

**Spécial  
MESURES**

Avril 2011 N° 394

ISSN 0181-7450

**+ Fréquencemètre 3 GHz/-40dBm**

# Elektor

www.elektor.fr

## Thermomètres IR

### test — théorie — pratique

## Pico C-mètre

### - économique - de 0,1 à 2500 pF

### + Tester par JTAG

### + Convertisseur GPIB-USB

### + Altimètre pour microfusée

L 19624 -394- F: 6,90 €

(B) 7,60 € • (CH) 12,90 FS • (CAN) 9,50 CAD • DOM surface 7,95 € • DOM avion 9,95 €  
TOM surface 920 XPF • TOM avion 1595 XPF • Réu/A 9,45 € • Cal/S 930 CFP • Cal/A 1530 CFP • And 6,90 €



## Modules et platines Arduino™



Plate-formes microcontrôlées "open-source" programmables via un langage proche du "C". Fonctionnent de façon autonome ou en communicant avec un logiciel sur ordinateur.

A partir de 4,78 €

## Analyseurs logiques 4 à 32 voies



Raccordement sur PC via bus USB. Nombreuses possibilités de décodage de signaux au format I2C™, SPI™, UART, CAN 2.0B, USB 1.1, 1 Wire™, DMX512, IRDA, LIN, MODBUS...

A partir de 59 €

## Oscilloscopes numériques



Modèles 2 voies 25 à 200 MHz - Ecran couleur 640 x 480 pixels - Sortie USB - Nombreuses fonctions intégrées - Avec ou sans analyseur logique 16 voies intégré.

A partir de 437 €

## Logiciels de C.A.O



Ergonomiques et très intuitifs - Saisie de schéma - Logiciels de simulation - Conception de prototype - Conception de circuit imprimés - Réalisation de face avant, etc...

A partir de 24 €

## Modules ZigBee™



Modèles pilotables via commandes AT ou entièrement programmables pour un fonctionnement autonome. Kits de développement et platines d'évaluation disponibles

A partir de 20 €

## Cordon d'interface USB <> GPIB



Fiable, performant et économique. Permet le pilotage d'un équipement GPIB ou le rattachement de copies d'écran via un logiciel d'émulation de traceur open source.

A partir de 179 €

## Modules CUBLOC et PICBASIC



Plate-formes microcontrôlées ultra performantes utilisables via une programmation en langage Basic évolué. Documentation entièrement en Français. Prise en main immédiate.

A partir de 19 €

## Boîtiers d'interface LabJack



Interfaces professionnelles pour PC permettant de disposer d'entrées/sorties tout ou rien et d'entrées de conversion analogique/numérique via un port USB ou Ethernet.

A partir de 109 €

## Modules mbed et LPCXpresso



Plate-formes microcontrôlées sur cœur ARM™ 32 bits à architecture Cortex-M3. Nombreux périphériques intégrés: I2C™, SPI™, UART, CAN, ADC, PWM, DAC, USB, Ethernet...

A partir de 24 €

## Afficheurs graphiques 4D Systems



Afficheurs graphiques couleurs TFT ou OLED avec ou sans dalle tactile, pilotables via des commandes ASCII ou programmables pour fonctionner en mode autonome.

A partir de 28 €

## Plate-forme FOXG20



Système microcontrôlé avec Linux embarqué. Cœur ARM9™ Atmel™ AT91SAM9G20. Nombreux périphériques intégrés: I2C™, SPI™, UART, PWM, USB, Ethernet...

A partir de 167 €

## Module CMUcam3



Plate-forme sur base LPC2106 avec caméra vidéo pour acquisition et traitement numérique permettant la reconnaissance de couleurs et le suivi d'objet en temps réel.

A partir de 150 €

## Kits d'évaluation FPGA



Kits d'évaluation, cordons JTAG et platines de test pour développement sur FPGA Xilinx™ Spartan-3™, Spartan-6™, Virtex-II™, Virtex-5™. Tarif spécial éducation national.

A partir de 71 €

## Modules de restitutions sonores



Modules et platines permettant l'enregistrement et la restitution de fichiers sonores mono ou stéréo. Pilotage via entrées logiques ou port série. Dispo avec ou sans ampli. audio.

A partir de 12 €

## Programmateurs de composants



Modèles économiques et modèles professionnels capables de supporter plus de 57830 composants. Avec supports ZIF ou câble ISP. Nombreux adaptateurs optionnels.

A partir de 16 €

## Modules Bluetooth™



Dispos sous la forme de clé USB ou série ou de modules OEM pour acquisition et traitement numérique permettant la reconnaissance de couleurs et le suivi d'objet en temps réel.

A partir de 26 €

## Modules FEZ / GHI electronics



Plate-formes microcontrôlées sur base ARM™ programmables sous environnement .NET Micro Framework™. Gestion I2C™, CAN, USB, Ethernet, UART, One Wire™...

A partir de 37 €

## Interfaces CAN



Petits modules d'interfaces CAN <> USB ou CAN <> Série vous permettant de piloter des dispositifs CAN depuis un PC via l'échange de données au format ASCII.

A partir de 96 €

## Kits d'évaluation Mikroelektronika



Kits d'évaluations, programmeur/debugger et compilateurs pour microcontrôleurs PIC / dsPIC30/33 / PIC24 / PIC32MX / AVR / 8051 / PSoC / ARM et bases GPS / GSM.

A partir de 32 €

## Modules et TAG RFID



Tags, platines de test et modules OEM pour développement d'applications RFID techno. 125 KHz ou 13,56 MHz Unique™, Mifare™, Hitag™, I-Code SLI™, Q5™, etc...

A partir de 2 €

## Modules GSM / GPRS



Terminal en boîtier prêt à l'emploi et modules OEM pour transmission GSM / GPRS. Utilisation simple via commandes AT. Kit d'évaluation, platines de test et antennes GSM.

A partir de 44 €

## Module de reconnaissance vocale



Modules OEM prêt à l'emploi et modules OEM microcontrôlés programmables permettant le développement d'applications de reconnaissance vocale mono ou multi-locuteurs

A partir de 47 €

## Interfaces TCP/IP <> Série



Modèles en boîtier prêt à l'emploi ou sous la forme de modules OEM permettant de disposer d'une conversion transparente de type TCP/IP <> série ou WLAN <> série

A partir de 21 €

## Télécommandes radio



Modèles 1 à 4 canaux à modulation AM ou FM. Portée 10 à 300 m. Codage par dip ou en mode anti-scanner. Récepteurs à sorties relais configurables en mode M/A ou impuls.

A partir de 49 €

## Boussoles électroniques



Boussoles électroniques compensées ou non en inclinaison avec liaison USB, RS232, série (niveau TTL), I2C™ ou PWM. Nombreuses applications pour robotique ludique.

A partir de 38 €

## Modules radiofréquences FM



Modules OEM émetteurs, récepteurs, transceivers, modems radio en bande 433 MHz et 868 MHz. Type large bande ou bande étroite. Mono fréquence ou multi-canaux.

A partir de 9,57 €

## PC industriel au format rain-din



PC industriel au format rail-din pour environnements sévères. Base Atom™ Intel™ Z530P. Faible consommation. Faible dissipation thermique. Très nombreux périphériques intégrés.

A partir de 693 €

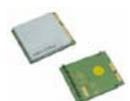
## Modules GPS



GPS en boîtier à sortie RS232 ou USB. Modules OEM avec antenne intégrée ou entrée pour antenne externe. Kit d'évaluation, data-logger, antennes amplifiées.

A partir de 39 €

## Modules de transmission vidéo



Modules radio multi-canaux OEM pour transmission vidéo et audio (stéréo) en bande 2,4 Ghz ou 5,8 Ghz. Antennes omnidirectionnelles, directives et antennes patch.

A partir de 15 €

## Serveurs Web



Modules OEM et boîtiers prêt à l'emploi intégrant un serveur web paramétrable permettant de piloter des sorties, de lire l'état logique d'entrées et la valeur d'entrées A/N.

A partir de 53 €

## Modems radio longue portée



Modems radio longue portée (1 à 5 Km) en bande 868 Mhz pour transmission de données (RS232 / RS485), transmission de signaux tout ou rien, signaux analogiques (4-20 mA).

A partir de 234 €

## Capteurs divers



Sélection inégalée de capteurs: infrarouge, ultrason, magnétique, accéléromètre, gyroscope, pluie, niveau d'eau, humidité, barométrique, force, température, potentiométrique

A partir de 3,23 €



# ABO ELEKTOR J'EN VEUX ENCORE PLUS.

NOUVEAU !



## La formule d'abonnement Elektor PLUS !

- 11 numéros dont un double en juillet-août
- DVD-ROM annuel 2011 inclus
- **25%** d'économies par rapport au prix au numéro
- jusqu'à **40% de réduction** sur certains produits d'Elektor
- cadeau de bienvenue d'une valeur de l'ordre de 30 €
- livraison ponctuelle à domicile
- lisez Elektor avant les autres
- **NOUVEAU** : accès personnalisé exclusif et GRATUIT aux dernières éditions électroniques d'Elektor, et fonction de recherche améliorée dans le texte intégral des articles des anciens numéros.

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

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

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

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

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

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

**e**lektor

## Exercice de récréation

Depuis le début de l'année, les sites d'Elektor reçoivent tous les mois plus d'un demi-million de visites ! Chaque seconde, des milliers d'internautes assaillent Google, Facebook, Amazon et autres, pour faire une recherche ou acheter un livre ou un appareil. Pour gérer ces connexions en parallèle et sans délai, il faut des centres de calcul dits « fermes de serveurs » où sont interconnectés des milliers d'ordinateurs, dotés d'une puissance de calcul hallucinante. Google et Amazon sont devenus des experts en informatique à très grande échelle. Pour tirer un meilleur parti de leur expertise, ils se sont mis à louer leurs batteries de serveurs, et c'est ainsi que naquit le *cloud computing* ou informatique en nuage.

