirée comme expliqué dans la 1<sup>re</sup> partie [1]. Approchons la bobine d'émission d'abord relativement près du barreau de ferrite. Il faut alors faire pivoter les lames du condensateur variable jusqu'à un maximum à l'endroit de la résonance. Pour un réglage plus précis du maximum, on peut encore éloigner l'émetteur de test de l'antenne ferrite. Dès que ce circuit résonant sera bien accordé, nous pourrons nous adonner à nos expériences de réception !

Dans le prochain article, nous irons encore plus loin : d'abord à propos de filtres, puis viendra cette fameuse PLL pour obtenir une fréquence ultra précise. Après ça, c'est la réception des cartes météo sur 147,3 kHz qui nous attend !

(100182 – trad. Robert Grignard)

### Liens

- [1] [www.elektor.fr/100180](http://www.elektor.fr/100180)
- [2] [www.elektor.fr/100181](http://www.elektor.fr/100181)
- [3] [www.elektor.fr/100182](http://www.elektor.fr/100182)
- [4] [www.ak-modul-bus.de](http://www.ak-modul-bus.de)

### Produits et services Elektor

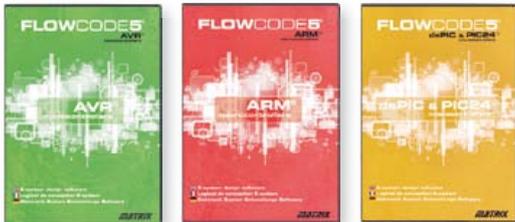
- Générateur de signaux (module prêt à l'emploi : 100180-71)
- Récepteur universel (module prêt à l'emploi : 100181-71)
- Antenne ferrite active (module prêt à l'emploi : 100182-71)
- Ensemble des trois modules ci-dessus : 100182-72
- Convertisseur USB/TTL BOBFT232, câblé et testé : 110553-91
- Programmeur USB AVR, platine à CMS implantés plus les autres composants : 080083-71
- Téléchargement gratuit des logiciels (fichiers hexadécimaux et code source)

Retrouvez tous les produits ici : [www.elektor.fr/100182](http://www.elektor.fr/100182)

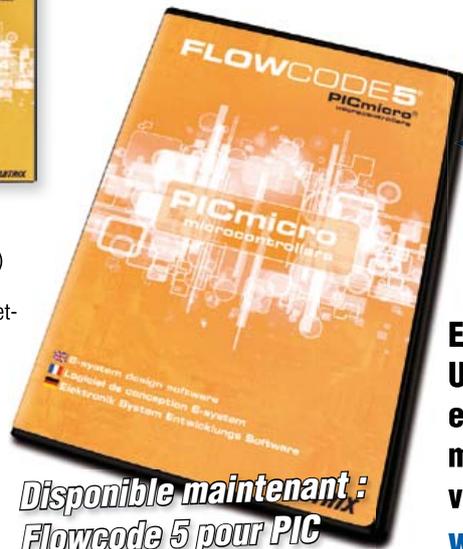
# Flowcode 5 : jamais compliqué, toujours puissant

**FLOWCODE5**

conception → simulation → téléchargement



Flowcode est un langage de programmation graphique pour microcontrôleurs (PIC, AVR, ARM et dsPIC/PIC24) parmi les plus évolués. Même si vous manquez encore d'expérience, l'atout principal de Flowcode est de permettre la création de systèmes électroniques et robotiques éventuellement complexes, mais jamais compliqués. Son interface graphique ludique et sa facilité d'utilisation font de Flowcode 5 l'outil idéal pour enchaîner à l'écran les phases de conception, de simulation et de production du code pour la programmation de microcontrôleurs PIC, AVR et ARM. Flowcode est utilisé aussi bien dans les entreprises ou par les particuliers que dans l'Education Nationale.



**Disponible maintenant !  
Flowcode 5 pour PIC**

**Essayez vous-même !  
Une version de démonstration  
et des informations complémentaires sur Flowcode 5  
vous attendent ici  
[www.elektor.fr/flowcode](http://www.elektor.fr/flowcode)**

## LabWorX 1 Mastering the I<sup>2</sup>C Bus

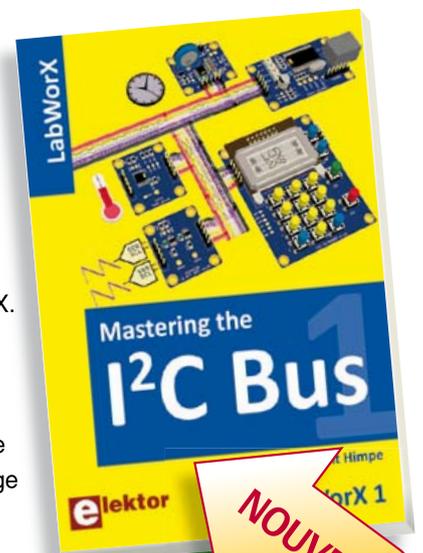
➡ Nouveau livre d'Elektor en anglais

Le livre « Mastering the I<sup>2</sup>C Bus » est le premier opus de la nouvelle collection LabWorX. Il vous emmène explorer le bus I<sup>2</sup>C (*Inter Integrated Circuit*) et ses applications.

Outre le protocole du bus (événements, adressage, synchronisation...), l'auteur s'intéresse également aux applications pratiques et à la conception d'un système entier à bus I<sup>2</sup>C. En effet il propose un pilote I<sup>2</sup>C en pseudo-code, c'est-à-dire dans un langage de programmation imaginaire que tout programmeur pourra transposer dans son langage préféré, ainsi que des F.A.Q. sur le matériel et le protocole.

Les catégories de puces compatibles I<sup>2</sup>C les plus courantes sont traitées en détail (entrées/sorties parallèles, contrôleurs LED & LCD, convertisseurs A/N & N/A, mémoires EEPROM...).

Grâce aux seize mini-circuits (*labsticks*) proposés en complément du livre, le développement d'un prototype sera rapide. La « sonde I<sup>2</sup>C » permet notamment de commander différents composants I<sup>2</sup>C depuis un PC (via un port USB). Tous les exemples de programme et les logiciels pour PC nécessaires peuvent être téléchargés de la page internet réservée à LabWorX.



**NOUVEAU**

248 pages  
Format 17 x 23,5 cm  
ISBN 978-0-905705-98-9  
34,50 €

Pour commander en ligne et bénéficier d'une remise spéciale de 5% :

[www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)

# préAMP 2012 (2)

## platine pour cellules MC & MM

Douglas Self (Royaume-Uni)

Contre toute attente, les disques vinyles opèrent un retour en force, au point que de jeunes musiciens sortent allègrement leurs albums sur CD et sur *disque noir*, de préférence en version de 180 grammes. On revoit aussi des tables de lecture de haut de gamme à des prix exorbitants, mais à quoi bon tout cela sans préampli adapté aux caractéristiques de la tête de lecture ? C'est exactement ce que fait ce projet et... avec un certain succès.

Reportons-nous au schéma fonctionnel de la 1<sup>re</sup> partie [1]. Nous allons en examiner les blocs préampli MC, synthétiseur de charge, préampli MM, filtre de bande passante et gain commuté. Notez que le commutateur dessiné avec le bloc de gain commuté est en réalité une embase pour cavalier sur la platine. Toutes ces sections sont logées sur une seule platine, la deuxième de sept qui constitueront les organes de commande d'un amplificateur audio de pointe. Voyons comment tout cela fonctionne en parcourant le schéma de la **figure 1**.

### Étage MC pour cellule à bobine mobile

Cet étage construit autour des transistors T1 à T4 et des amplis op IC1A et IC2A donne un bruit très faible avec les basses impédances des cellules à bobine mobile.

Il fournit un gain fixe de +30 dB en sortie. L'adaptation du gain pour tenir compte de la grande variété de sensibilité de ces cellules sera réalisée plus loin, dans l'étage de gain commuté. Cette architecture ne concède aucun compromis au bruit ni à la marge avant surcharge, il n'y a donc aucune nécessité de régler le gain de cet étage MC, ce qui simplifie considérablement la vie.

Le gain total de l'étage est de +45 dB pour accepter une valeur relativement haute de la résistance de rétroaction définie par R8 et R9. On n'utilise qu'une partie de ce gain, drainé par C7. L'amplification supplémentaire de 15 dB n'occasionne aucun risque de surcharge puisque l'étage MM qui suit atteindra toujours l'écrêtage bien avant l'étage MC.

La polarisation des transistors 2SA1085 est fixée par R3 et R4. Celle de l'ampli op IC1A

est déterminée indépendamment par l'intégrateur asservi IC2A qui impose exactement 0 V à la sortie.

La conception de l'étage MC améliore de 1 dB la cote de bruit (pour 3,3  $\Omega$  et 10  $\Omega$  de résistance de source) en comparaison des versions antérieures de ce circuit. C'est le résultat de la mise en parallèle de quatre transistors PNP, bien plus faciles à se procurer que les anciens 2SB737 ; vous pouvez cependant les utiliser si vous en avez encore. Les emplacements pour R1 et C1 ont été prévus pour modifier la charge de la cellule. Cela n'a qu'un effet marginal sur la réponse de la cellule la plupart du temps, du fait que son impédance est extrêmement basse. Mais vous pouvez essayer d'y mettre pour R1 une valeur entre 10  $\Omega$  et 1 k $\Omega$  et pour C1, de 0 à 10 nF.

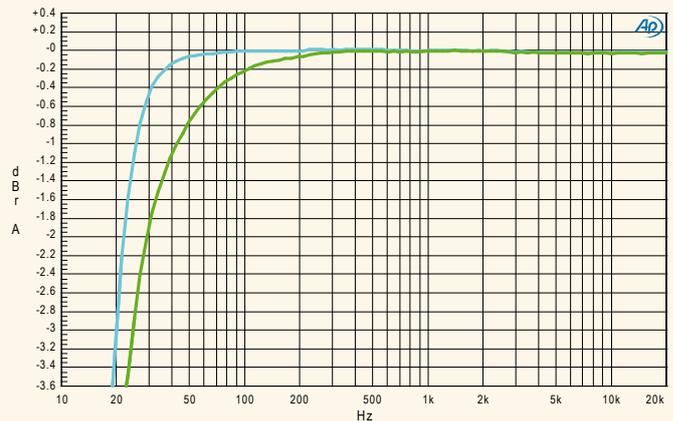
## Graphique de performances

avec la platine MC/MM EPS 110650-2 seule ;

instrument du test : Audio Precision Two Cascade Plus 2722  
Dual Domain au laboratoire Elektor

Nous avons ici un AP-2 pour fournir un signal corrigé en amplitude pour correspondre à la courbe de préaccentuation RIAA pour visualiser toute déviation en amplitude. La courbe a été prise avec l'amendement IEC. L'erreur à 20 kHz est < 0,06 dB sur le canal gauche MC. Les mesures à droite sont quasi identiques, les courbes coïncident.

En conclusion, une justification complète de l'usage de condensateurs au polystyrène dans cette section, malgré leur coût plus élevé.



### Étage MM pour cellule magnétodynamique (aimant mobile)

C'est un étage relativement conventionnel, sauf qu'il utilise des condensateurs multiples au polystyrène pour atteindre la valeur voulue (les condensateurs au polyester ont des tolérances plus larges et introduisent de la distorsion non linéaire) et pour améliorer la précision de la correction RIAA. Les résistances multiples R22, R23 et R24, R25 ont le même but. La valeur de C12 est grande puisque l'amendement IEC n'est pas utilisé dans cet étage.

La caractéristique HF RIAA est corrigée pour le gain d'étage relativement bas par R26, R27 et C22. Ici aussi, deux résistances sont mises en œuvre pour améliorer la précision et C22 est au polystyrène.

Remarquez qu'on utilise ici un NE5534 pour IC3 parce qu'il est moins bruyant qu'une moitié de NE5532 et considérablement moins encore que le LM4562 avec son fort bruit en courant. La haute inductance d'une cellule MM accentue le bruit en courant. La charge de la cellule, spécialement capacitive, affecte beaucoup plus les cellules MM. Des emplacements pour R13 et

C8 sont prévus, vous pouvez donc la modifier. La gamme convenable pour C8 va de 0 à 330 pF. On conseille rarement d'ajouter une résistance de charge ; ici, elle déprécierait la réduction de bruit offerte par le synthétiseur de charge. La plus basse valeur acceptable pour R13 serait 220 kΩ.

### Synthétiseur de charge

Le circuit de synthèse de charge autour de IC4 sert à transformer la résistance R16 de 1 MΩ en une version électronique de la résistance requise de 47 kΩ. Le bruit de Johnson de la résistance n'est cependant

## Caractéristiques de la platine pour cellules MC & MM

**Conditions de test :** alimentation  $\pm 17,6$  V, B = 80 kHz ; mesuré à la sortie de la 1<sup>re</sup> platine (110650-1) ; volume réglé pour 1 V de sortie ;

**Instrument du test :** Audio Precision Two Cascade Plus 2722 Dual Domain au laboratoire Elektor

MD: 5 mV entrée, 1 kHz, JP1/2 = 15 dB (source 750 Ω)	DHT+b S/b S/b S/b (entrée court-circuit)	0.008 % 82 dB 86 dBA 88 dBA
MC: 0.2 mV entrée, 1 kHz, JP1/2 = 15 dB (source 1 Ω)	DHT+b S/b S/b	0,016 % 76 dB 79,5 dBA
gain d'étage MC		29,8 dB

coupure basse (-3 dB)	19,8 Hz (G)
	20 Hz (D)
	23,3 Hz (G, avec amendement IEC)
	24,8 Hz (D, avec amendement IEC)
déviations de l'horizontale	-0,06 dB (100 Hz à 20 kHz)

gain commuté JP1/JP2 (dB)	G	D
0	0	0
5	5,22	5,23
10	10,95	10,97
15	14,71	14,72
20	19,52	19,51

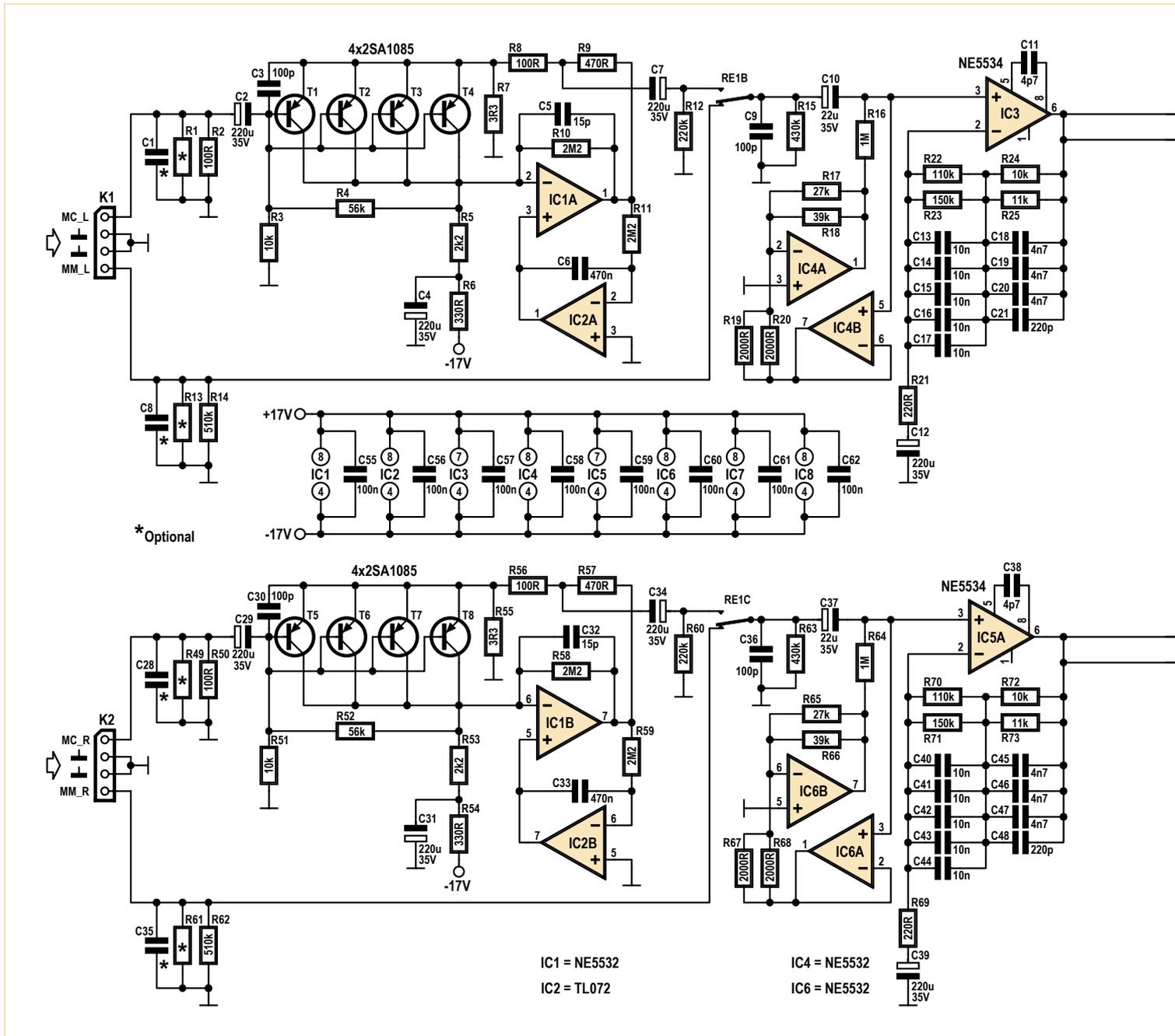
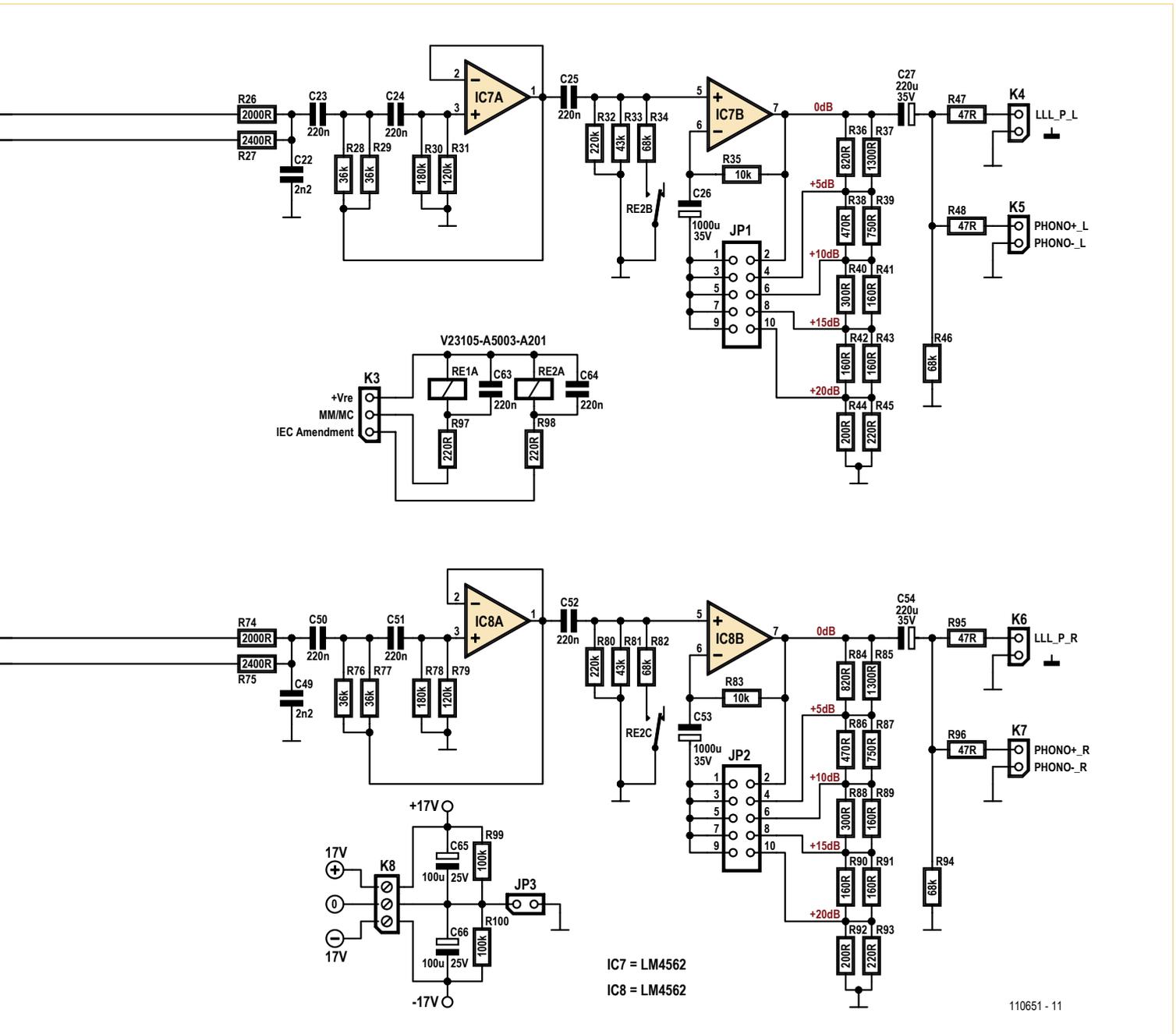


Figure 1. Le schéma de la section préampli bobine mobile / aimant mobile de notre préAMP 2012. Une conception empreinte de chasse au bruit et de parfaite adaptation à la grande variété de cellules.

pas simulé et de cette manière, le bruit causé par la hausse d'impédance de l'inductance de la cellule MM est éliminé. En attachant son extrémité basse en opposition

de phase par rapport au signal du haut, R16 acquiert l'apparence d'une 47 kΩ. IC4B présente une haute impédance pour l'entrée MM alors que IC4A est un étage inverseur.

Les résistances multiples R19, R20 et R17, R18 servent à améliorer la précision du gain et du même coup la précision de la synthèse d'impédance.



Scrutez le tableau des performances pour vérifier si nous avons péché quelque part.

### Filtre subsonique

Nous sommes en présence d'un filtre passe-haut Butterworth du 3<sup>e</sup> ordre à deux étages dont le point de coupure est

à 20 Hz. Ici aussi, les résistances multiples R28, R29 et R30, R31 améliorent la précision. Dans ma précédente version du Preamp, j'avais utilisé un étage unique,

mais j'ai trouvé que la configuration à deux étages est préférable en termes d'optimisation de la caractéristique de distorsion [2]. C'est un LM4562 qui est à l'œuvre ici

## Liste des composants

### Résistances :

(tolérance 1%, métal film 0,25W)

R1, R13, R49, R61 = optionnel, voir texte  
 R2, R8, R50, R56 = 100 Ω  
 R3, R24, R35, R51, R72, R83 = 10 kΩ  
 R4, R52 = 56 kΩ  
 R5, R53 = 2,2 kΩ  
 R6, R54 = 330 Ω  
 R7, R55 = 3,3 Ω  
 R9, R38, R57, R86 = 470 Ω  
 R10, R11, R58, R59 = 2,2 MΩ  
 R12, R32, R60, R80 = 220 kΩ  
 R14, R62 = 510 kΩ  
 R15, R63 = 430 kΩ  
 R16, R64 = 1 MΩ  
 R17, R65 = 27 kΩ  
 R18, R66 = 39 kΩ  
 R19, R20, R26, R67, R68, R74 = 2,00 kΩ  
 R21, R45, R69, R93, R97, R98 = 220 Ω  
 R22, R70 = 110 kΩ  
 R23, R71 = 150 kΩ  
 R25, R73 = 11 kΩ  
 R27, R75 = 2,4 kΩ  
 R28, R29, R76, R77 = 36 kΩ  
 R30, R78 = 180 kΩ  
 R31, R79 = 120 kΩ  
 R33, R81 = 43 kΩ  
 R34, R46, R82, R94 = 68 kΩ  
 R36, R84 = 820 Ω  
 R37, R85 = 1,3 kΩ  
 R39, R87 = 750 Ω  
 R40, R88 = 300 Ω  
 R41, R42, R43, R89, R90, R91 = 160 Ω  
 R44, R92 = 200 Ω  
 R47, R48, R95, R96 = 47 Ω  
 R99, R100 = 100 kΩ

### Condensateurs :

C1, C8, C28, C35 = optionnel, voir texte  
 C2, C4, C7, C12, C27, C29, C31, C34, C39, C54 = 220 µF 35 V, 20%, Ø 8 mm, au pas de 3,5 mm  
 C3, C9, C30, C36 = 100 pF 630 V, 1%, polystyrène, axial  
 C5, C32 = 15 pF ±1 pF 160 V, polystyrène, axial  
 C6, C33 = 470 nF 100 V, 10%  
 C10, C37 = 22µF 35V, 20%, Ø 6,3mm, au pas de 2,5 mm  
 C11, C38 = 4,7 pF ±0,25 pF 100 V, au pas de 5 mm  
 C13 à C17, C40 à C44 = 10 nF 63 V, 1%, polystyrène, axial  
 C18, C19, C20, C45, C46, C47 = 4,7 nF 160 V, 1%, polystyrène, axial  
 C21, C48 = 220 pF 630 V, 1%, polystyrène, axial  
 C22, C49 = 2,2 nF 160 V, 1%, polystyrène, axial  
 C23, C24, C25, C50, C51, C52 = 220 nF 250 V, 5%, polypropylène, au pas de 10 mm  
 C26, C53 = 1000 µF 35 V, 20%, Ø 13 mm, au pas de 5 mm  
 C55 à C62 = 100 nF 100 V, 10%, au pas de 7,5 mm  
 C63, C64 = 220 nF 100 V, 10%, au pas de 7,5 mm  
 C65, C66 = 100 µF 25 V, 20%, Ø 6,3mm, au pas de 2,5 mm

### Semi-conducteurs :

T1 à T8 = 2SA1085, Hitachi, p.ex. Reichelt.de type SA 1085 ou RS Components réf. 197-9834  
 IC1, IC4, IC6 = NE5532, p.ex. ON Semiconductor type NE5532ANG  
 IC2 = TL072  
 IC3, IC5 = NE5534, p.ex. ON Semiconductor type NE5534ANG  
 IC7, IC8 = LM4562, p.ex. National Semiconductor type LM4562NA/NOPB

### Divers :

K1, K2 = embase à 4 picots droits au pas de 2,54 mm prises pour K1 et K2  
 K3 = embase à 3 picots droits au pas de 2,54 mm prise pour K3  
 K4 à K7, JP3 = embase à 2 picots droits au pas de 2,54 mm prises pour K4 à K7 cavalier pour JP1, JP2, JP3  
 JP1, JP2 = embase à 2x5 picots au pas de 2,54 mm  
 K8 = triple bornier à vis au pas de 5 mm  
 RE1, RE2 = relais DPDT, 12 V/960 Ω, 230 V/3 A, encartable, TE Connectivity/Axicom type V23105-A5003-A201

circuit imprimé EPS 110650-2  
 (www.elektor.fr/110651)

Note : composants disponibles entre autres chez Farnell, sauf T1 à T8 et circuit imprimé 110650-2