La dématérialisation de l'informatique consiste à délocaliser vos données et leur traitement, depuis votre ordinateur de bureau vers l'internet. Avantage évident : plus besoin d'ordinateur puissant à la maison ; pour afficher les résultats, il suffit d'un téléphone portable connecté à l'internet et ça marche partout dans le monde. Inconvénient évident : la confidentialité incertaine des données. Comme à l'époque pas si lointaine où nous envoyions nos clichés de vacances en masse à un centre de développement de photos, sans trop nous soucier du regard indiscret des préposés au développement qui reluquaient nos photos intimes. Au départ, l'internet était un réseau de transfert de données, comme nos systèmes sanguin ou nerveux. Il ne tarda d'ailleurs pas à tomber malade : merci les virus et les pourriels. Puis est apparue l'offre de stockage de données en ligne, et l'internet s'est transformé en (très bonne) mémoire. Maintenant, grâce aux fermes de serveurs, l'internet devient intelligent. On commande déjà à distance une machine ou personne : désormais l'internet a une tête, des jambes et le bras longs. Les internautes nourrissent l'internet avec leurs observations, ils sont ses yeux et ses oreilles, ses sens. L'internet est devenu un être vivant à part entier qui observe et interagit avec le monde dans lequel il vit. Internet sait tout, internet est partout. Le concept de l'être suprême omniprésent et omniscient n'est pas nouveau, on le dit aussi vieux que l'Homme. Je ne sais pas si c'est Dieu qui créa la femme, mais l'homme est en train de (re)créer Dieu. Et cette fois nous serons sûrs qu'il existe.

Clemens Valens  
Rédacteur en chef

# elektor

### 6 Mentions légales

Informations légales.

### 8 Courrier des lecteurs

Vos questions, nos réponses.

### 10 Infos & Actualité

Nouveaux produits.

### 14 Capacimètre Pico C

La mesure de capacité au dixième de picofarad près

### 20 PC virtuels

Virtualisation, qu'est-ce ?  
Qu'en faire ?

### 24 ATM18, vous êtes bien sur la RS-485

Pour le pilotage des relais, prenez la troisième sortie...

### 30 Les CPL avec quelles puces ?

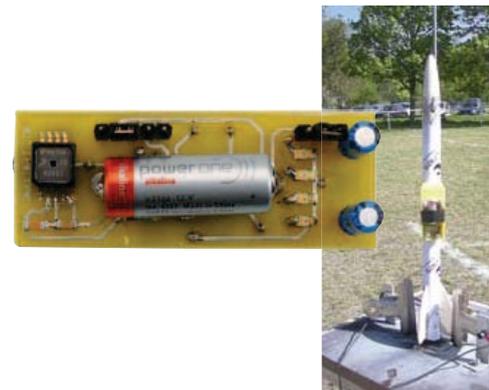
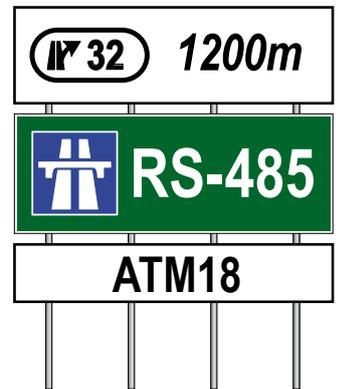
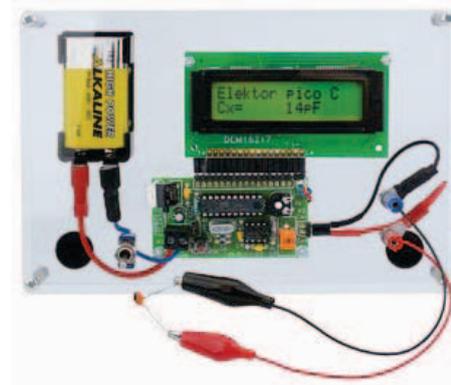
S-FSK en « guerre des formats »

### 34 Convertisseur GPIB-USB

Interface USB pour le bus de mesurage universel

### 40 Des routines et des maths pour BASCOM 8051

### 43 Le bus arrive (4)



## 14 Capacimètre Pico C

Besoin de mesurer une capacité aussi petite que 2,7 pF ou 5,6 pF ? Oubliez le capacimètre de votre multimètre, même haut de gamme, Pico C fera mieux, beaucoup mieux même, puisque ce petit instrument peut mesurer des fractions de picofarad.

## 24 ATM18, vous êtes bien sur la RS-485

Si vous souhaitez établir une communication entre plusieurs platines électroniques via une liaison filaire, sans éléments actifs intermédiaires, sur une distance de plus de 1 km, c'est un bus RS-485 qu'il vous faut.

## 56 Fréquencemètre et indicateur de niveau 3 GHz

Cet appareil de mesure pratique détermine des fréquences entre 50 MHz et 3 GHz à 10 ppm près et fournit aussi l'indication du niveau de signal dans la gamme de +10 dBm jusqu'à -40 dBm.

## 74 Altimètre pour microfusée

Cet altimètre est aussi léger qu'une lettre (16 g) et il possède un enregistreur de données qui permet d'enregistrer la pression atmosphérique toutes les 25 ms jusqu'à 16 384 valeurs.

46 Et si l'on prenait la température ?

47 Hexadoku

Casse-tête pour électroniciens.

48 Mesure de température à distance

Thermomètre IR :  
mode d'emploi et test pratique

56 Fréquencemètre et  
indicateur de niveau 3 GHz

Avec CPLD et dsPIC

64 Cinq critères d'achat  
pour son oscilloscope

Mieux vaut ne pas se tromper.

68 Tests par l'interface JTAG

Vérification des connexions  
sans points-tests

72 Filtres coupe-bande  
pour fréquences intermédiaires

Efficaces et sélectifs

74 Altimètre pour microfusée

Aller plus haut !

79 Sécurité

84 Avant-première

Le mois prochain dans Elektor.

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

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

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

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

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

34<sup>ème</sup> année, n°394 avril 2011  
 ISSN 0181-7450 Dépôt légal : mars 2011  
 CPPAP 113 U 83713

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

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

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

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

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

Rédacteur en chef international : **Wisse Hettinga**

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

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

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

Secrétariat de rédaction : **Hedwig Henekens**

Rédaction technique : **Christian Vossen (chef labo), Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Jan Visser**

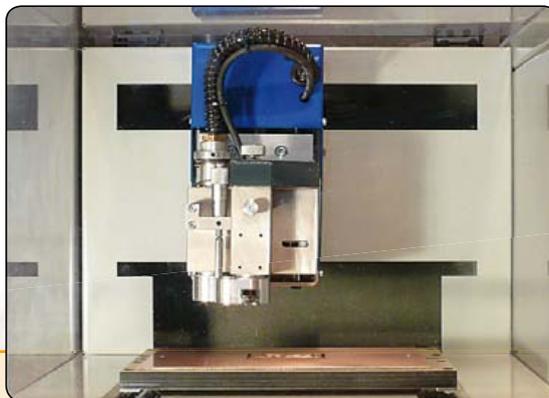
# PCB Prototyper

## ➔ Graveur professionnel pour circuits imprimés

PCB Prototyper est un graveur professionnel et compact pour circuits imprimés, capable de graver rapidement et avec précision. C'est le compagnon idéal des ingénieurs indépendants, des laboratoires d'électronique, des écoles et de tous ceux qui doivent réaliser rapidement un proto-type.

Plus besoin d'attendre le fabricant de circuits imprimés, vous continuez sur votre lancée, sans interruption de l'idée au proto !

PCB Prototyper est plus qu'un graveur de circuits imprimés ! Des extensions pour d'autres fonctions sont prévues et divers accessoires déjà disponibles.



### Caractéristiques techniques

- Volume de travail : 220 x 150 x 40 mm (X x Y x Z)
- Résolution : 1,8 µm
- Déplacements selon X/Y/Z : moteurs hybrides
- Vitesse max. du moteur porte-broche : 40 000 tr/min (réglable par logiciel)
- Table de travail : table à fente en T de précision
- Changement d'outil : manuel (automatique en option)
- Porte-outil : standard 0,32 mm (1/8", autres dimensions en option)
- Tête de gravure : réglable, avec micromètre incorporé
- Aspiration de poussières : intégrée à la tête de fraisage
- Dimensions : 440 x 350 x 350 mm (L x l x h)
- Alimentation : 110 à 240 VCA 50/60 Hz
- Poids : environ 35 kg
- Logiciel : logiciel CAM correspondant et logiciel de commande pour Windows
- Communication avec le PC : par USB

**Le graveur PCB Prototyper (logiciel inclus)  
est disponible pour 4186 € TTC (hors frais de port)**

Commander sur :

[www.elektor.fr/pcb-prototyper](http://www.elektor.fr/pcb-prototyper)

Directeur/éditeur : Paul Snackers

Responsable du marketing : Carlo van Nistelrooy

Administration des ventes : ventes@elektor.fr

Publicité : Elektor International Media B.V.  
Ilham Mohammadi - Allee 1 - 6141AV Limbricht - Pays Bas  
Tél : 00 31 (0)46 43 89 444 - Fax : 00 31 (0)46 43 70 161  
E-mail : i.mohammadi@elektor.fr

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

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

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

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

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

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

Imprimé aux Pays-Bas par Senefelder Misset - Doetinchem

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

### Hexadoku 1

Cela fait plusieurs années que je joue au Hexadoku et j'ai même gagné une fois. J'aime beaucoup ce jeu, mais je suis d'avis qu'il a fait son temps. Ceci d'autant plus que je viens de découvrir, en cherchant une aide à la résolution, qu'il était possible de résoudre en ligne instantanément tout Hexadoku. Résultat : il n'y a plus rien d'exceptionnel ni de défi à la résoudre le Hexadoku proposé dans Elektor !

Je propose dès lors de le remplacer par des jeux de logique, des défis... et pourquoi ne pas faire appel aux lecteurs pour proposer des jeux ?

Pierre-Yves BOUVY

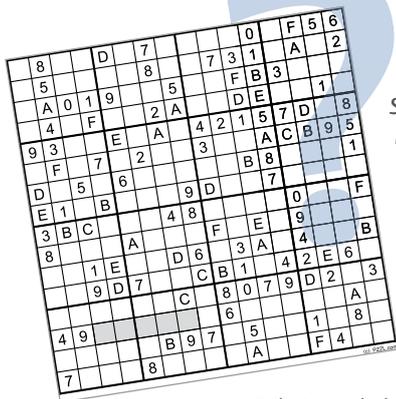
Voilà, l'appel est lancé, envoyez vos suggestions de jeux à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr)

### Hexadoku 2

J'apprécie quasiment toutes les rubriques de votre mensuel. De la description de projets aux informations sur le développement en électronique et en micro-informatique. Sauf que, je ne peux pas participer à votre fameux jeu Hexadoku, non pas parce qu'il est compliqué, mais plutôt parce que je suis pénalisé d'office par le délai de réponse imposé. Ce problème peut concerner de milliers de lecteurs qui sont dans la même situation.

Pour certains pays géographiquement distants, le mensuel d'Elektor est disponible dans les kiosques avec un retard d'un (1) mois. Pour exemple, le numéro 390 de décembre 2010, était disponible dans nos kiosques à partir du 29 janvier 2011 alors qu'il indiquait de répondre au jeu Hexadoku avant le 1er janvier 2011. Donc vous comprenez mon inquiétude à travers cette requête. Alors, je pense qu'il serait souhaitable de proroger le délai de réponse de vos différents jeux pour tenir compte des contraintes géographiques et permettre ainsi d'offrir les mêmes chances à tous vos lecteurs de par le monde qui apprécient le gigantesque travail que vous faites déjà.

Guy Laurent CORCHER



Saviez-vous que tous les mois le Hexadoku est aussi publié sur notre site internet où vous pouvez le télécharger gratuitement ? Le téléchargement est mis en place dès que nous commençons à distribuer un nouveau numéro. Les dates de parution sont publiées dans chaque numéro (page 84) et en général nous passons aussi une brève sur notre site quand un nouveau numéro est sorti. Si vous êtes abonné à notre newsletter gratuite Elektor-Hebdo vous recevrez ce message automatiquement par courriel. Vous voyez, même à l'autre bout du monde et même sans être abonné à Elektor, vous pouvez participer chaque mois au Hexadoku.

### Kit de développement chargeur sans fil

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

kit-de-developpement-pour-chargeur-sans-fil

J'ai lu un peu vos news et j'ai une petite question à propos du chargeur sans fil de Texas Instruments. Le chargeur est alimenté en 19 V avec 0,5 A max soit 9,5 W. La sortie délivre 5 V sous 1 A soit 5 W. 5/9,5 donne environ 0,52 soit 52 % de rendement alors que vous donnez environ 70 % de rendement ? Il y a une arnaque, j'en doute, ou alors il y a des données qui ne sont pas prises en compte ?

Laurent SARTEUR



Il n'y a pas de faute de frappe et les chiffres sont bien ceux annoncés par Texas Instruments. Par contre, c'est votre calcul qui est trop simpliste. Le chargeur ne consomme pas systématiquement 500 mA sous 19 V lorsqu'il délivre 1 A sous 5 V. Il peut consommer jusqu'à 500 mA sous 19 V, dans des circonstances d'exploitation difficiles telles que, par exemple, un éloignement

anormal du récepteur et de l'émetteur, mais dans des circonstances d'utilisation normales, son rendement annoncé est bien de 70 %.

### Application Electronic Toolbox d'Elektor sur iPad et iPhone

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

application-electronic-toolbox

Auriez-vous l'amabilité de me renseigner quant à l'éventualité de la disponibilité d'une application Electronic Toolbox d'Elektor pour les systèmes Android et plus spécialement pour les Galaxy S de Samsung ?

Jean-louis HELLÉ



La personne qui a développé l'Electronic Toolbox ne sait pas (encore) programmer pour la plate-forme Android. Une application Android n'est donc pas (encore) prévue.

### Le bus arrive !

(no 391 à 393, janvier à mars 2011)

L'électronique est mon nouveau hobby (et un retour aux sources vu ma formation initiale...) autant dire, je redébute...

Je viens d'investir dans le kit de développement EasyPIC6 et j'avais envie de m'intéresser de très près à la domotique. Votre bus m'intéresse donc, mais je m'aperçois que votre choix s'est porté sur AVR au lieu de PIC... Donc déception à moins que vous meniez en parallèle les deux pour ne pas frustrer la moitié de la France.

Dois-je changer mon outil de développement ?

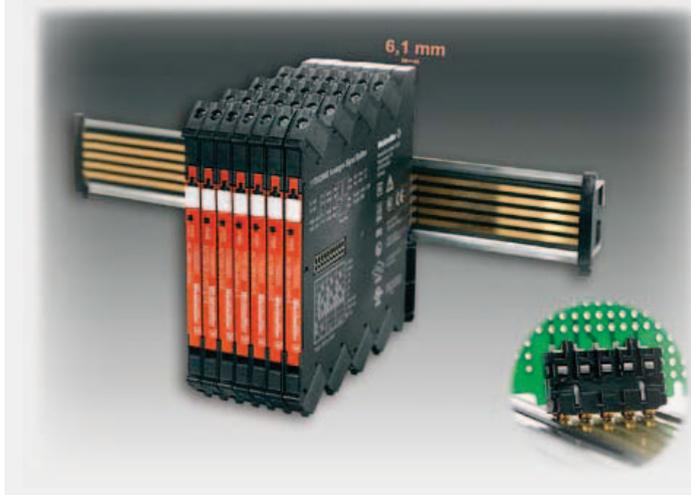
Robert LOUVIGNES

Le but du projet ElektorBus est de développer un bus/protocole flexible, pas trop compliqué et accessible à tous nos lecteurs. Le gros du travail du bus n'est pas dans le matériel, mais dans le développement du protocole. Pour rendre son portage sur de différentes plates-formes



## Nouvelle génération de convertisseurs analogiques conditionnés en modules de 6 mm de large

Weidmüller présente la quatrième génération de convertisseurs analogiques conditionnés en modules de 6 mm de large, sous la forme de sa nouvelle gamme de produits ACT20. Le fabricant a réussi à intégrer un grand nombre de fonctions qui ne sont disponibles sur le marché que dans des boîtiers de format bien supérieur. Un séparateur de signaux et une alimentation pour capteur ont pu être implantés dans un module de six millimètres de large. Ce niveau supplémentaire de miniaturisation se traduit par davantage d'espace dans l'armoire électrique et, par conséquent, par des économies.



Les nouveaux produits intègrent des isolateurs passifs mono et bicanal, des capteurs universels de température et des amplificateurs d'isolement CC, ainsi que des séparateurs de signaux à deux voies. Les huit connexions facilitent l'intégration de fonctions supplémentaires telles que séparateur de signaux et alimentation pour capteur. Les utilisateurs peuvent facilement configurer les modules grâce aux commutateurs DIP intégrés ou au logiciel FDT/DTM. Les produits sont calibrés en usine pour toutes les gammes de mesure possibles pour que le module soit « prêt à l'emploi » dès la livraison. L'alimentation des modules est assurée par câblage direct ou par le biais du rail de montage du fabricant. Pour remplacer le câblage individuel coûteux, le bus du rail de montage, comprenant cinq pistes conductrices, est tout simplement intégré au rail capot TS 35 (hauteurs standard : 7,5 ou 15 mm selon DIN 60715).

(100838-A) [www.weidmueller.com](http://www.weidmueller.com)

## Circuit de surveillance de batteries lithium de précision

Texas Instruments lance un circuit de surveillance de batteries avec une précision de mesure de 0,1 % destiné aux batteries au lithium de grande puissance. Les mesures extrêmement précises (+/-1mV) permettent d'éviter les divergences excessives dans l'estimation de l'état de charge des batteries dans leurs applications de grande puissance, telles que les alimentations électriques sécurisées, les systèmes de batteries grand format et les applications dédiées au transport électrique.

Un système intégré de translation de niveau de tension et une conversion analogique-numérique de précision permettent de mesurer très précisément et rapidement les tensions des éléments composant la batterie. Le circuit offre une protection intégrale (protection secondaire) contre les surtensions, les sous-tensions et la surchauffe et aucun composant extérieur n'est nécessaire pour configurer ou valider les fonctions de sécurité. Le composant permet l'empilage vertical pour surveiller jusqu'à 192 cellules sans composant supplémentaire d'isolation entre les circuits intégrés. Un bus SPI (*Serial Peripheral Interface*) à grande vitesse assure une communication fiable entre chaque bq76pl536.

(100838-7) [www.ti.com/bq76pl536-pneu](http://www.ti.com/bq76pl536-pneu)

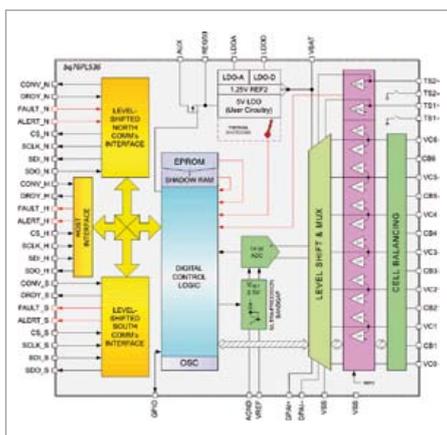


passages de 0,3 mm.

La réalisation de cette traversée titane a demandé une recherche sur le verre à utiliser et sur le procédé de scellement. Le fabricant a également développé l'outillage nécessaire à la fabrication de l'isolant verre. L'utilisation du titane rend cette traversée compatible avec les gammes de capteurs de pression miniatures de faible étendue de mesure pour lesquels ce matériau présente le meilleur rapport poids / résistance mécanique / usinabilité.

D'autres types de types de traversées hermétiques verre-titane pour les applications aéronautiques et spatiales sont également disponibles.