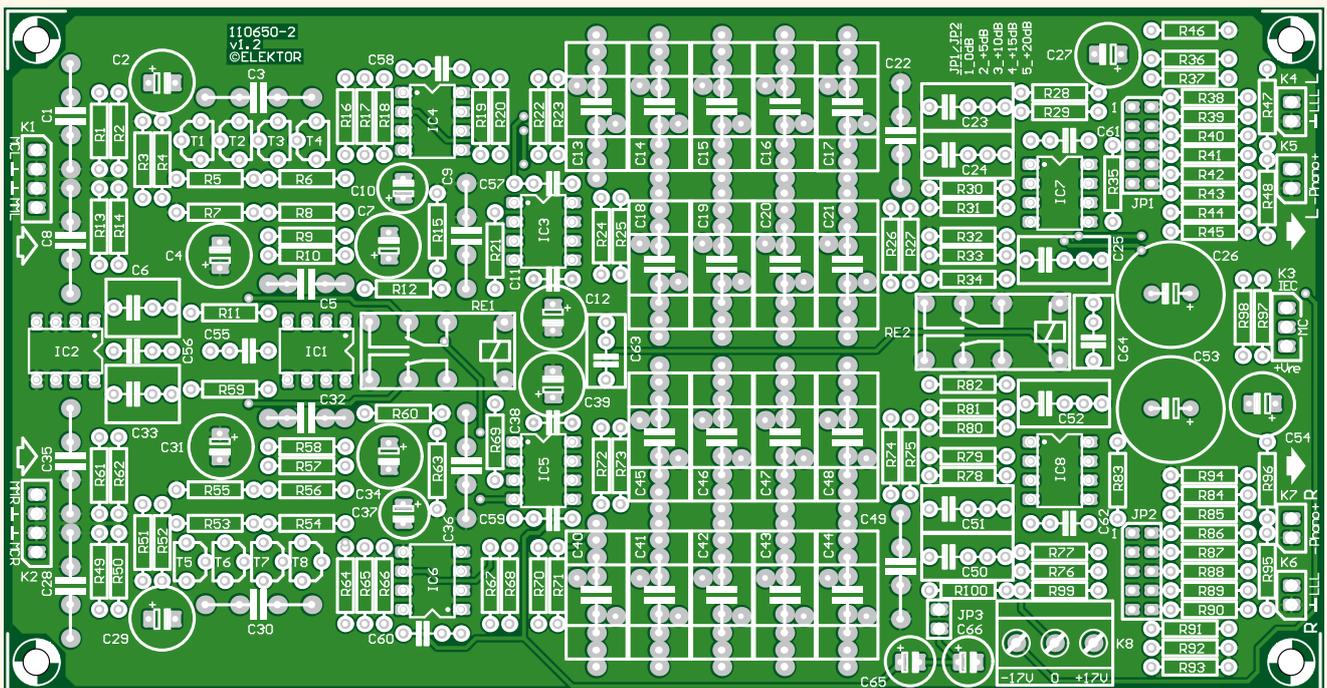


Figure 2. Sérigraphie de la platine MC/MM. Cette platine de qualité est disponible toute faite dans l'e-choppe.

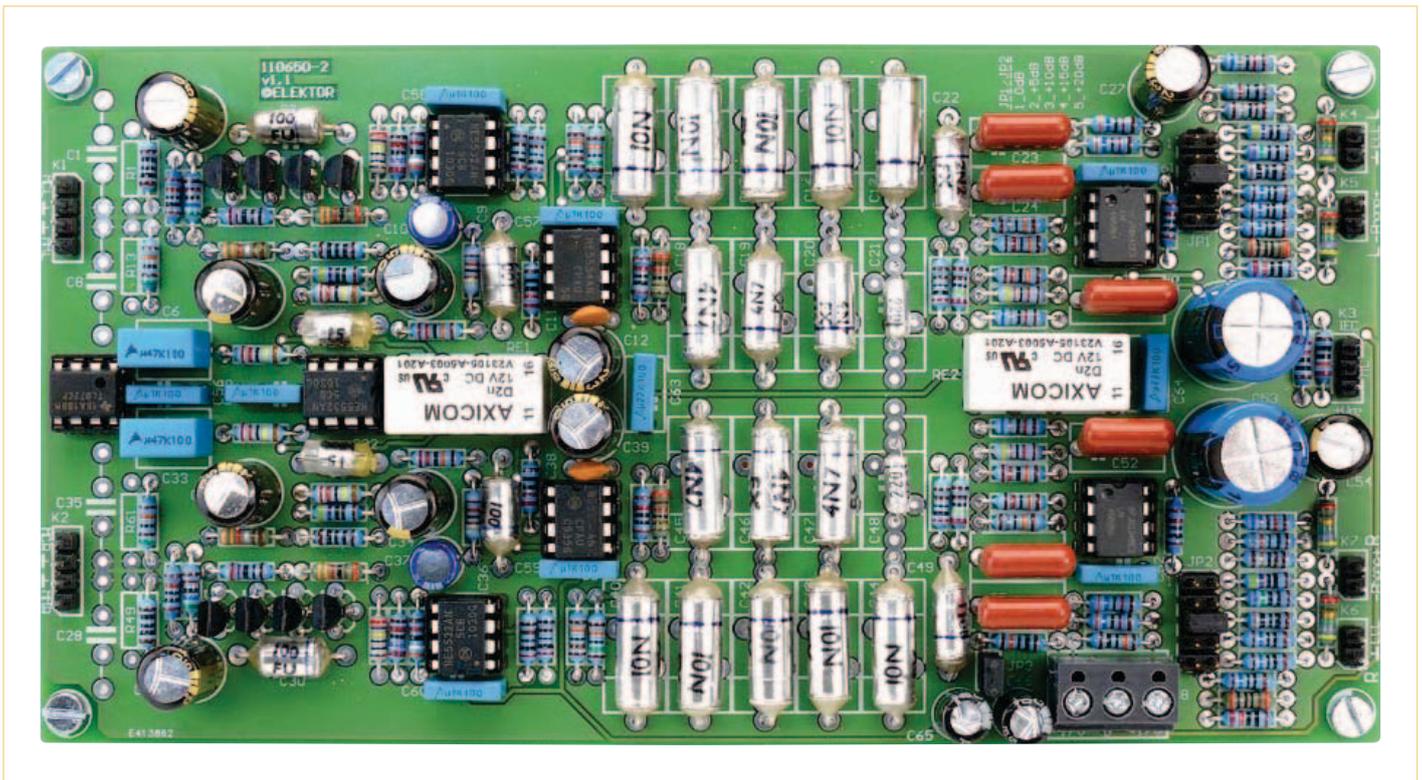


Figure 3. La platine MC/MM assemblée et testée, tout droit sortie du laboratoire Elektor.

(IC7A) parce qu'il réduit considérablement la distorsion.

### Amendement IEC commutable

L'amendement IEC est un atténuateur BF supplémentaire qui a été tardivement ajouté à la spécification RIAA. La plupart des gens le trouvent indésirable, aussi l'a-t-on souvent omis. On peut ici le mettre en service en ajoutant la résistance R34 aux bornes des résistances R32 et R33 du filtre subsonique. C'est une légère approximation, mais elle épargne un ampli op et la précision est de  $\pm 0,1$  dB jusqu'à 29 Hz. Plus bas, le filtre subsonique prend le relais et la précision n'a plus d'importance.

### Commutation de gain

L'étage que préside IC7B permet à chaque cellule MC ou MM du marché de recevoir le gain nécessaire pour le bruit minimum et la meilleure marge à la surcharge. Le gain varie par échelons de 5 dB en fonction de la position du cavalier sur l'embase JP1 par sélection du coefficient de rétroaction dans le diviseur R36 à R45. Chaque échelon est composé de deux résistances en parallèle pour atteindre précisément la valeur voulue. R35 assure la continuité de la chaîne de rétroaction pendant le changement.

Le signal de commande vers l'étage LLLL (*Log-Law Level LED*), la LED qui indique le niveau en échelle logarithmique, est prélevé par R47 et rejoint le connecteur K4. Ce circuit et la platine qui le porte seront exposés le mois prochain.

### Construction

Le circuit est construit sur la platine à double face et trous métallisés EPS 110650-2 (attention à la numérotation) dont la face sérigraphiée est représentée par la **figure 2**. Comme indiqué dans le premier épisode, l'assemblage le soudage sont affaire de routine, puisque seuls des composants à fils sont utilisés. Pour le soudage, nous recommandons l'usage d'un cadre pivotant. Vérifiez d'abord soigneusement l'identité de tous les composants à l'aide de la liste, puis implantez-les soigneusement. Immobilisez-les par le dessus de la platine à l'aide d'une épaisse couche de mousse d'emballage et du panneau de fixation. Il n'y a plus qu'à faire pivoter l'ensemble pour pouvoir souder les composants (la tête en bas) un à un sans risque de chute ou de dislocation de l'autre côté. L'expérience dicte de toujours commencer par les composants au profil le plus bas et de finir par les plus lourds et les plus encombrants.

Le résultat devrait être une platine en accord parfait avec la conception du circuit. Vous pouvez à tout moment la comparer au prototype (**fig. 3**).

(110651 – trad. Robert Grignard)

### Références :

- [1] PréAMP 2012 1<sup>re</sup> partie et 1<sup>re</sup> platine, Elektor, mars 2012 ; [www.elektor.fr/110650](http://www.elektor.fr/110650)
- [2] Peter Billam, *Harmonic Distortion in a Class of Linear Active Filter Networks*, *Journal of the Audio Engineering Society* Juin 1978 Volume 26, N° 6, p.426

# Retour aux sources (5)

## Tension stable

Nous avons vu comment stabiliser un courant, mais comment stabiliser la tension au mieux ? Avec un régulateur intégré, pensez-vous sans doute. Oui, mais il existe d'autres moyens, qui ne nécessitent que quelques composants discrets et qu'il faut connaître.

Burkhard Kainka (Allemagne)

En lisant Elektor, on constate que la stabilisation de tension y est un thème inlassablement varié. Notamment quand la tension d'alimentation des appareils alimentés par piles est susceptible de baisser fortement à mesure que la pile se décharge, ou de faire du yoyo au fil des sautes de l'intensité du courant consommé. Or, qui dit tension instable dit perturbation. D'où le recours à un régulateur qui, à partir d'une tension d'alimentation générale plus élevée, délivre une tension stabilisée, p. ex. 5 V pour alimenter un microcontrôleur.

### Stabilisation par diode

Stabiliser une tension n'est pas difficile : il existe d'admirables régulateurs, le 7805 p. ex., auxquels vous appliquez entre 7 et 30 V, et qui délivrent exactement 5 V. Nous n'allons pas chercher à copier ces petites usines à composants, car avec quelques semi-conducteurs nous pouvons, nous aussi, stabiliser une tension : commençons par la diode zener, composant magique, d'ailleurs intégrée dans le 7805 avec un bataillon de transistors.

On parle de *claquage* à propos de l'effet zener que nous allons exploiter. Il convient de savoir que malgré ce terme qui évoque un fusible grillé, ce claquage par effet zener n'est nullement destructif. Il survient pour une tension inverse bien définie : p. ex. 6,8 V. La **figure 1** montre le montage de base correspondant.

La caractéristique d'une zener (**fig. 2**) explique le fonctionnement du circuit. Suivez la courbe du courant inverse : son intensité s'accroît brusquement à partir d'une certaine tension inverse  $U_z$ . Ce premier claquage conduit à une **stabilisation** de la tension inverse, à condition de maintenir l'intensité du courant inverse **au-dessous**

d'une certaine limite. Si ce courant devient excessif, la zener chauffe trop et se met en court-circuit. Dès lors la tension stabilisée est... plus ou moins nulle. C'est le *second* claquage des zeners, une erreur malheureusement assez commune.

Il ne faut pas confondre ces deux claquages, car ils relèvent de deux causes différentes. Le premier a donné aux diodes le patronyme du physicien américain, Clarence Melvin Zener, 1905-1993, qui l'a décrit. Il prévaut pour des tensions inférieures à 5,6 V et s'accompagne d'un coefficient de température négatif (la tension zener baisse d'environ 0,1 % par degré). Le second, causé par ce qu'on appelle effet d'avalanche, apparaît pour les tensions supérieures à 5,6 V. Dans ce cas, le coefficient de température est positif, c'est-à-dire que la tension  $U_z$  augmente lorsque la température s'élève. Une zener marquée 5,1 V possède le plus faible des coefficients de température. Les zeners de 7,5 V affichent *a contrario* la caractéristique la plus raide, et par conséquent la plus petite résistance interne différentielle ( $R_i = dU/di$ ). Ce sont donc elles qui offrent la meilleure stabilisation de tension lorsque le courant à travers la diode fluctue.

### Solution rapide

Parfois, on n'a besoin que d'une tension stable entre 2 V et 3 V et d'un peu de courant. Prenons l'exemple de l'étage HF pré-sélecteur d'un circuit radio simple qui travaille sous basse tension, tandis que l'amplificateur de sortie est alimenté par une pile de 9 V. Dans un tel cas, une LED polarisée en sens direct suffit pour stabiliser la tension (**fig. 3**).

La jonction base-émetteur d'un transistor NPN ordinaire se comporte comme une zener. Le seuil de tension zener est en général compris entre 7 V et 12 V. Celui d'un BC547B est d'environ 9 V, et sa résistance interne est très petite. Abstraction faite de sa tension inverse inconnue, le transistor peut donc être considéré comme une excellente diode zener. Les fiches techniques ne disent rien à ce sujet, si ce n'est que la jonction base-émetteur reste correctement bloquée à -5 V. Le premier claquage de la diode base-émetteur est donc un épiphénomène dont nous pouvons tirer profit. Si vous n'avez pas sous la main de diode zener de la bonne valeur, mesurez la tension inverse de quelques transistors, il s'en trouvera bien un pour vous dépanner (**fig. 4**).

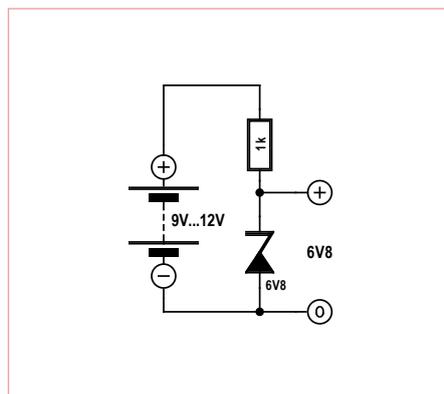


Figure 1. Stabilisation par zener.

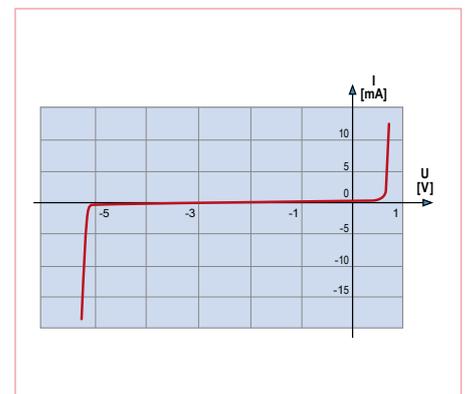
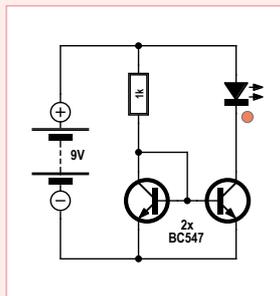


Figure 2. Caractéristique d'une zener.

## Le miroir de courant

Le circuit représente un miroir de courant, parent éloigné de la source de courant constant. Le courant (constant) qui traverse la résistance de 1 k $\Omega$  se reflète dans les deux transistors et réapparaît avec une intensité quasi identique dans le collecteur du transistor de droite. Puisque la base et l'émetteur du transistor de gauche sont interconnectés, il s'établit automatiquement une tension base-émetteur qui engendre alors le courant de collecteur fixé. En théorie, le second transistor, qui possède les mêmes caractéristiques que le premier et la même tension base-émetteur, devrait être parcouru par le même courant de collecteur. En pratique on observe toutefois souvent de petites différences.

Que des transistors différents partagent les mêmes caractéristiques est une exigence pratique difficile à satisfaire. Le circuit est donc



surtout utilisé dans des CI où les transistors ont des caractéristiques par nature identiques. Qu'ils soient à la même température est également important car la caractéristique de transfert dépend de la température.

Nous en déduisons qu'un miroir de courant peut servir de capteur de température. Vous doutez ? Touchez donc un des transistors : la chaleur de votre doigt modifie le courant de sortie et donc la luminosité de la LED. Vous pouvez ainsi l'augmenter ou la diminuer selon le transistor. La dépendance en température du miroir de courant est en fait un défaut de ce circuit, mais comme souvent en électronique, ce qui est indésirable dans un contexte se révèle profitable dans un autre.

À propos d'effet secondaire, saviez-vous que la diode zener d'un transistor NPN émettait une lumière jaunâtre ? Pour la voir, sciez le boîtier métallique (p. ex. TO5) du transistor (p. ex. BC140) puis réalisez le montage dans l'obscurité : *LED there be light !*

### Rendement

Stabiliser une tension à l'aide d'une diode zener est simple, mais pas sans inconvénients, notamment à cause du gaspillage énergétique. La résistance-talon doit en effet être dimensionnée à la fois pour obtenir la plus petite tension d'entrée et la plus grande intensité de sortie. La puissance de sortie du circuit de la **figure 4** n'est p. ex. que de 18 mW pour une intensité max. de 2 mA. Avec la plus petite tension d'entrée, 12 V, il s'établit une différence de potentiel de 3 V aux bornes de la résistance chutrice. Il circule alors 1 mA à travers la « diode zener », et 2 mA à travers la charge. Une intensité inférieure à 1 mA à travers la diode zener est à éviter puisqu'elle se

situerait dans le coude de la caractéristique pour lequel la résistance interne est élevée et la stabilisation mauvaise. Même si on s'en tient à ce seuil théorique minimum, déjà un tiers du courant d'entrée sera gaspillé par la diode zener. En pratique, le gaspillage est encore plus grand, car une conception rigoureuse impose une limite basse d'au moins 5 mA pour l'intensité zener.

Ça ne s'arrange pas si la tension d'entrée atteint 24 V : la différence de potentiel aux bornes de la résistance-talon vaut alors 15 V, le courant qui la traverse est de 15 mA, et la puissance totale absorbée s'élève donc à 360 mW. La médiocrité du rendement, exprimé par le rapport des puissances utile et absorbée, est frappante : 5 %. La honte par ces temps de crise énergétique ; il nous faut une autre solution !

### Régulateur série

Avec un transistor monté en collecteur commun, c'est-à-dire que son collecteur

est relié directement au plus de l'alimentation, le rendement grimpe en flèche (**fig. 5**). Un tel montage est aussi appelé émetteur-suiveur, car la tension de l'émetteur suit celle de la base (avec un écart de 0,6 V). La tension de sortie de notre circuit vaut donc  $6,2 \text{ V} - 0,6 \text{ V} = 5,6 \text{ V}$ .

Ici, la diode zener n'a plus à fournir que le courant de base, dont l'intensité est faible. L'intensité du courant de sortie est à peine inférieure à celle du courant d'entrée du circuit, et ce sur une large plage de valeurs. Le rendement est satisfaisant. L'essentiel des pertes est à mettre au compte du transistor (appelé ballast) et ne dépendent que du courant de sortie et de la différence entre les tensions d'entrée et de sortie.

Ajoutons un potentiomètre pour diviser la tension auxiliaire stabilisée, et notre circuit devient un régulateur de tension réglable (**fig. 6**). La tension de sortie vaut alors 0,6 V de moins que celle déterminée par la posi-

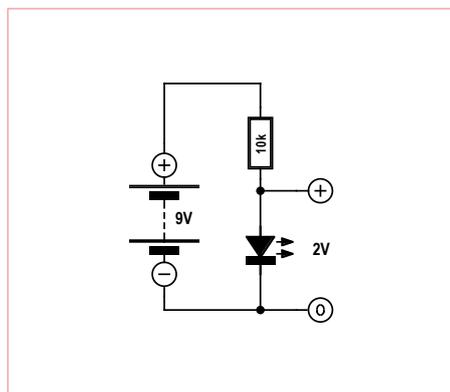


Figure 3. Stabilisation par LED.

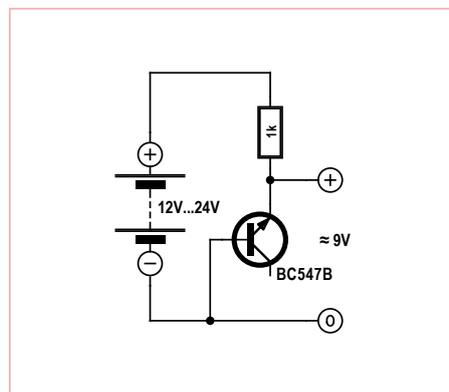


Figure 4. Un transistor NPN peut servir de zener.

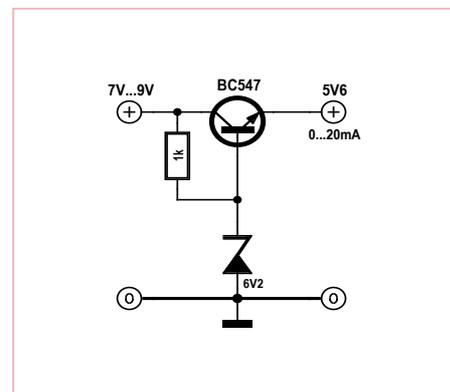


Figure 5. Un transistor comme régulateur série.

## Tension sous surveillance

De nombreux circuits ont besoin d'une tension de service de 5 V et ne tolèrent qu'à peine des écarts de  $\pm 10\%$ . Voici un programme bien pratique qui surveille la tension réelle. Le microcontrôleur mesure la tension et en fournit une indication lumineuse. Une LED verte s'allume lorsque la tension est correcte (de 4,75 V à 5,25 V), une rouge lorsqu'elle est trop basse, et une jaune lorsqu'elle est trop haute. Le  $\mu$ contrôleur est alimenté par la tension à surveiller. Il la compare avec une tension de référence de 1,1 V.

Le code source *Tiny13\_V-V\_monitor.bas* est à télécharger depuis [www.elektor.fr/120005](http://www.elektor.fr/120005).

```

`Superviseur de tension
$regfile = «attiny13.dat»
$crystal = 1200000
$hwstack = 8
$swstack = 4
$framesize = 4

Dim U As Word

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Internal
Start Adc
Ddrb = &H07          `sorties B0/1/2

Do
  U = Getadc(3)      `0 à 6,1 V

  If U < 797 Then    `4,75 V
    Portb = &H04     `rouge
  Else
    If U > 880 Then  `5,25 V
      Portb = &H01   `jaune
    Else
      Portb = &H02   `verte
    End If
  End If
  Waitms 1000
Loop

End
    
```

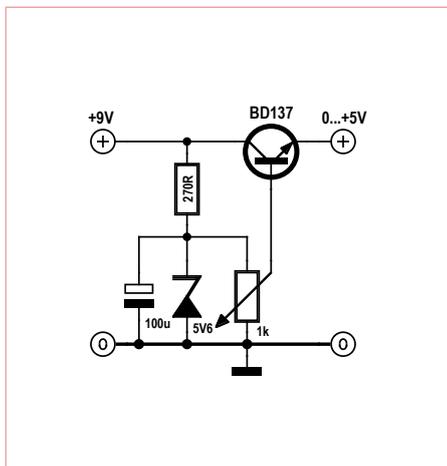
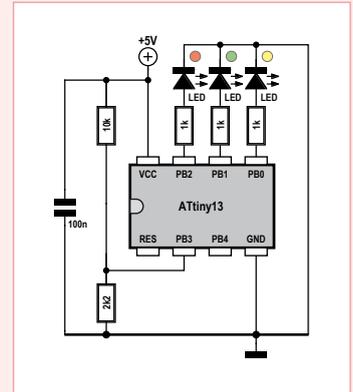


Figure 6. Un régulateur de tension réglable.

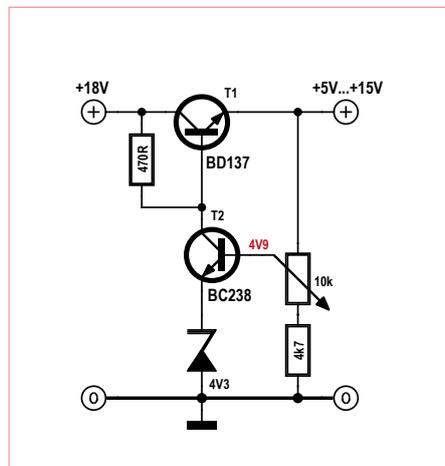


Figure 7. Un régulateur de tension réglable amélioré.

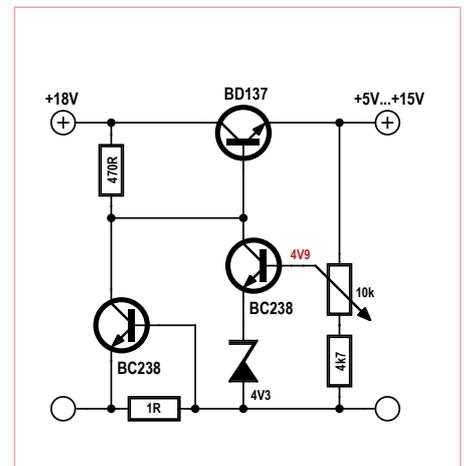


Figure 8. Une limitation de courant supplémentaire.

tion du curseur. Cependant, pour que la tension reste stable même en cas de fluctuations du courant de sortie, l'intensité du courant à travers le potentiomètre doit être plus élevée que l'intensité maximale du courant de base.

L'asservissement actif de la tension de sortie améliore la stabilisation (fig. 7) : une fraction ajustable de la tension de sortie est comparée à la tension d'une zener. La différence sert d'information de régulation et commande, via T2, la tension de base du transistor ballast T1. Ce circuit délivre une tension de sortie sensiblement supérieure à la tension zener, par conséquent proche de la tension d'entrée. Il forme une alimentation typique, capable de fournir jusqu'à 1 A. La charge admissible réelle dépend du refroidissement du transistor de puissance BD137.

Notre alimentation régulée ne sera complète qu'avec une limitation du courant. Insérons dans la branche négative une résistance de très faible valeur aux bornes de laquelle régnera une différence de potentiel proportionnelle au courant de sortie (fig. 8). Le transistor associé à cette résistance devient conducteur dès que la différence de potentiel dépasse 0,6 V : ce faisant, il réduit la tension de base du transistor ballast. Grâce à cette résistance détectrice de courant de 1  $\Omega$ , le courant ne dépassera jamais 0,6 A, même en cas de court-circuit. La présence d'un gros dissipateur est indispensable, puisqu'en cas de court-circuit le transistor de ballast dégagera beaucoup de chaleur.

### Régulateur de tension intégré

Il existe des régulateurs de tension intégrés bon marché pour toutes les tensions

de sortie habituelles. Un 7805 délivre jusqu'à 1 A sous 5 V, une intensité forte qui exige un radiateur. Quand l'intensité requise est moindre, jusqu'à 100 mA, on peut se contenter d'un 78L05. Attention à son brochage, différent de celui de son aîné ! Les régulateurs doivent toujours être entourés de deux condensateurs, sur l'entrée et la sortie, pour étouffer de nuisibles ondulations HF de quelques centaines de kHz (fig. 9).