(100838-B) [www.micronor.fr](http://www.micronor.fr)

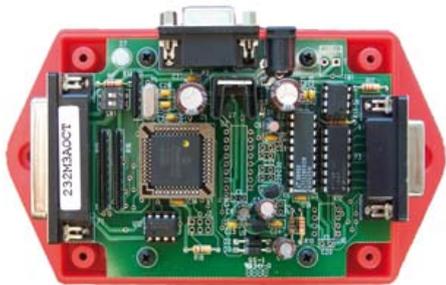


## Traversée hermétique verre-titane pour capteurs de pression

Le fabricant de composants électroniques d'interconnexion Micronor 7 Doloy (MTD) a développé une traversée miniature à neuf passages, dont un passage tubulaire central de dimension 0,4 x 0,2 mm. Ce connecteur a un diamètre extérieur de 5,5 mm et des

## Acquisition de données pour toute la famille

La société EB Connections annonce une nouvelle gamme de produits pour l'acquisition de données numériques et analogiques sur les bus de communication RS-232, RS-485 et USB. Le modèle d'entrée de gamme possède huit entrées/sorties numériques, mais il existe aussi dans une version avec huit entrées analogiques à 12 bits unipolaires (0 à 5 V, ou quatre entrées bipolaires de -5 à +5 V), deux sorties analogiques unipolaires (0 à 5 V) et 16 entrées/sorties numériques TTL configurables individuellement.



Une sortie MLI avec rapport cyclique programmable entre 0 et 100 % et une fréquence de 1,8 kHz à 430 kHz et une entrée compteur à 32 bits avec une fréquence d'entrée maximum de 1 MHz permettent la gestion de capteurs.

Les modules sont disponibles avec un port RS-232, RS-485 ou USB et ils existent en version boîtier ABC ou OEM avec une gamme de températures standard ou étendue. Une bibliothèque logicielle est fournie pour le pilotage des modules ainsi qu'un composant ActiveX avec exemples d'utilisation pour Visual Basic (VB & VBA) et Visual C++ pour une intégration facile des modules dans les applications de l'utilisateur ou dans par exemple Excel et Word.

(100917-1) [www.ebconnections.com](http://www.ebconnections.com)

## Capteurs inductifs programmables

La division Electrique d'Eaton Electrical lance une nouvelle gamme de capteurs inductifs flexibles. Grâce à un microprocesseur intégré et à la technique *Smart Sense*, chaque capteur iProx bénéficie d'une grande plage de détection et d'une

intelligence lui permettant de s'adapter à chaque application. Les capteurs offrent de nombreuses fonctions supplémentaires qui peuvent être activées à l'aide d'outils de programmation en option. Le logiciel ProxView pour Microsoft Windows et Windows Mobile permet de programmer n'importe quel capteur pour un grand nombre d'applications. On peut donc adapter les capteurs iProx pour remplacer d'autres capteurs inductifs, réduisant ainsi considérablement le nombre de composants nécessaires en stock.

La gamme de produits iProx comprend plusieurs modèles à courant continu à 3 ou 4 fils, différents diamètres de filetage de M12 à M30, et de nombreuses possibilités de connexion. Tous les capteurs iProx sont capables de détecter les cibles en métal de manière fiable.

La configuration de connexion des capteurs à courant continu est automatique, de sorte qu'ils détectent automatiquement les bornes NPN ou PNP, et commutent le capteur en fonction (NPN = puits, PNP = source). La plage de détection, la détection d'objet sur un fond métallique, le retard et la vitesse de détection peuvent être configurés.



Les capteurs disposent d'une fonction d'apprentissage qui simplifie la programmation du capteur dans son environnement d'application. Ils peuvent également être paramétrés de sorte que les objets métalliques parasites soient ignorés au premier plan, comme à l'arrière-plan. Le mode *Switch Range* permet de limiter la commutation du capteur à un petit intervalle de distance, inclus dans la plage de détection.

(100917-2)

[www.eaton.com/moellerproducts](http://www.eaton.com/moellerproducts)

## En bref...

Molex rachète l'activité AOC (câbles optiques actifs) basée sur la photonique silicium de Luxtera  
[www.molex.com](http://www.molex.com)



Zilog a publié le premier épisode des aventures de Captain Zilog : Menace of the Motor Control Maggots! (La menace des larves pilotes de moteur !)

[www.zilog.com/captainzilog](http://www.zilog.com/captainzilog)

Atmel introduit une nouvelle génération de composants maxTouch pour écrans tactiles

[www.atmel.com/maxtouch-e-series](http://www.atmel.com/maxtouch-e-series)

Durant le 4<sup>e</sup> trimestre de 2010, 100,9 millions smartphones ont été vendus contre « seulement » 92,1 millions ordinateurs

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

Eurocircuits annonce une croissance record en 2010 de 25 % et lance de nouveaux services

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

## Kit Bluetooth pour Explorer 16

Microchip annonce le lancement du kit d'évaluation Bluetooth, incluant la pile Bluetooth de démonstration de CandleDragon, appelée *dotstack*. Le kit constitue un module d'extension flexible, facile à utiliser et peu onéreux, pour l'évaluation et le développement de systèmes embarqués utilisant de nombreux microcontrôleurs PIC ou contrôleurs de



signal numérique dsPIC à 16 et 32 bits ainsi que la carte de développement Explorer 16. Alors que les modules Bluetooth sans fil actuels sont relativement coûteux et peu flexibles, puisqu'ils obligent les développeurs à utiliser un chipset avec un cœur micro imposé, la solution proposée par Microchip et CandleDragon permet aux développeurs d'associer un vaste choix de puces radio dédiées à la connectivité Bluetooth avec de nombreux microcontrôleurs de Microchip.

La pile Bluetooth peut être téléchargée gratuitement, à des fins d'évaluation et de développement, sur le site de Microchip. Une fois la production lancée, le coût de la licence de la pile démarre à 4.250 \$ pour 5.000 unités. Le kit d'évaluation Bluetooth (réf. DM183036) est disponible dès maintenant. Il comprend la carte fille PICtail Plus Bluetooth ainsi que les modules greffons (PIM) pour microcontrôleurs USB à 16 bits PIC24FJ256GB110 et CAN/USB à 32 bits PIC32MX795F512L, tous deux préprogrammés avec la pile Bluetooth de démonstration et le profil SPP. Le kit est conçu pour être utilisé pour la carte de développement Explorer 16 bien connu des lecteurs d'Elektor.

(100917-3) [www.microchip.com/get/TBXK](http://www.microchip.com/get/TBXK)

## LED blanches compactes à flux lumineux élevé

La nouvelle gamme de LED blanches à flux lumineux élevé de Toshiba associe un nouveau boîtier compact à des niveaux de luminosité élevés. Les LED de la série TL19W01 sont destinées aux ampoules à LED et aux applications classiques d'éclairage dans lesquelles elles apportent une consommation réduite et une fiabilité plus élevée que les techniques à filament incandescent ou à tube fluorescent.

La nouvelle série de LED transparentes comprend d'ores et déjà une vaste gamme de onze dispositifs qui s'étendent des modèles à haut rendement et forte puissance en sortie jusqu'à des LED dont la performance colorimétrique est proche de la lumière naturelle. Les boîtiers ne mesurent que 3,1 x 3,8 x 0,65 mm, ce qui contribue à réduire l'espace utilisé par ces LED et permet d'offrir l'une des LED blanches à 1 W les plus minces de l'industrie.



Les rendements lumineux de la série TL19W01 vont de 100 lm/W à 120 lm/W pour les modèles à haut rendement et jusqu'à 90 lm/W pour les LED optimisées au niveau du rendu de couleur. Conformément au standard ANSI C78.377, la température des couleurs s'étend de 3000 K à 6500 K, ce qui donne des versions à teinte chaude, à teinte neutre et à teinte froide. Le nouveau boîtier présente des caractéristiques étendues de rayonnement avec des angles typiques de 130° à 140°.

Les nouvelles LED présentent une tension directe typique de 3,3 V et leur courant direct peut atteindre 350 mA. La dissipation de puissance est de 1,33 W au maximum. Toutes les LED sont opérationnelles dans la gamme des températures de -40°C à +100°C.

(100917-4) [www.toshiba-components.com](http://www.toshiba-components.com)

## Nouveaux condensateurs RF/Hyper

AVX Corporation a développé une série de condensateurs offrant une faible ESR et pouvant gérer les forts courants RF dans des applications comme les amplificateurs



RF/IF hyper, les amplificateurs faible bruit, les mélangeurs, oscillateurs, réseaux de filtres et systèmes IRM. Sous la référence MK Series, ces condensateurs haute température se caractérisent par une faible résistance série équivalente (ESR) et une charge Q élevée, pour une large gamme de valeurs de capacité de 0,1 pF à 1000 pF, et des valeurs de tension de 50 à 500 Vcc.

Offrant les caractéristiques des diélectriques NP0, dont une faible perte et une grande stabilité électrique, les condensateurs de la série MK sont conformes RoHS et présentent une plage de température de -55 °C à +125 °C.

Disponibles en tailles de boîtiers EIA 0402, 0603, 0805 et 1210, les condensateurs RF haute température ont des terminaisons à finition 100 % étain. Des condensateurs RF en version non magnétique sont en cours de développement, et leur disponibilité est prévue pour le courant de l'année.

Le fabricant a également développé le plus petit condensateur céramique multicouche (MLCC) de l'industrie. Sous la référence 0101 Series, ce MLCC miniature est conçu avec des techniques éprouvées, ce qui a permis de contrôler avec précision les matériaux et le processus. Les MLCC de la série 0101 apportent une réduction de surface de 45 % et une réduction de volume de 30 % par rapport aux MLCC 0201. Ils ont des capacités de 1 pF à 22 pF et une tension de 16 V pour un diélectrique NP0, avec une plage de température de -55 °C à +125 °C. Également disponible avec diélectrique X5R, la série 0101 est conforme RoHS.