On retrouve dans les régulateurs intégrés les assemblages de semi-conducteurs discrets qui nous ont servi jusqu'à présent. Ainsi le circuit interne d'un 78LXX (fig. 10) contient-il la zener et sa résistance-talon. Le circuit de régulation est en réalité plus complexe puisqu'il contient un amplificateur différentiel et un montage appelé miroir de courant (voir encadré). Le transistor de ballast correspond ici au montage darlington

Anzeige

**www.elektor.fr/kitdebut**  
après le succès phénoménal du livre  
de Remy Mallard voici enfin votre

# kit d'initiation

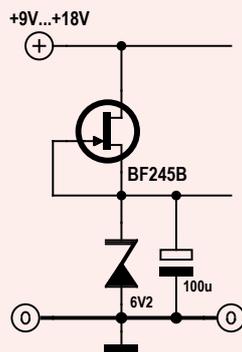
avec plaque d'expérimentation et pince coupante

avec vidéo didactique pour l'assemblage

livre + kit : **le cadeau idéal** pour un(e) débutant(e)

# Jeu-concours

Le circuit suivant, chargé de stabiliser une tension d'environ 6,2 V, utilise un JFET BF245B à la place d'une résistance-talon. Ce JFET sert de simple source de courant constant et améliore la stabilisation lorsque la tension d'entrée fluctue. Le circuit a été conçu pour une tension d'entrée comprise entre 9 V et 18 V.



### 1) Quel courant maximal peut être prélevé en sortie ?

- A) près de 10 mA
- B) jusqu'à 100 mA
- C) moins de 1 mA

### 2) Par rapport à un circuit à diode zener et résistance-talon, que peut-on dire du rendement de ce circuit lorsque la tension d'entrée est du côté des valeurs hautes ?

- D) Le rendement est meilleur avec le JFET
- E) Le rendement est moins bon avec le JFET
- F) Même rendement pour les deux circuits

### 3) Quel est le rôle du condensateur électrolytique ?

- G) Améliorer le rendement
- H) Réduire la résistance interne pour les hautes fréquences
- I) Maintenir le circuit alimenté durant quelques minutes en cas de coupure de courant

Burkhard Kainka présente ses plus plates excuses à ses lecteurs pour l'erreur suivante dans les réponses possibles à la question n° 1 du jeu-concours de la livraison du mois dernier :

il faut lire 10 Ω au lieu de 100 Ω, 4,7 Ω au lieu de 47 Ω et 2,2 Ω au lieu de 22 Ω.

Nous remercions les lecteurs qui nous ont signalé cette erreur.

Si vous avez trois bonnes réponses, vous gagnerez peut-être par tirage au sort un **kitMinty Geek Electronic 101** !

Envoyez avant le 31 mai 2012 votre réponse dans l'objet d'un message électronique adressé à [basics@elektor.com](mailto:basics@elektor.com) sous forme d'un code composé des lettres correspondant à vos trois réponses, à l'exclusion de toute autre mention. L'objet du message sera lu automatiquement, le corps du message ne sera pas lu du tout...

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

### La solution du jeu de mars était le code BDI :

1. Aux bornes de la résistance de collecteur règnent 5 V – 2,8 V = 2,2 V. La tension base-émetteur vaut donc 1 mA (en négligeant  $I_B$ ). La tension base-émetteur vaut environ 0,6 V. Soit aux bornes de la résistance de base : 2,8 V – 0,6 V = 2,2 V. Le courant de base vaut donc 2,2 V / 470 kΩ = 4,68 µA. D'où le gain :  $I_C / I_B = 1 \text{ mA} / 0,00468 \text{ mA} = 213,7$ . La bonne réponse était donc la B).
2. Sans courant de base (réponse E) nous mesurerions  $U_{CE} = 5 \text{ V}$ . Avec une petite résistance de base (F), il devrait s'établir une tension d'environ 0,6 V. Nous n'avons jamais trouvé 0 V avec un transistor intact. Le transistor du circuit a donc un court-circuit interne entre son émetteur et son collecteur. C'est ce qui peut arriver lorsque le transistor est surchargé (second claquage !).
3. Les (mauvaises) réponses G) et H) laissent à penser qu'aucun courant ne circule à travers la résistance de collecteur. Si toutefois émetteur et collecteur sont intervertis, le transistor fonctionne toujours de la même façon, avec un gain beaucoup plus faible (de 3 à 20 fois). Avec  $U_{CE} = 4,9 \text{ V}$  le gain calculé est d'environ 5. Le transistor a donc été monté avec les pattes vrillées.

formé par l'association de Q11 et Q12, ce dernier dissipant l'essentiel de la chaleur. Q10 est responsable de la limitation de courant : c'est lui qui en cas de nécessité étouffe le courant de base du darlington Q11/Q12. Avec la résistance détectrice de courant de 3 Ω, on peut s'attendre à une coupure vers 200 mA. À moins que le CI ne soit déjà très chaud, moins de 0,6 V appliqués à la base de Q10 suffisent. Un circuit de protection thermique (Q7/Q8/Q9) protège le régulateur des excès de courant et de température.

(120005 – trad. Hervé Moreau)

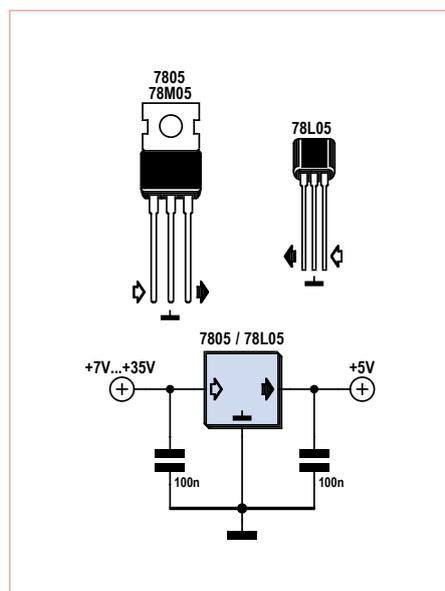


Figure 9. Brochage d'un régulateur 780X et ses condensateurs de dérivation.

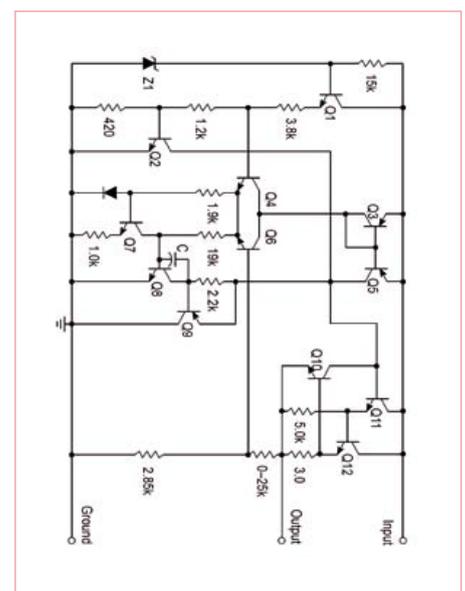


Figure 10. La circuiterie intérieure du 78Lxx (source : Motorola).



# défi énergie verte RL78 : action ! demain commence aujourd'hui

Le futur, si nous ne voulons pas le subir, il nous faut le construire. Le nôtre se colore en vert. Et le vôtre ? Saisissez maintenant l'occasion de présenter au monde entier vos idées d'éco-conception pour contribuer à un monde plus propre et plus respirable.

**Énergie verte** : quelle peut bien être la signification de cette expression mise à toutes les sauces ? Questionnez votre entourage et vous obtiendrez des réponses contrastées. Certains préconiseront de rationaliser l'utilisation de l'énergie voire de la rationner, ils invoqueront l'intelligence à mettre davantage en œuvre pour mieux maîtriser les sources d'énergie fossile dont nous disposons sous diverses formes. D'autres vanteront les mérites des sources durables ou renouvelables, telles que vent, soleil ou géothermie. Ailleurs, vous entendrez parler aussi de récupération d'énergie (rayonnements RF, puissance dissipée), de sources piézo-électriques...

La notion d'énergie verte ne se limite donc certainement pas à l'électricité, mais couvre aussi les domaines de l'eau, de l'air, des minerais, du pétrole, et de toutes les ressources naturelles. Elle concerne aussi toutes les étapes, depuis la conception jusqu'au recyclage : produire de façon intelligente des produits plus efficaces et plus respectueux de l'homme et de son environnement.

Il aura fallu du temps, mais l'idée d'une énergie verte finit par faire son chemin dans la société. Quelle que soit la définition qu'on lui donnera, l'énergie verte devrait contribuer à ne pas détériorer un monde où il fait bon vivre. Ceci nous concerne tous, bien sûr, mais concerne aussi les générations futures. Seulement, comme celles-ci n'ont, par définition, rien fait pour nous, beaucoup d'entre nous se demandent encore ce que nous devrions faire pour elles !

D'où l'intérêt de ce défi **énergie verte RL78** : qu'est-ce que l'énergie verte pour vous ? Quelles sont vos idées, vos réalisations, votre vision du futur de cette grande révolution de l'énergie verte ? Les applications ne manquent pas : télémesure de la pollution, analyse de la puissance consommée à la maison ou de l'énergie biométrique, commande à faible dissipation alimentée par la chaleur d'un four, mesure de paramètres de biomasse, système de freinage pour éolienne... encore faut-il les réaliser. À vous de choisir ce qui vous branche pour mettre en œuvre le RL78. Envoyez-nous votre idée la plus innovatrice à base de RL78 pour contribuer à un monde meilleur. La récompense ? Du papier... des billets... verts, bien sûr ! *Renesas*, le parrain de ce concours, et ses partenaires *Circuit Cellar* et *Elektor* mettent en jeu 20.000 \$ de prix. Nous attendons de vous

des projets audacieux, dignes du qualificatif **énergie verte**, des projets enthousiastes et enthousiasmants. Ceci n'est pas un simple concours, ni une compétition



Rob Dautel, directeur d'*Ecosystems* à *Renesas Electronics America*, a un quart de siècle d'expérience dans la conception matérielle, logicielle et ASIC. Son champ d'expertise couvre l'audio numérique, la commande industrielle et les outils de développement. Il parle 22 langages de programmation.

Rob Dautel (États-Unis d'Amérique)

de plus ; il s'agit de créer un mouvement d'ampleur dont vous serez un des éléments moteurs.

À l'image des systèmes embarqués qui communiquent de plus en plus entre eux et avec le reste du monde, imaginons de nouvelles façons de collecter et de traiter et de réagir aux informations qui circulent. Cette approche sans précédent offrira des possibilités inédites de tirer un meilleur parti des ressources et du monde où nous vivons. Vous aussi avez votre rôle à jouer dans la construction de cet avenir.

Comme son nom l'indique, le défi **énergie verte RL78** est axé sur l'utilisation de microcontrôleurs *Renesas RL78*, remarquables par leur faible dissipation, avec des performances hors du commun et de puissants atouts pour les plus exigeantes applications embarquées à 8 et 16 bits.

Leurs caractéristiques clés sont celles des célèbres séries R8C et 78K0R de *Renesas Electronics*, avec tout ce qu'il faut pour une conception innovatrice. Avec ses 41 DMIPS à 32 MHz et son ultra-basse consommation de 66  $\mu$ A/MHz, la famille RL78 garantit une flexibilité inégalée.

Pour encourager les concepteurs qui relèveront le défi, *Renesas* leur offre 1.000 kits de développement RL78G13. Cet outillage à la fois puissant, ludique et facile à utiliser comporte un débogueur intégré, un accéléromètre à trois axes, un capteur de température, un afficheur à cristaux liquides, un triac isolé, un capteur de lumière, un circuit FET, un émetteur-récepteur IR, une EEPROM à accès sériel, une entrée pour microphone, une sortie audio, des connecteurs pour carte SD et Pmod, et bien plus encore [1].

En association avec IAR, cette offre matérielle est complétée par l'outil logiciel *Embedded Workbench Kickstart Edition* pour RL78 : durant tout le concours, les participants bénéficient pour cet outil d'une licence **sans restriction**. D'autres partenaires prestigieux tels que Micrium, CMX Systems, SEGGER, Total Phase, Exosite et Okaya s'associent au concours pour mettre à votre disposition un ensemble complet de logiciels et d'exemples pour démarrer rapidement votre projet.

Bienvenue dans le défi **énergie verte RL78** et merci de participer à ce chantier pour un meilleur avenir.

(120288 – trad. Rémy Mallard)

[1] [www.elektor.fr/120183](http://www.elektor.fr/120183)

Inscriptions : [www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge](http://www.circuitcellar.com/RenesasRL78Challenge)

# dictaphone Philips EL3581 (vers 1960)

« Avez-vous noté ça, Miss Money Penny ? »\*



Jan Buiting (Elektor)

C'est dans les années 50, à grand renfort de boniments, que ce bijou de technologie bureautique fut lancé pour révolutionner le rendement des administrations et scribouillards en tout genre. Sa fonction : réduire sensiblement le temps perdu en écritures par les docteurs, avocats, PDG, éditeurs en chef et autres hauts fonctionnaires pour les besoins de leur communication.

Son dictaphone à la main, le manager des *fifties* enregistrerait désormais le texte de ses lettres, dicterait ses corrections, effacerait et rembobinerait la bande avant de la remettre à sa secrétaire qui n'aurait plus qu'à la dactylographier. On sait que les Néerlandais, plus précisément les Hollandais sont à l'apogée du gain et pragmatiques. Il n'est donc pas étonnant que cet outil de rationalisation du temps de travail sortît de chez *Philips*. Une fois la machine commerciale lancée, la gamme de produits s'est vite éteinte, pour perdurer grosso memo jusque dans les années 90.

Aujourd'hui, le chef a un téléphone qui sait faire la mayonnaise, mais

plus de secrétaire. Il n'y a plus ni cigares, ni machines à écrire. Outre cette fonction d'accessoire de bureau, le dictaphone a aussi rendu de grands services pour l'enregistrement de conversations téléphoniques ou d'entretiens, la préparation de cours et de discours, les exercices de prononciation dans des cours de langue, et même pour enregistrer des bulletins météo ou les cours de la Bourse, il faut de tout pour faire un monde.

Notre superbe ensemble *Philips EL3581/22* date probablement des années 60, avec la marque de l'esthétique des années 50 (cette datation est pure intuition de ma part, les spécialistes me corrigeront). Conformément à la tradition de *Philips*, le nom a été inventé de toutes pièces : *dictaphone*. On ne singeait pas encore l'anglais. Nous, qui connaissons la suite de l'histoire, reconnaissons dans le mécanisme de défilement de la bande sous capot en plastique transparent ce qui deviendra plus tard la cassette audio.

Cette machine EL3581 ne laisse personne indifférent. En parfait état, elle est dotée d'une multitude d'accessoires : pédale, écouteurs stéthoscope, sac de transport avec zip digne de *Prada*, support pour machine à écrire, bloc-notes (jamais utilisé), microphone/H-P sur support et deux cassettes dans leur boîte d'origine. Dans l'enveloppe remplie de documents qui en ce temps-là accompagnait tout

\* Réplique célèbre de l'agent secret James Bond à la secrétaire de son patron



appareil, j'ai trouvé un compte-rendu de réparation et sa facture datée de 66. Et un manuel de l'utilisateur pour le modèle EL3581R livré gracieusement, mais par erreur, par Philips.

Si on est épaté par la présentation et la finition, côté électronique, rien de bien excitant ! Ce n'est qu'une machine enregistreuse à bande avec deux tubes MiniWatt audio de type ECC83 et EL95, un redresseur au sélénium pour la haute tension, mais pas d'EZ80 comme on aurait pu s'y attendre. À propos, ne faites jamais griller de composants au sélénium, les vapeurs et les débris sont toxiques, et l'odeur est, comment dire... unique.

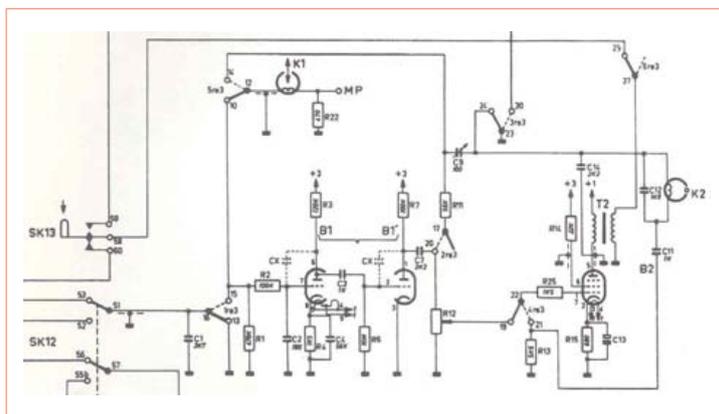
D'après ces documents, l'appareil avait été utilisé dans une école de médecine en Hollande, probablement pour accélérer la production des rapports médicaux et le remplissage et le classement des formulaires de milliers d'étudiants recalés. Je doute que les docteurs, les infirmières, ni aucune des secrétaires médicales aient jamais manipulé ce dictaphone pour travailler. Sauf peut-être celui qui bien sûr l'a envoyé en réparation. Une fois. Mais à quoi cet appareil alors d'avant-garde lui servait-il ?

Pour répondre à cette question, il suffit d'écouter les bandes qui l'accompagnaient.

En raison de la présence de deux tubes électroniques, je l'ai mis sous tension en douceur, avec un auto-transformateur. Comme le risque d'explosion n'est pas négligeable après tant d'années, j'ai laissé une journée aux condensateurs électrolytiques pour se reconstituer. L'appareil fonctionne correctement, sauf pour le rembobinage. Mais il suffit de retourner la bande et d'utiliser l'avance rapide. Des deux boutons verts identiques sur le devant, celui de gauche semble ne servir à rien : un repose doigt ?

Les bandes de 8 cm (3,5 pouces) sont encapsulées dans des cas-

settes transparentes, qui peuvent être ouvertes en enlevant une attache en métal. La bande magnétique d'un quart de pouce (6,35 mm) avance à la vitesse de 4,75 cm/s, soit 20 minutes d'enregistrement.



Ma première impression à l'écoute de la première bande : un sifflement que j'ai attribué dare-dare à l'autooscillation frénétique du tube EL95 (6DL5). En fait, ce que je prenais pour un parasite était le son d'une flûte traversière enregistrée sur la bande (on en faisait des choses, à l'école de médecine !). Puis la voix du papa, pour couvrir le miaulement des chats, a annoncé : « C'était Rémy à la flûte... maintenant, notre petit Pierrot va jouer du saxo ». Suivent

les fruits d'honorables efforts d'étude de l'instrument inventé par le célèbre Adolphe Sax, mais dont rien ne justifiait qu'on les enregistrât pour la postérité. En 1965, le niveau de vie ne permettait pas au Hollandais moyen d'offrir des leçons de flûte ou de saxophone à sa progéniture, sans parler de l'acquisition des instruments eux-mêmes. Un bon docteur aura sans doute emprunté le coûteux dictaphone pour des études purement scientifiques à domicile.

Fans de Retronics ! Si vous reconnaissez votre mère ou votre grand-mère sur les photos du manuel de l'utilisateur du EL3581 reproduit ici, téléphonez-moi. Dictaphone ou pas, elle devait être une secrétaire efficace, ça ne fait aucun doute.

(120083 – trad. Rémy Mallard)

[1] [www.youtube.com/watch?v=wyM0H11-rjs&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=wyM0H11-rjs&feature=related)

[2] [www.youtube.com/watch?v=DpTaZF8EBcE](http://www.youtube.com/watch?v=DpTaZF8EBcE)

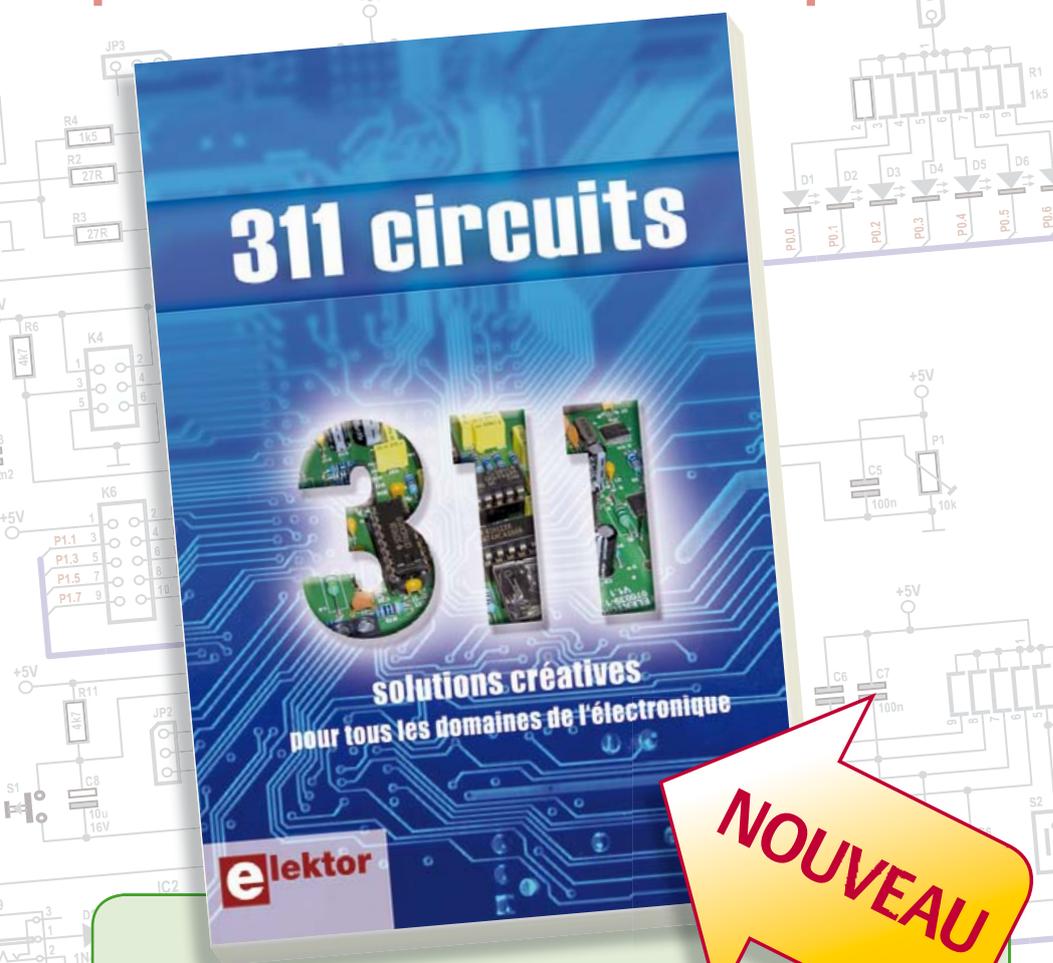
[3] <http://www.archive.org/details/Secretar1947>

Rétronique est une rubrique mensuelle sur les pages glorieuses et jaunies de l'électronique, avec aussi des montages de légende décrits dans Elektor. Si vous avez des suggestions de sujets à traiter, merci de les adresser à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr) en indiquant : Rétronique Elektor.



# Morceaux choisis

## La bibliothèque des passionnés d'électronique



**NOUVEAU**

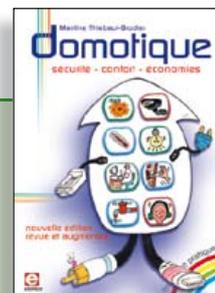
Solutions créatives pour tous les domaines de l'électronique

### 311 circuits

Cet ouvrage est un trésor : il réunit 311 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... 302... 303... 304... 305... 306... 307... 308... 309... 310... 311 circuits). Ses deux tables des matières alphabétique et thématique vous permettent de trouver rapidement et facilement parmi les 311 articles proposés ceux qui répondront 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. Ils forment un véritable catalogue d'idées, de trouvailles et d'astuces. C'est une source d'inspiration inépuisable, et à partir de laquelle chacun élaborera ses propres variantes qu'il combinera ensuite à sa guise avec d'autres circuits.

Tous les domaines familiers et usuels de l'électronique sont abordés : alimentations, régulateurs et chargeurs • audio & vidéo • communication • hautes fréquences • informatique • jeux & modélisme • maison & automobile • mesure & test • processeur & contrôleur • robots et leurs accessoires.

448 pages • 17 x 23,5 cm • ISBN 978-2-86661-184-2 • 36,00 €



sécurité - confort - économies

### Domotique

La domotique, c'est l'électronique et l'informatique appliquées au logement. Elle améliore la vie quotidienne au moyen de dispositifs électriques et électroniques. Il peut s'agir aussi bien de motoriser et télécommander par exemple la porte du garage ou bien les volets, que réguler le chauffage, programmer les appareils électroménagers, simuler une présence, commander l'alarme à distance, arroser automatiquement, exploiter un réseau multimédia, etc. Ce livre montre comment la domotique gère le fonctionnement des appareils et dispositifs électriques de la maison.

256 pages • ISBN 978-2-86661-182-8 • 32,50 €



Rémy Mallard présente

### L'électronique pour les débutants

Par où commencer pour débiter en électronique ? Vais-je m'égarer en explorant l'internet, qui regorge de schémas, mais sont-ils fiables ? Me faut-il un livre avec des montages simples ou plutôt un livre sur les composants ? Après trente ans de pratique, l'auteur de ce livre, resté l'éternel débutant qui réalisait lui-même son premier montage dès l'âge de dix ans, partage ici sa soif toujours vive d'apprendre. Fin pédagogue, il guide les débutants et répond aux questions que trop de livres laissent en suspens : « Quel type de fer à souder acheter ? »... « Un multimètre à 5 € peut-il suffire ? »... « Un oscilloscope est-il indispensable ? ».

317 pages • ISBN 978-2-86661-180-4 • 39,50 €

livres

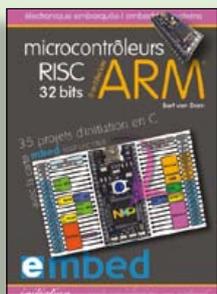


23 projets ludiques et instructifs  
à construire soi-même

## Intelligence artificielle

Ce livre ne traite pas de théories abstraites, mais de pratique. Il s'adresse à vous, passionné d'électronique et de micro-informatique appliquée, et propose des circuits et des programmes simples. Expérimentez le biomimétisme sur vos propres robots mobiles, construits avec des pièces de Lego ! Il y est donc question de microcontrôleurs PIC, de programmation, de capteurs, de moteurs... mais aussi de mormions, de fourmis, de gnous, de vers, et d'autres bestioles « naturellement géniales ».

238 pages • ISBN 978-2-86661-179-8 • 42,50 €

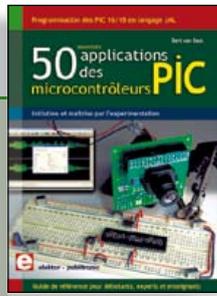


35 projets d'initiation en C avec la carte  
mbed NXP LPC 17688

## Microcontrôleurs RISC 32 bits à architecture ARM

La plate-forme mbed et son microcontrôleur ARM, le NXP LPC1768, sont conçus pour l'informatique en nuage ou cloud computing qui révolutionne le développement de logiciel : aucune installation de logiciel spécifique, il suffit d'un navigateur et d'un port USB. Vous programmerez et stockerez vos résultats sur l'internet, et y accéderez depuis n'importe quel PC, où que vous vous trouviez. Dans ce livre, il est question aussi bien du langage C, des bibliothèques mbed, d'exemples de programmes que du traitement de signaux analogiques, de capteurs, de moteurs etc.