(100917-6) [www.avx.com](http://www.avx.com)

## Microcontrôleurs avec fonctions tactiles intégrées

Depuis peu, les claviers tactiles ont fait leur apparition dans les appareils portables tels que les téléphones mobiles pour des considérations liées à l'esthétique du produit et pour améliorer la résistance à l'humidité et à la poussière. Aujourd'hui, les écrans tactiles ont été largement adoptés par une grande variété d'applications. Dans le futur, plus de nouveaux produits intégrant des fonctions tactiles et réalisant encore plus d'applications sophistiquées devraient voir le jour. Typiquement, le MCU utilisé pour contrôler le clavier tactile est

## Détecteur de fuite d'eau intègre un serveur internet

Le HWG-WLD proposé par QL3D peut identifier les fuites d'eau ou les inondations sur toute la longueur de son capteur. Celui-ci est constitué d'un câble extrêmement sensible aux fuites de liquide et dont la longueur de détection peut aller de 0,4 à 85 m. Le câble capteur WLD détecte le plus petit volume d'eau, d'éthylène glycol ou tout autre liquide conducteur. Quelques gouttes de liquide ou même une simple condensation d'eau suffisent pour déclencher l'alarme du détecteur. Ensuite, le câble de détection peut être simplement séché et réutilisé de nombreuses fois.

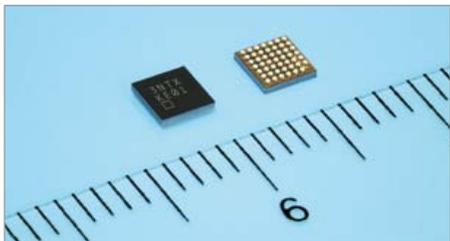
Le HWG-WLD intègre un serveur web et il maîtrise le protocole SNMP (messagerie). Quand une fuite de liquide est détectée, le HWG-WLD peut envoyer un courriel d'alarme et/ou activer sa sortie à relais intégrée. Grâce à la sortie relais, le détecteur pourra par exemple déclencher une sirène, une pompe ou tout autre dispositif. Le détecteur sera particulièrement apprécié dans des applications telles que les *datacenter* avec le câble de détection installé sous les planchers, la détection de fuite d'eau sous les blocs d'air conditionné, la surveillance à distance de pipelines à certains endroits critiques, la détection de fuite des appareils ou des réservoirs et cuves en sites industriels isolés, etc. Le câble de détection de fuites se compose d'un câble de connexion non détecteur et d'un câble de détection de fuites. Le câble de connexion peut être étendu avec un câble à deux fils.



(100838-9) www.ql3d.fr

séparé du MCU principal pour le contrôle du système, et il est couplé à un circuit intégré capteur tactile externe. Cependant, la nécessité de réduire l'encombrement et de baisser le coût a induit une demande pour des composants MCU embarquant les circuits de capteur tactile.

Pour répondre à cette demande, Renesas a annoncé la disponibilité du groupe R8C/3NT de microcontrôleurs (MCU). Le groupe R8C/3NT intègre sur une même puce un circuit capteur tactile capacitif et un MCU flash. Il se présente en boîtier de type WPP (*Wafer process package*) qui est formé sur la tranche de silicium avant que celle-ci



soit découpée en puces individuelles. Il en résulte une taille compacte de boîtier (3 x 3 mm), soit un boîtier environ 64 % plus petit que celui du groupe R8C/3JT. Il comprend des fonctions de communication améliorées qui permettent la connexion des multiples capteurs requis dans les systèmes ayant des fonctionnalités avancées. Le groupe R8C/3NT contribuera à la réalisation

de produits portables plus compacts.

Le groupe R8C/3NT de MCU réunit quatre versions de produits avec différentes tailles de ROM, allant de 48 ko à 128 ko.

(100917-7) www.renesas.eu

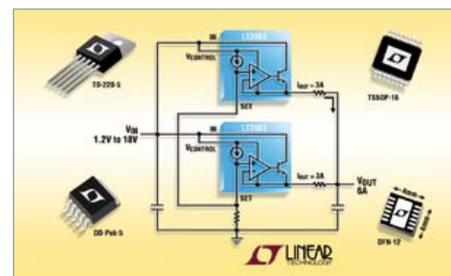
## Régulateur LDO peut être mis en parallèle facilement

Le LT3083 de Linear Technology est un régulateur LDO (faible tension de déchet) de 3 A réglable par une seule résistance qui peut être facilement mis en parallèle pour une meilleure répartition thermique, un courant de sortie plus élevé. Ce régulateur est conçu avec la même architecture que celle de son prédécesseur de 1,1 A, le LT3080, qui utilise une référence à source de courant pour la détermination de la tension de sortie par une seule résistance. Lorsque les broches SET sont reliées entre elles, la répartition de l'intensité et la répartition thermique entre les régulateurs se font par des pistes de circuit imprimé, courtes, agissant comme des ballasts, conduisant à une régulation linéaire à plusieurs amplificateurs dans tous les systèmes à montage en surface, sans la nécessité de radiateurs.

Le LT3083 offre une régulation de moins

de 2 mV pour n'importe quelle tension de sortie. Présentant une gamme de tensions d'entrée étendue, de 1,2 V à 18 V (boîtiers DD-PAK et TO-220), la chute de tension est de seulement 310 mV à pleine charge (fonctionnant avec une alimentation de polarisation séparée). La tension de sortie de 0 V à 17,5 V est réglable via une seule résistance, et la référence d'intensité de 50  $\mu$ A intégrée présente une précision de  $\pm 1$  %. La régulation et le bruit en sortie (40  $\mu$ V<sub>eff</sub>) sont indépendants de la tension de sortie en raison de l'architecture à régulation en tension du composant. La forte intensité de sortie, la possibilité de larges gammes de tensions d'entrée et de sortie, la régulation précise en fonction de la ligne et de la charge, le taux élevé de réjection de l'ondulation, le faible nombre de composants externes et l'aptitude à la mise en parallèle rendent le LT3083 idéal pour les systèmes de forte intensité et à plusieurs lignes d'alimentation.

(100917-8) www.linear.com/3083



Publicité



**PCBs  
Muuuch Cheaper...**

**No-frills policy**

**16,94 EURO\***  
5 pcs, 100 mm x 100 mm  
\*per piece, incl. VAT (21%)  
+ shipping costs e. g. Germany 10,71 EURO

**www.jackaltac.com**



# Capacimètre Pico C

## La mesure de capacité au dixième de picofarad près

Vladimir Mitrovic (Croatie)

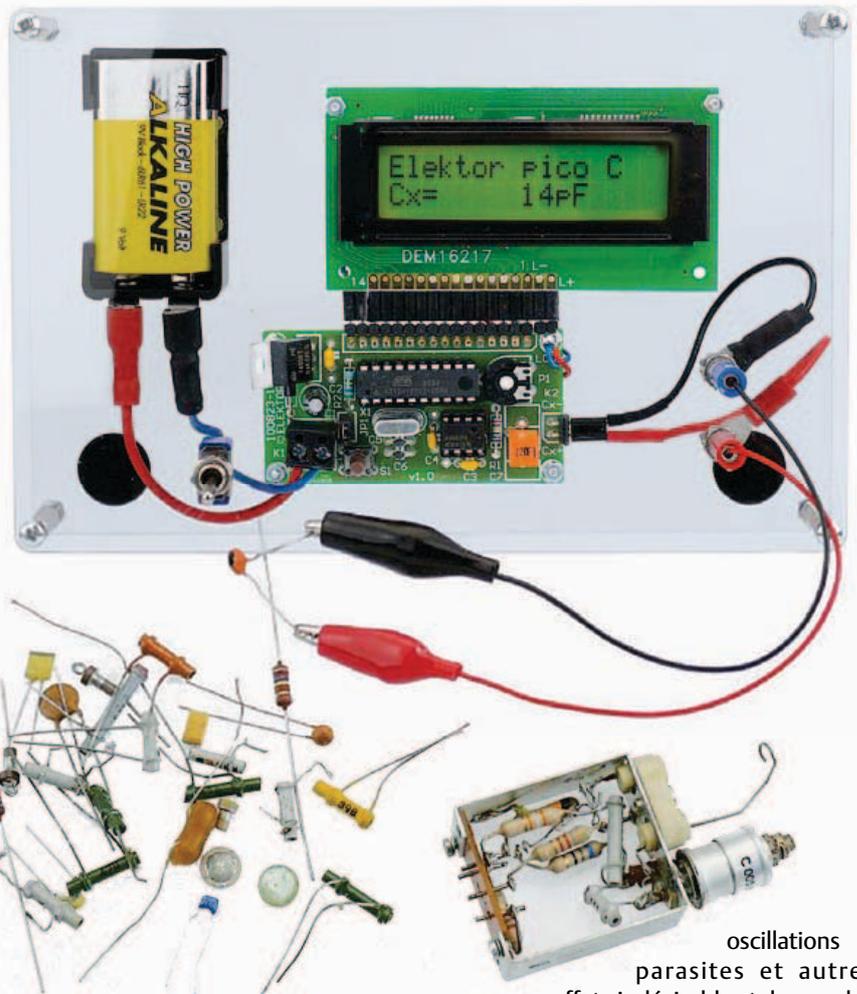
Besoin de mesurer une capacité aussi petite que 2,7 pF ou 5,6 pF ? Oubliez le capacimètre de votre multimètre, même haut de gamme. Bien que la résolution d'un multimètre numérique à 3,5 chiffres soit de 1 pF, un domaine de mesure inférieur à 200 pF ne donnera que des résultats grossiers, pour ne pas dire ridicules. Et l'étendue de mesure la plus basse d'un tel instrument est généralement de 2000 pF, une valeur aussi risible qu'inutile en RF et en radio. Pico C fera mieux, beaucoup mieux même, puisque ce petit instrument peut mesurer des fractions de picofarad.

Qu'une valeur de moins de dix picofarads (pF) soit indétectable ne la rend pas pour autant insignifiante. Tout concepteur en RF chevronné saura non seulement flairer la présence de faibles capacités, mais aussi expliquer aux esprits plus habitués au CC combien une poignée de pF vagabonds peut faire la différence entre un comportement contrôlé et erratique, affecter les limites « *go/no go* » en CEM ou la production de masse chinoise. La capacité d'un dépôt de soudure entouré d'un résidu noirâtre de résine sèche est de

1,5 pF, soit une réactance considérable du point de vue d'un processeur de 2 GHz dont le fonctionnement sera altéré (nous vous laissons les calculs, ils sont rébarbatifs). De même, sur une platine à quatre couches bon marché, la capacité d'une piste de 10 cm transportant des impulsions de l'ordre de la nanoseconde atteint 5 pF, provoque des

oscillations parasites et autres effets indésirables tels que des résonances affectant en bout de chaîne la logique numérique (nous vous laissons les calculs, ils sont affreux).