232 pages • ISBN 978-2-86661-178-1 • 39,50 €



Initiation et maîtrise par l'expérimentation

## 50 applications des microcontrôleurs PIC

Voici 50 projets instructifs et utiles pour vous initier au langage de programmation JAL et maîtriser les microcontrôleurs PIC16 et 18, avec des techniques universelles comme la commande de relais, ou le traitement des signaux émis par divers capteurs (y compris par exemple un codeur rotatif), la communication avec les bus I<sup>2</sup>C, SPI, RS232, USB, les afficheurs à 7 segments et même le bus CAN.

C'est un ouvrage récréatif et pédagogique : assemblez et utilisez les projets proposés. Les explications claires, les schémas et les photographies vous feront découvrir une activité enrichissante.

394 pages • ISBN 978-2-86661-177-4 • 44,50 €

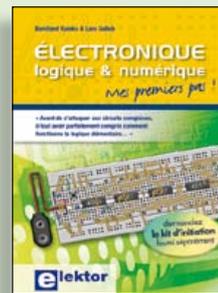


PHOTOVOLTAÏQUE

## Alimentation électrique autonome de sites isolés

Rêver de l'autonomie énergétique obtenue par une production photovoltaïque domestique, c'est bien. En calculer la viabilité, c'est mieux. Mais suffit-il de comparer kilowattheure nucléaire (environ 0,08 €) et kilowattheure photovoltaïque (environ 0,22 €) ? L'auteur G. Guéhéneuf pense qu'il ne faut pas se contenter d'aligner chiffres et idées. Il décrit trois projets exemplaires et simples d'électrification photovoltaïque de sites ordinaires (cabanon, garage, mobile-home) avec des onduleurs, des régulateurs de charge et un suiveur solaire.

254 pages • ISBN 978-2-86661-181-1 • 32,50 €



Mes premiers pas !

## Électronique logique & numérique

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

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

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  
@ : ventes@elektor.fr





**NOUVEAU**

Tous les articles de 2011 sur DVD-ROM

## DVD Elektor 2011

Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2011. Il contient non seulement le texte des articles ainsi que les schémas, mais aussi tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Ceci permet à l'utilisateur de modifier à sa guise les dessins existants à l'aide d'un programme adéquat. Dès lors, rien ne s'oppose plus à l'exportation des documents vers un autre format à la convenance de l'utilisateur.

ISBN 978-90-5381-276-1 • 27,50 €



Les articles de la série populaire Elektor-CC2-AVR réunis sur CD-ROM

## CD ATM18 Collection

Voici la compilation sur CD-ROM de la série populaire Elektor-CC2-AVR, soit plus de 25 projets autour de la carte ATM18, les logiciels associés, les typons (PDF) et des informations complémentaires. Le tout est complété par un cours complet de programmation BASCOM-AVR en 6 leçons.

ISBN 978-0-905705-92-7 • 29,50 €



**NOUVEAU**

## Radio logicielle avec AVR

(Elektor mars 2012)

La gratuité des outils disponibles n'est probablement pas étrangère au succès des  $\mu$ C AVR d'Atmel. Voici un ensemble de trois modules réunis pour le traitement de signal à l'aide de  $\mu$ C AVR. Le premier est un générateur de signaux autour d'un ATtiny2313, le deuxième un récepteur de radio logicielle complet, avec afficheur, et le troisième enfin une antenne active. Pour faciliter la tâche, Elektor vous offre, en plus, sa passerelle universelle USB-FT232R BOB (Réf. : 110553-91).

*Kits complets du générateur de signal + récepteur universel + antenne active + Passerelle USB/série BOB-FT232R*

Réf. : 100182-72 • 119,95 €



## AndroPOD

(Elektor février 2012)

Il ne faut guère plus qu'une photodiode PIN et un amplificateur de capteur adapté pour mesurer un rayonnement radioactif. Nous présentons ici un préamplificateur optimisé couplé à un compteur particulier : un microcontrôleur qui gère la durée de la mesure et affiche la fréquence des impulsions en « counts per minute ».

*Module avec RS-485 (monté et testé)*

Réf. : 110405-91 • 59,95 €



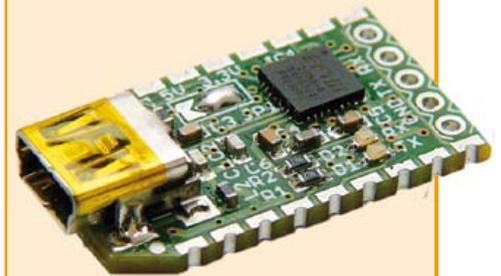
## Détecteur de rayonnement

(Elektor novembre 2011)

Il ne faut guère plus qu'une photodiode PIN et un amplificateur de capteur adapté pour mesurer un rayonnement radioactif. Nous présentons ici un préamplificateur optimisé couplé à un compteur particulier : un microcontrôleur qui gère la durée de la mesure et affiche la fréquence des impulsions en « counts per minute ».

*Kit (composants avec la platine, afficheur et microcontrôleur programmé)*

Réf. : 110538-71 • 39,95 €



## Passerelle USB/série BOB-FT232R

(Elektor septembre 2011)

Ce convertisseur USB/série vous surprendra d'abord par sa taille : pas plus grande que l'embout moule d'un câble USB ! Il vous épatera aussi parce qu'il est pratique, rapide à mettre en oeuvre, réutilisable, multi plate-forme (Windows, Linux, etc.) et pas trop cher pour autant.

*Platine montée et testée*

Réf. : 110553-91 • 15,00 €

**F407 mai 2012** €

+++ Retrouvez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) toutes les références disponibles +++

**F406 avril 2012**

**Thermomètre à afficheurs géants Gottlieb**

110673-41 ..... Microcontrôleur programmé ATtiny2313-20PU ..... 9,95

**Commande de charge sous 230 V par RS-485**

110727-91 ..... Module Relais RS485 monté, testé, prêt à l'emploi ..... 44,95

110727-92 ..... Kit combiné set of 3 modules :  
Module Relais RS485 monté, testé, prêt à l'emploi ..... 119,95

**Radio logicielle avec AVR (2)**

100181-71 ..... Kit complet du récepteur universel ..... 59,95

100182-72 ..... 3 Kits : Générateur de signaux + Récepteur universel + Antenne active + BOB 110553-91 ..... 119,95

**F405 mars 2012**

**Radio logicielle avec AVR (1)**

100180-71 ..... Kit complet du générateur de signal ..... 29,95

100181-71 ..... Kit complet du récepteur universel ..... 74,95

100182-71 ..... Kit complet de l'antenne active ..... 29,95

100182-72 ..... 3 Kits : Générateur de signaux + Récepteur universel + Antenne active + BOB 110553-91 ..... 119,95

080083-71 ..... Programmeur USB-AVR : CI + CMS montés + composants en vrac ..... 32,00

110553-91 ..... USB-FT232R (monté et testé) ..... 15,00

**F404 février 2012**

**AndroPOD (1)**

110258-91 ..... Convertisseur USB/RS-485 (monté et testé) ..... 24,95

110405-91 ..... Module avec RS-485 (monté et testé) ..... 59,95

110553-91 ..... USB-FT232R (monté et testé) ..... 15,00

120103-92 ..... Câble noir USB 2.0 A mâle vers micro-B, 5 broches, 1,8 m ..... 3,95

120103-94 ..... Bloc d'alimentation moulé 5V/1 A à connecteur micro USB ..... 8,95

**Pico C-Plus et Pico C-Super**

110687-41 ..... Microcontrôleur programmé Pico C-Plus (ATtiny2313-20PU) ..... 4,95

110687-42 ..... Microcontrôleur programmé Pico C-Super (ATtiny2313-20PU) ..... 4,95

**Retour aux sources (2)**

ELEX-1 ..... Platine de prototypage ELEX ..... 5,50

ELEX-2 ..... Double platine de prototypage ELEX ..... 9,95

**F403 janvier 2012**

**Clé USB sur microcontrôleur**

110409-1 ..... Platine ..... 10,95

110409-41 ..... Microcontrôleur programmé PIC24FJ64GB002-I/sp dil-28s ..... 14,95

**Interface pour sonde lambda à bande large**

110363-41 ..... Microcontrôleur programmé ATMEGA8-16AU ..... 9,95

**Cours DSP audio**

110002-71 ..... Platine dotée des CMS + les connecteurs et les barreaux à LED ..... 49,95

**Le bus arrive (11)**

110258-1 ..... Platine (noeud d'expérimentation) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (noeud d'expérimentation) ..... 12,95

110258-91 ..... Module convertisseur USB/RS-485 ..... 24,95

**Le réseau EDF à la loupe**

110461-41 ..... AT89C2051-24PU programmé (50 Hz, Europe) ..... 9,95

110461-42 ..... AT89C2051-24PU programmé (60 Hz, Amérique du Nord) ..... 9,95

**F402 décembre 2011**

**Le bus arrive (10)**

110258-1 ..... Platine (noeud d'expérimentation) ..... 5,95

110258-1C3 ... 3 x Platine (noeud d'expérimentation) ..... 12,95

110258-91 ..... Module convertisseur USB/RS-485 ..... 24,95

# vos favoris

livres	1	⇒	<b>311 circuits</b> ISBN 978-2-86661-184-2 ..... 36,00 €
	2	⇒	<b>Domotique</b> ISBN 978-2-86661-182-8 ..... 32,50 €
	3	⇒	<b>Intelligence artificielle</b> ISBN 978-2-86661-179-8 ..... 42,50 €
	4	⇒	<b>Microcontrôleurs RISC 32 bits à architecture ARM</b> ISBN 978-2-86661-178-1 ..... 39,50 €
	5	⇒	<b>L'électronique pour les débutants</b> ISBN 978-2-86661-180-4 ..... 39,50 €
cd & dvd-rom	1	⇒	<b>DVD Elektor 2011</b> ISBN 978-90-5381-276-1 ..... 27,50 €
	2	⇒	<b>DVD Elektor 2010</b> ISBN 978-90-5381-267-9 ..... 27,50 €
	3	⇒	<b>DVD The Audio Collection 3</b> ISBN 978-90-5381-263-1 ..... 21,50 €
	4	⇒	<b>DVD Wireless Toolbox d'Elektor</b> ISBN 978-90-5381-268-6 ..... 32,50 €
	5	⇒	<b>CD ECD 6</b> ISBN 978-90-5381-258-7 ..... 29,50 €
kits & modules	1	⇒	<b>Passerelle USB/série BOB-FT232R</b> Réf. : 110553-91 ..... 15,00 €
	2	↑	<b>Radio logicielle avec AVR</b> Réf. : 100182-72 ..... 119,95 €
	3	⇒	<b>Détecteur de rayonnement</b> Réf. : 110538-71 ..... 39,95 €
	4	⇒	<b>Capacimètre Pico C</b> Réf. : 100823-71 ..... 82,50 €
	5	⇒	<b>Convertisseur USB/RS485</b> Réf. : 110258-91 ..... 24,95 €

Commandez tranquillement sur

**[www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe)**

Les commandes en ligne de livres ou de CD & DVD-ROM bénéficient d'une remise spéciale de 5%.



Elektor / Publitrone SARL  
1, rue de la Haye • BP 12910  
95731 Roissy CDG Cedex  
Tél. : +33 (0)1.49.19.26.19  
Fax : +33 (0)1.49.19.22.37  
@ : ventes@elektor.fr

# MOSFET pas comme les autres

Raymond Vermeulen (Elektor)

Je voudrais attirer votre attention ici sur un drôle de MOSFET, dont je pense que les caractéristiques pourraient vous intéresser pour vos propres circuits. Ce mois-ci nous rajouterons aux innombrables applications des MOSFET la fonction de palpeur de courant. Le mois prochain, le même composant se fera *high-side switch*.

(120225)

## BUK7105-40AIE

La mesure du courant qui circule à travers une charge est une opération de routine en électronique. Souvent, il s'agit d'un courant dont l'intensité doit être réglée avec précision. D'autres fois, c'est l'intensité du courant qui est la grandeur agissante dans un circuit de régulation ou de commande. On procède le plus fréquemment de façon indirecte, en mesurant la différence de potentiel à laquelle le courant à mesurer donne naissance aux bornes d'une résistance de *shunt*. En présence de fortes intensités, les pertes par dissipation de chaleur dans un tel *shunt* peuvent se révéler excessives ; sans parler des inconvénients liés à l'encombrement des résistances de forte puissance. C'est là qu'intervient mon MOSFET, qui va nous permettre de mesurer des courants sans *shunt*.

Le BUK7105-40AIE [1], conçu pour l'automobile (norme Q101), est qualifié de FET *TrenchPLUS*. Le mot anglais *trench* vient d'une forme ancienne du mot français *tranchée* (autrefois écrit *trenche*) ; la forme de la grille de ces FET est en effet celle d'une tranchée (à fond plat) alors que leur forme ordinaire est en V. Cette grille est protégée contre les décharges électrostatiques. Un tel MOSFET se compose de milliers de cellules MOSFET réunies sur une même puce de silicium ; de ce fait, sa  $R_{ds(on)}$  sera faible, mais ce composant acceptera de fortes intensités sans broncher. Le drain d'1/500 de ces cellules MOSFET est ramené (fig. 1 & 2) sur la broche  $I_{sense}$  par où circule donc 1/500 du courant de drain. Une broche supplémentaire, appelée *Kelvin*, est reliée à la source du FET. Nous retrouvons ici la notion de mesure (de précision) à quatre points, dans laquelle courant et tension sont mesurés séparément, et connue aussi sous le nom de *Kelvin sensing*.