Les petits condensateurs faisant les délices de tout radioamateur, nous avons ressorti de nos tiroirs quelques antiques spécimens (figure 1). Certains circuits audio haut de gamme utilisent des condensateurs au polystyrène relativement petits – de l'ordre



### Caractéristiques

- plage : <1 pF à 2000 pF (garanti) ; 2500 pF possible
- résolution : 0,1 pF
- lecture : LCD 2 lignes
- coût bas, aucun composant CMS
- $\mu$ C ATtiny2313, boîtier DIP-20
- calibration facile avec condensateur de référence 1000 pF/1 %
- codes source et hex
- microcontrôleur, carte et kit disponibles auprès d'Elektor



(a) Condensateurs ajustables Philips « cloche », **5-30 pF**. Faible perte. Conception ingénieuse pour réponse linéaire sur toute la plage (!). Rotor (pièce mobile) normalement relié à la masse (pourquoi ?).



(b) Condensateurs céramiques, écartement 5 mm. Si vos yeux le permettent, notez la façon dont est indiquée la valeur nominale. **0,82 pF et 120 pF**.



(c) Condensateurs céramiques tubulaires, haute tension (typ. 250 V). **12 pF, 39 pF, 320 pF**.



(d) Condensateurs de traversée. Faible inductance parasite. Idéal pour découplage RF. **200 pF, 470 pF, 1 nF**.



(e) Condensateurs disques et trapézoïdaux. Faible perte, sans inductance parasite. Couplage et découplage sur circuit. Fragiles ! À relier à une piste du circuit et à son plan de masse en cuivre. **27 pF, 820 pF**.



(f) Condensateur ajustable céramique. **3,5 à 10 pF**.



(g) Condensateurs ajustables tubulaires. Rotor à la masse, à moins d'être en série. **0,3 à 3 pF, 1 à 6,5 pF**.



(h) Condensateur au mica argenté. Tension de service 500 V, 1966, sans autres précisions. Sur eBay. **470 pF**.



(i) Aussi petit que bon marché, à réaliser soi-même. Torsader les fils augmente la capacité. Coupez une fois atteinte la valeur souhaitée. Utilisable jusqu'à 200 V CC. **0,2 à 1,5 pF, ajustable**.

Figure 1. Petite capacité ne signifie pas forcément petite taille ou faible influence. Voici quelques oiseaux rares, d'époque et « bricolés », allant de 0,2 à 1 000 pF.

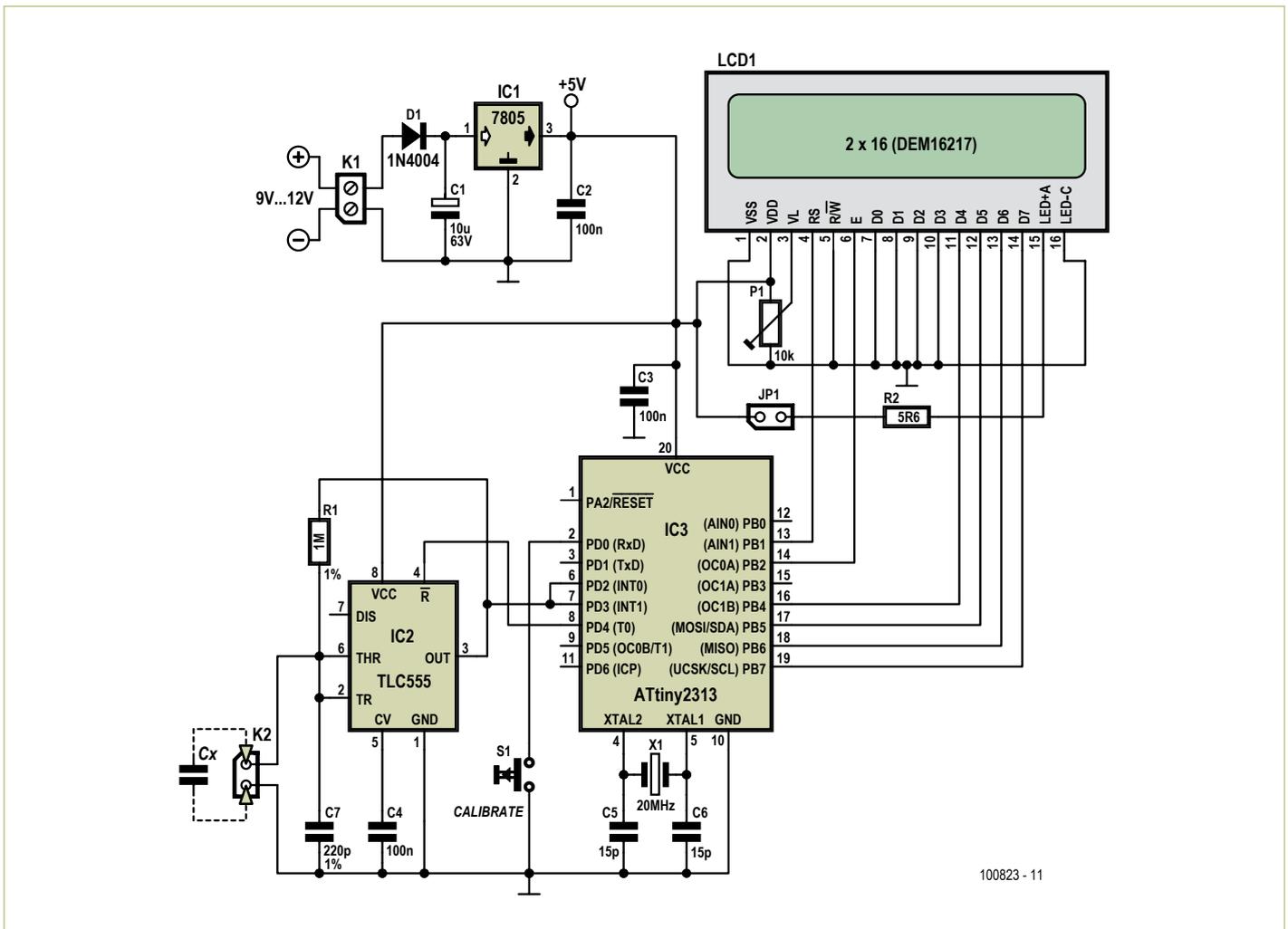


Figure 2. Les adjectifs malin et performant qualifient ce circuit, sans oublier bien sûr qu'en pratique les mesures sont effectuées par le micrologiciel du microcontrôleur ATtiny.

de 500 pF – dont vous pourriez vouloir vérifier l'exactitude et la dérive due au vieillissement. Dans le cas des filtres actifs (amplis op), où déjà compte la valeur de la capacité, une tolérance de 1 % prend soudain toute son importance. Bref, oubliez vos multimètres pour mesurer des capacités inférieures à 1000 pF (1 nF) et préférez Pico C.

### Le diable est dans les détails

Pico C utilise le principe de mesure à l'oeuvre dans la plupart des instruments de

mesure similaires : une capacité, de valeur inconnue  $C_x$ , détermine la fréquence d'un oscillateur. Un microcontrôleur mesure ensuite ladite fréquence et en déduit la valeur  $C_x$ . Parfait, mais pour de très faibles capacités vous serez inévitablement confrontés à l'apparition de capacités parasites là où vous ne les attendez pas, ainsi qu'à des perturbations électriques et autres facteurs susceptibles d'affecter la mesure. C'est sur ce point que les multimètres commerciaux échouent lamentablement mal-

gré leur résolution affichée de 1 pF. Pico C, lui, contourne ces problèmes grâce à un programme intelligent et une conception matérielle simple, mais soignée.

### Le principe

Jetons un oeil au schéma de principe (figure 2). Nous retrouvons de vieilles connaissances : un TLC555, un ATtiny, un 7805 et un LCD. Les éléments R1, C7 et le temporisateur TLC555 (IC2) de type CMOS forment un oscillateur de rapport cyclique

## Produits & Services Elektor

- Platine : e-choppe réf. 100823-1
- ATtiny-20PU programmé : e-choppe réf. 100823-41
- Kit, y compris habillage Project Case, µC programmé, LCD et CI : e-choppe réf. 100823-71\*
- Micrologiciel et code source (téléchargement gratuit): 100823-11.zip
- Dessin du CI : 100823-1.pdf
- Hyperliens de l'article
- Les 100 premiers kits incluent un condensateur polypropylène de 1000 pF/1 %.
- Articles disponibles via [www.elektor.fr/100823](http://www.elektor.fr/100823).

## Liste des composants

### Résistances

R1 = 1 M $\Omega$  1 %  
 R2 = 5,6  $\Omega$   
 P1 = potentiomètre réglable 10 k $\Omega$ , horizontal

### Condensateurs

C1 = 10  $\mu$ F 63 V, axial, au pas de 2,5 mm  
 C2, C3, C4 = 100 nF 50 V céramique, au pas de 5,08 mm  
 C5, C6 = 15 pF 100 V céramique, au pas de 5,08 mm  
 C7 = 220 pF 63 V 1 %, polystyrène, au pas de 7,18 mm, p. ex. réf. LCR Components EXFS/HR 220 PF  $\pm$ 1 %  
 Optionnel : condensateur de référence 1000 pF 1 %, polystyrène ou polypropylène

### Semi-conducteurs

D1 = 1N4004  
 IC1 = 7805  
 IC2 = TLC555 DIP 8 broches, p.ex.

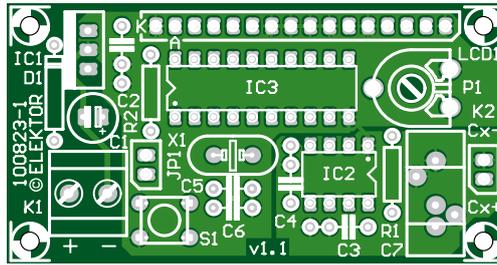


Figure 3. À l'exception du LCD, tous les composants sont réunis sur cette platine double-face. L'écran est branché verticalement ou, comme ici pour tenir dans un habillage Elektor, horizontalement, via le connecteur à 16 broches.

Texas Instruments TLC555CP  
 IC3 = ATtiny2313-20PU, programmé,

e-choppe 100823-41, voir [1]

### Divers

K1 = Bornier à vis 2 voies pour C1, au pas de 5 mm  
 K2 = Barrette mâle et embase, 2 voies, au pas de 2,54 mm  
 JP1 = Cavalier, 2,54 mm  
 S1 = Bouton-poussoir, type SPNO, 6 mm  
 X1 = Quartz 20 MHz, C<sub>L</sub>=18 pF, 50 PPM, fils à souder  
 LCD = DEM16217, 2x16 caractères avec rétroéclairage, p. ex. Elektor 030451-72  
 Connecteur LCD = barrette mâle et support, 16 voies (14+2) type SIL, angle droit, au pas de 2.54 mm. Voir texte pour le branchement du LCD DEM16217.  
 Support DIP 20 broches pour IC3  
 Support DIP 8 broches pour IC2  
 Platine Elektor 100823-1  
 Kit d'assemblage, incluant habillage « Project Case », platine, LCD et microcontrôleur programmé ; Elektor 100823-71.

50 % et de fréquence 3,2 kHz. Évitez la version (bipolaire) (NE)555, ce serait vous tirer une balle dans le pied. Relié à K2, le condensateur C<sub>x</sub> est en parallèle avec C7 et la fréquence de l'oscillateur est ainsi abaissée. La capacité de C7 devrait indubitablement être choisie petite pour que quelques pF sur C<sub>x</sub> induisent un changement de fréquence substantiel (et donc mesurable).

Nous irons cependant à l'encontre de ce raisonnement en choisissant pour C7 une capacité élevée (220 pF, 1 %), car :

tiny permet de disposer de 680 impulsions d'horloge pour déterminer une variation de 1 pF, soit une base solide pour des mesures précises, même dans le cas de variations de 0,1 pF ;

– par configuration même, Timer0 et Timer1 sont reliés par la broche commune PD5 (sortie OCOB pour Timer0, entrée pour Timer1) et forment un compteur binaire de 25 bits qui permet une résolution élevée.

Le reste du circuit est sans surprise. Le

broche PD0 au niveau bas et lance le mode calibration de l'instrument – voir plus loin.

Une alimentation on ne peut plus classique côté IC1 complète le circuit. L'instrument est alimenté par une source CC dont la tension de sortie est comprise entre 9 et 12 V et peut délivrer 200 mA lorsqu'un écran LCD rétroéclairé est utilisé. Si un adaptateur CA/CC bon marché suffit, une pile de 9 V conviendra aussi le temps de quelques mesures si le rétroéclairage LCD est désactivé – l'instrument consomme à lui seul

## Gratuit : un condensateur de référence de 1000 pF/1 % pour les 100 premiers kits Pico C

– les capacités parasites autour de K2 et C<sub>x</sub> auront alors une influence moindre sur la fréquence de l'oscillateur,

– la relation entre capacité et rapport cyclique n'est pas linéaire pour des capacités inférieures à 100 pF.

Une capacité relativement élevée pour C7 étant néanmoins un inconvénient, nous prenons plusieurs dispositions côté microcontrôleur :

– il mesure la période de 24 cycles plutôt que celle d'un seul ;  
 – le signal d'horloge de 20 MHz de l'AT-

microcontrôleur ATtiny2313 tourne à 20 MHz grâce au quartz X1 et aux condensateurs de charge C5 et C6 (voir encadré). Il pilote un LCD de deux lignes de 16 caractères dont le rétroéclairage LED peut être activé via le cavalier JP1.

La luminosité peut être réglée avec R2 ; veillez à ce que sa valeur soit conforme aux spécifications de votre écran. Le module LCD DEM16217 proposé par Elektor possède une résistance en série interne et son rétroéclairage consomme 33 mA sous 5 V. Le potentiomètre réglable P1 sert au réglage du contraste.

Appuyer sur le bouton-poussoir S1 met la

environ 20 mA. La diode D1 protège le circuit des inversions de polarité de la source d'entrée CC. Pour alimenter Pico C par 4 piles sèches de 1,5 V en série, il faut remplacer la diode par un fil de liaison et le 7805 par un régulateur à faible chute de tension.

### Assemblage

Ce petit instrument tient sur une platine conçue par Elektor Labs. La figure 3 montre le dessin du circuit imprimé. Comme d'habitude, vous pouvez en télécharger gratuitement le typon depuis le site Elektor [1] ; le code source de l'ATtiny et les fichiers hex sont également disponibles. Les lecteurs privés de programmeur ATtiny pourront

## Je ne suis pas un zéro, faut pas croire ce que dit ce 0

Voilà, vous les avez en mains, C5 et C6, minuscules condensateurs de seulement 15 pF ! Mais, aussi petits soient-ils, ne vous trompez pas de modèle ou le circuit ne marchera pas. Ce sont eux qui fournissent la charge requise au quartz. Tendons une oreille indiscreète vers les laboratoires Elektor pour saisir cet appel d'un lecteur (probablement programmeur) se plaignant que son circuit à base de microcontrôleur ne marche pas (processeur bloqué) :

– Non Monsieur, le « 151 » que vous voyez sur votre condensateur de chez XYZ ne veut pas dire 151 pF, mais 15 suivi d'un zéro, soit

150 pF, que vous trouverez aussi écrit « n15 » (0,15 nF). Quoi qu'il en soit, il ne convient pas au circuit Pico C. Et non, « 150 » n'est pas un 15 suivi de zéro zéro, mais 150 pF. 15 pF serait écrit... « 15p ». Mais je vous en prie, à votre service.

Un vrai sac de noeuds pour la génération YouTube, mais un abécédaire pour les vieux briscards de l'électronique. Maintenant, essayez avec « p82 » et « n12 » (**figure 1 b**) : je suis sûr que vous allez tous rêver d'un Pico C !

se tourner vers l'e-choppe d'Elektor et se procurer un microcontrôleur préprogrammé [1] ou, mieux, un kit de montage comprenant la platine, ses composants, un « habillage » Elektor, un LCD, ainsi que le microcontrôleur préprogrammé.

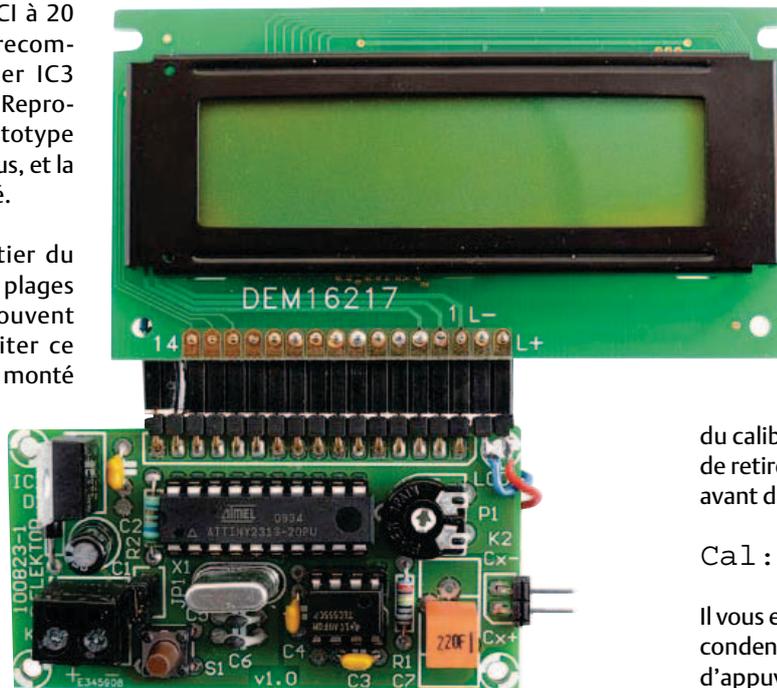
Tous les éléments sont traversants et montés sur la face composants de la platine. Un support de CI à 20 broches de qualité est recommandé pour bien placer IC3 (notez son orientation). Reproduisez fidèlement le prototype de la figure, appliquez-vous, et la réussite sera de votre côté.

Veillez à ce que le boîtier du quartz ne touche pas les plages de connexion qui se trouvent sous lui. C'est pour éviter ce contact que le quartz est monté soit à 1 mm de la surface, soit séparée d'icelle à l'aide d'une mince feuille de plastique ou d'un adhésif.

L'emplacement de C7 permet de monter des condensateurs de divers écartements et position (de leurs broches par rapport au boîtier). Le prototype utilise un condensateur Siemens (orange) au polystyrène et de tolérance 1 %.

Plusieurs options sont proposées pour le logement de la carte ; elles sont laissées à la discrétion de vos goûts, de vos idées et... du niveau de votre compte PayPal. L'un des prototypes a été habillé par un « Elektor Project Case » (# 100500-71), également inclus dans le kit Elektor. En attendant, il devrait être évident que la capacité parasite à l'en-

trée du TLC555 doit rester aussi faible que possible. Il est par conséquent primordial que la carte soit montée de telle sorte que les condensateurs à tester soient connectés avec la longueur de fil la plus courte possible. Rappelez-vous que tous les fils – y compris ceux « fixés » – représentent une capacité parasite qui s'ajoute à vos mesures.



Puisque les connexions L+ et L- du DEM16217 sont du « mauvais » côté du connecteur 14 voies par rapport aux LCD habituels de 2x16 caractères, le branchement se fait via deux broches et deux fils séparés (**figure 4**). Consultez la fiche technique du LCD en cas de doute.

### Usage et étalonnage

Commencez toujours par connecter **directement** le condensateur à mesurer aux

bornes de test de Pico C ; si une connexion directe est impossible, utilisez les fils **les plus courts possible**. Souvenez-vous qu'en présence de capacités très faibles deux fils de 30 cm équivalent à 50 pF, voire plus s'ils se croisent.