Cette broche permet une mesure précise de la tension de source, sans aucune influence d'éventuelles différences de potentiel causées par des pistes. La figure 3 montre à quoi ressemble un circuit de mesure autour d'un tel FET. La fonction du deuxième ampli op est d'inverser le signal pour le convertisseur A/N du  $\mu C$ . La méthode fait appel à une masse virtuelle qui offre une précision de 5 %. Le courant de drain est obtenu à partir de

$$V_{sense} = ((-I_D) \cdot R_{sense})/n$$

où  $n = I_D/I_{sense}$

Pour l'alimentation des amplis op, il faut ici une tension symétrique. La note d'application [2] donne du même circuit une variante moins précise, mais qui se passe de tension d'alimentation négative.

Le BUK7105-40AIE me paraît le composant idéal pour mesurer des courants de forte intensité.

[1] [www.nxp.com/documents/data\\_sheet/BUK7105-40AIE.pdf](http://www.nxp.com/documents/data_sheet/BUK7105-40AIE.pdf)

[2] [www.nxp.com/documents/application\\_note/AN10322.pdf](http://www.nxp.com/documents/application_note/AN10322.pdf)

paramètre	conditions	valeur (typ.)
$R_{DS(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 50\text{ A}, T_j = 25\text{ °C}$	4,5 m $\Omega$
$R_{D-I_{sense}(on)}$	$V_{GS} = 10\text{ V}, I_D = 100\text{ mA}, T_j = 25\text{ °C}$	1,08 $\Omega$
$I_D/I_{sense}$	$T_j > -55\text{ °C}; T_j < -175\text{ °C}, V_{GS} > 10\text{ V}$	500
$V_{GS(th)}$	$T_j = 25\text{ °C}, I_D = 1\text{ mA}$	3 V

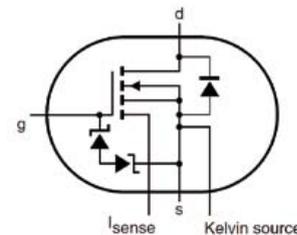


Figure 1. Symbole du composant.

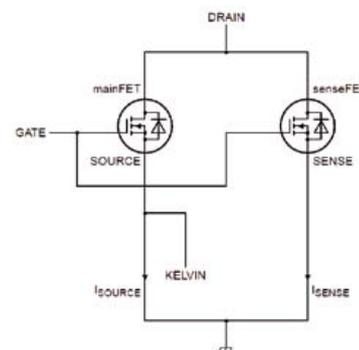
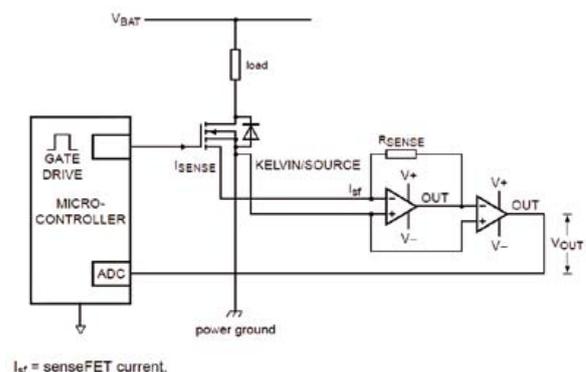


Figure 2. Schéma de substitution.



$I_{sr}$  = senseFET current.

Figure 3. Exemple d'application.

# Hexadoku

## Casse-tête pour électroniciens

Lâchez la souris, l'écran, le clavier. Fermez votre portable. Débranchez la sonnette. Prenez un bon crayon, une gomme, une boisson, chaude ou fraîche selon votre goût, et installez-vous dans un fauteuil confortable... Desserrez votre cravate, quittez vos chaussures, c'est l'heure de votre séance de thérapie Hexadoku. Remplissez la grille selon les règles, et envoyez-nous votre solution. Vous gagnerez peut-être l'un des quatre chèques-cadeaux Elektor mis en jeu. Et vous vous serez agréablement détendu.

Les instructions de ce jeu sont simples. Une grille Hexadoku est composée de chiffres du système hexadécimal, de 0 à F. Du tout cuit pour les électroniciens et les programmeurs ! Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de telle façon que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) n'apparaissent **qu'une seule et unique fois** dans

chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases (délimités par un filet gras). Certains chiffres, déjà placés dans la grille, en définissent la situation de départ. Si vous trouvez la solution de ce casse-tête, vous pouvez gagner un chèque-cadeau. Inutile de nous envoyer toute la grille, il suffit de nous envoyer la **série de chiffres** sur fond grisé.

### Participez et gagnez !

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

À vos crayons !

### Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avec vos coordonnées par courriel, télécopie ou courrier avant le **31 mai 2012** à :

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

### Les gagnants

La solution de l'Hexadoku du n° 405 (mars) est : **862DF**

Le gagnant du **chèque-cadeau Elektor** d'une valeur de **100 €** est : Ron Hodges de Spokane (Etats-Unis d'Amérique).

Les **3 chèques-cadeaux Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun vont à : Eric Chamouard (France),

Pascual Alagón Luna (Espagne) et Esko Viiru (Finlande).

Bravo à tous et félicitations aux gagnants !

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

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

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.



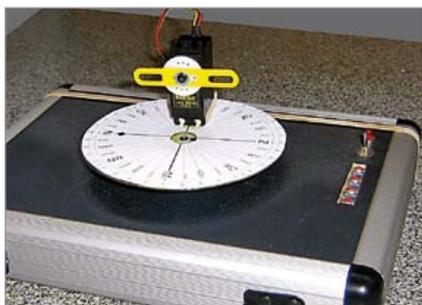
### Thermomètre / Hygromètre à tubes Nixie

Pourquoi la popularité des tubes Nixie perdure-t-elle ? Nous en sommes réduits aux conjectures, mais la lumière chaude des filaments et leur halo analogique doivent y jouer un rôle déterminant. Le circuit du mois prochain affiche la température et l'humidité au moyen de quatre tubes commandés par un microcontrôleur PIC. Les autres composants intéressants de cette réalisation sont le capteur d'humidité SHT21 et, pour commander les tubes Nixie, le convertisseur continu-continu MC34063 et les bons vieux décodeurs BCD-décimal 74141.



### Compteur de longueurs de piscine à synthèse vocale

Les nageurs de compétition en piscine suivent généralement un programme et connaissent précisément la distance parcourue au cours de chaque séance d'entraînement. Les nageurs de la catégorie *sports-loisirs* font l'effort de compter leurs longueurs et, au sortir, du bassin peuvent annoncer fièrement « j'ai fait 3000 (mètres) aujourd'hui ». Cet astucieux appareil submersible prend en charge le fastidieux comptage des longueurs effectuées par les forçats des bassins, avec seulement 4 composants actifs : un PIC18F27, un accéléromètre MMA7361L, un magnétomètre MAG3110FCR1 et un ampli audio SSM2301RMZ-R2 !



### Héliostat

Un héliostat (du grec *helios*, soleil) permet de suivre la course du soleil, notamment pour obtenir l'ensoleillement optimal de panneaux ou de réflecteurs solaires. Le terme est utilisé aussi, abusivement semble-t-il, pour désigner un appareil qui permet de suivre la course d'autres corps célestes, notamment les étoiles. Dans ce cas, il conviendrait de parler de sidéostat. On utilise également de tels dispositifs de poursuite pour certains satellites. Pour l'instant, le montage que nous préparons pour le numéro de juin, s'appelle (encore) héliostat : un microcontrôleur commande deux servomoteurs en fonction de la position du soleil vu à un moment donné depuis un point précis du globe.

Informations sous réserve de modifications. Le numéro de juin paraîtra le 15 mai.

## Pour vous abonner :

Passez par notre site [www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo), c'est plus rapide et moins cher.

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

## Elektor en ligne

Sur le site d'Elektor, vous trouvez tous les articles publiés depuis 2000, sous forme de fichiers PDF téléchargeables individuellement, certains gratuitement, d'autres moyennant un modeste paiement forfaitaire. Un résumé de l'article donne une idée du contenu avant de le télécharger, de même que la liste des composants (le cas échéant). Le site propose également les autres ressources liées à chaque article : code source, liens, circuits imprimés, et les corrections ainsi que les mises à jour s'il y en a. L'e-choppe d'Elektor propose de nombreux produits : CD-ROM, DVD, kits, modules assemblés, appareils & instruments, E-blocks, livres. Sans oublier l'indispensable et puissante fonction de recherche.

### Également sur le site d'Elektor :

- des nouvelles sur le monde de l'électronique
- un forum des lecteurs
- téléchargement de logiciel et de circuits imprimés
- des offres temporaires très avantageuses
- Foire Aux Questions



CIRCUIT CELLAR

# Subscribe Now!



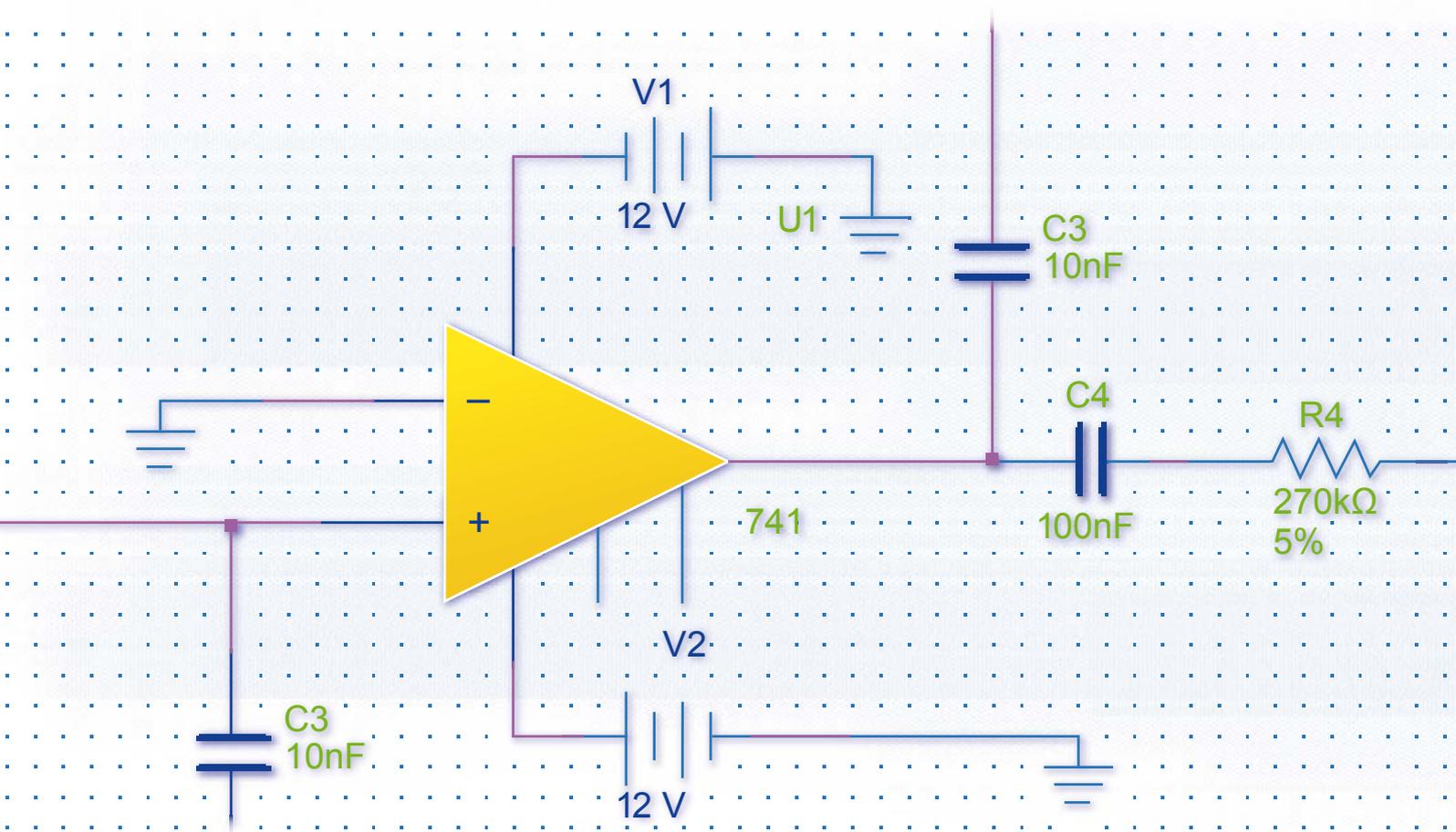
Abonnez-vous maintenant au magazine leader en applications de microinformatique spécialisé dans les systèmes enfouis et la conception !

**12 parutions par an pour presque rien**

Édition numérique: **\$75** :: Édition imprimée: **\$50** :: Les deux éditions: **\$110**

Choisissez votre formule d'abonnement personnelle sur  
**[www.circuitcellar.com/subscription](http://www.circuitcellar.com/subscription)**

# Une meilleure conception pour l'enseignement de l'ingénierie



## Faites davantage qu'enseigner l'ingénierie. Pratiquez-la.

Enseigner la conception de circuits sans moyen efficace pour passer du concept à l'expérimentation, c'est comme expliquer à une personne comment faire un créneau sans lui laisser le volant. National Instruments propose les matériels et logiciels dont les étudiants ont besoin pour réaliser des expériences, afin d'aller au-delà de la théorie et de la simulation, et de prendre conscience de ce que la pratique de l'ingénierie signifie.



### OUTILS PÉDAGOGIQUES

NI LabVIEW  
NI myDAQ  
NI ELVIS  
NI Multisim

>> Découvrez comment NI soutient la prochaine génération d'innovateurs sur [ni.com/academic/f](http://ni.com/academic/f)

01 57 66 24 24