Pico C doit être calibré à l'aide d'un condensateur de 1000 pF (1 nF) et de tolérance 1 %, qui pourra être au polystyrène, au polypropylène, ou encore au mica argenté. La routine d'étalonnage contenue dans le micrologiciel de l'ATtiny est appelée automatiquement lorsque Pico C est mis sous tension pour la première fois. Pour la rappeler, maintenez S1 enfoncé jusqu'à l'affichage du message « Cal: » (cela demande 2 ou 3 secondes). Le microcontrôleur vous guidera tout au long du calibrage. Il vous sera d'abord demandé de retirer tout condensateur présent sur K2 avant d'appuyer brièvement sur S1 :

Cal : C=0pF (S1)

Il vous est ensuite demandé de connecter le condensateur de référence de 1nF/1%, puis d'appuyer brièvement sur S1 :

Cal : C=1nF (S1)

L'étalonnage est terminé, ce que vous indique le message :

Calibrated

Pico C est alors en mode « mesure », mode pour lequel le microcontrôleur mesure la durée de 24 cycles consécutifs du signal de sortie de l'oscillateur, compare le résultat avec les valeurs mémorisées durant le calibrage, calcule puis affiche la valeur de

la capacité mesurée. Vous obtiendrez ainsi, si le condensateur de référence est encore inséré :

$$Cx = 1000.0 \text{ pF}$$

Ou, si aucun condensateur n'est présent :

$$Cx = 0.0 \text{ pF}$$

Vous pouvez mesurer des capacités allant jusqu'à 2000 pF, voire un peu plus : la limite supérieure, située entre 2400 et 3000 pF, dépend de la fréquence propre d'IC2. Les dépassements de capacité produits par les compteurs et autres variables sont détectés à la fois matériellement et de façon logicielle. Ces dépassements peuvent fausser les calculs ou bloquer le programme. Un dépassement sera détecté si vous insérez un condensateur de trop grande capacité, ce qu'indiquera le message :

```
Error: C>>
```

Si vous êtes en mode « mesure », retirez le condensateur en cause afin de pouvoir effectuer d'autres mesures. Ce même mes-

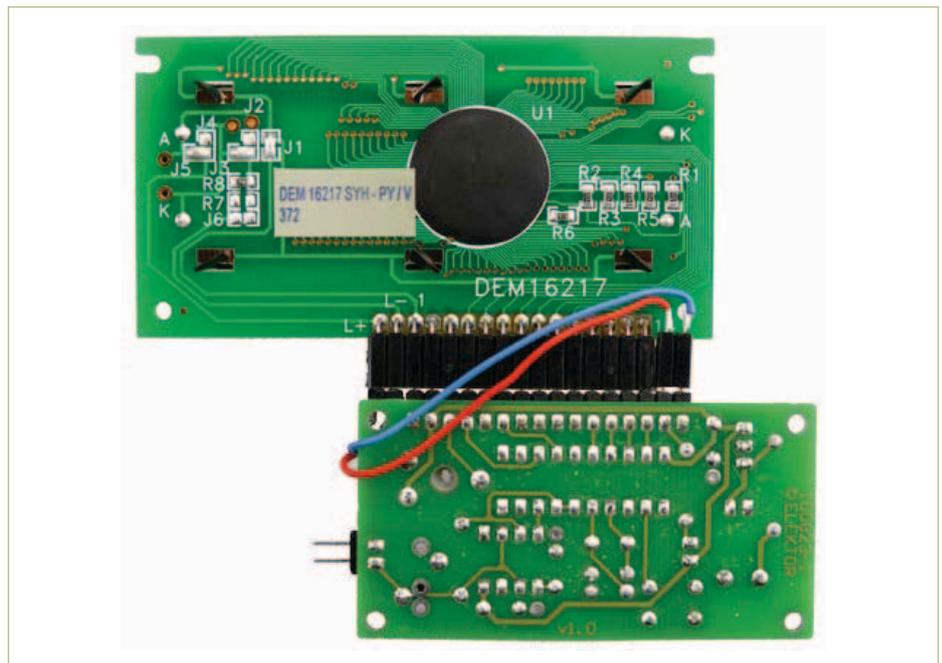


Figure 4. Les connexions pour le rétroéclairage LED du LCD DEM16217 étaient du côté de la broche 1 du connecteur ; peu pratique, donc deux fils et deux connecteurs relient le LCD et la platine.

toires Elektor, lors d'un test de stabilité, un condensateur au polypropylène de 1 nF a ainsi montré des fluctuations de quelques dixièmes de pF deux minutes après le calibrage. Au bout de plusieurs heures, la mesure pouvait être 1001 pF ou 999 pF, soit, malgré l'imprécision apparente, un

### Développement logiciel

Le programme « EE\_pico\_C.bas » est écrit en BASCOM-AVR [2] et contient plusieurs routines en assembleur. Les routines d'interruptions et de mesures ont été écrites en assembleur pour mieux contrôler leur durée. Faire tenir le programme dans les

## Besoin de mesurer moins de 1000 pF ? Oubliez votre multimètre et adoptez Pico C !

sage peut aussi s'afficher en mode étalonnage si vous utilisez un condensateur de référence inapproprié ; utilisez une référence correcte pour l'interrompre.

### Précision et stabilité

La précision de Pico C dépend pour l'essentiel de celle du condensateur de référence. La précision pourra être de 1 % ±1 chiffre immédiatement après l'étalonnage, supérieure si le condensateur de référence est plus précis. Bien que la fréquence de sortie du temporisateur TLC555 ne soit que peu dépendante de la température et de la tension, la résolution élevée de Pico C rendra visible la moindre fluctuation. Vous obtiendrez ainsi sans doute différentes valeurs si vous mesurez le même condensateur pendant plusieurs minutes. Aux labora-

toires Elektor, lors d'un test de stabilité, un condensateur au polypropylène de 1 nF a ainsi montré des fluctuations de quelques dixièmes de pF deux minutes après le calibrage. Au bout de plusieurs heures, la mesure pouvait être 1001 pF ou 999 pF, soit, malgré l'imprécision apparente, un

écart de seulement 0,1 %. Sur une même durée, sans condensateur connecté, la lecture variait entre -0,1 pF et 0,1 pF. Si vous notez des imprécisions persistantes, par exemple une valeur différente de 0,0 pF alors qu'aucun condensateur n'est présent, ou une erreur supérieure à 0,1 % sur le condensateur de référence, répétez l'étape de l'étalonnage. Les valeurs obtenues seront écrites dans l'EEPROM du microcontrôleur et réutilisées à la prochaine mise sous tension de Pico C. Pour une température ambiante constante, un étalonnage est inutile à chaque réutilisation. Vous devriez néanmoins pouvoir calibrer Pico C dès que cela vous semble nécessaire puisque d'après Atmel 100 000 cycles d'écriture en EEPROM sont possibles.

2 ko de mémoire flash de l'ATtiny2313 n'a pas été un mince défi à relever, car BASCOM-AVR est gourmand en code dès qu'il s'agit d'arithmétique avec des variables de type *Long*. Quelques branchements conditionnels et calculs ont donc eux aussi été écrits en assembleur, ce que vous découvrirez par vous-même en consultant le code source à télécharger depuis le site d'Elektor [1].

(100823)

### Liens internet

[1] [www.elektor.fr/100823](http://www.elektor.fr/100823)

[2] Cours BASCOM-AVR, parties 1 à 6, Elektor octobre 2008 à mars 2009.

# PC virtuels

## Virtualisation, qu'est-ce ? Qu'en faire ?

La virtualisation permet de faire tourner sur un même ordinateur plus d'un système d'exploitation. Ceux pour qui ce sujet n'est pas encore familier seront étonnés de la multiplicité des applications possibles. On verra de plus qu'on trouve sur l'internet des logiciels gratuits qui permettent de travailler chez soi aussi.

Evelien Snel (Pays-Bas)

Par PC virtuel, on n'entend pas le portable de l'avatar de la **figure 1**, ni les serveurs visibles dans les baies à l'arrière-plan. Dans cet article,



Figure 1 – Un homme d'affaires virtuel travaille sur son portable virtuel. L'arrière-plan est occupé par des serveurs virtuels.

on entend par PC virtuel un PC dans le PC : un logiciel permet à un PC de simuler le comportement d'une autre machine.

### Qu'est-ce que la virtualisation ?

L'exemple le plus simple d'une machine virtuelle est la calculatrice dans Windows, Linux ou Mac OS. Ce programme présente toutes les caractéristiques d'une machine de poche, à une exception près : on ne peut pas la mettre dans la poche !

Si le PC simule de la même façon le comportement d'un autre PC, on parle de PC virtuel. Le PC physique, matériel, s'appelle alors « l'hôte » et le PC simulé « l'invité ». Nous ne sommes pas limités à un seul

invité : si le PC hôte est assez puissant, il peut simuler en même temps le comportement de plusieurs PC. Nous ne sommes pas non plus limités à un seul système d'exploitation : nous pouvons très bien faire tourner un système Linux sur une machine Windows et inversement.

L'idée de virtualisation n'est pas nouvelle en soi, mais les PC des débuts n'étaient simplement pas assez puissants pour faire tourner un PC invité à une vitesse raisonnable. Il en va autrement aujourd'hui. Non seulement les processeurs sont devenus beaucoup plus rapides, mais les processeurs modernes disposent de propriétés spéciales pour la virtualisation. Le goulot d'étranglement le plus important pour les performances est l'espace disponible en RAM.

### Applications

Il est d'abord très intéressant pour l'électronicien de pouvoir construire un environnement de développement complet dans un environnement virtuel et d'en faire très simplement une copie exacte (back-up) pour un débogage éventuel (des années) plus tard. L'environnement de développement du PC virtuel accède grâce au logiciel de virtualisation aux ports USB et aux ports COM éventuels. Il en va de même pour les lecteurs de CD, DVD et BlueRay, réseaux, etc. De ce fait, le système virtuel n'est en rien limité dans ses possibilités.

En faisant régulièrement des copies du système virtuel (il suffit en général de copier un ou plusieurs fichiers utilisés par le logiciel de virtualisation pour le système virtuel), on assure la continuité du projet sur lequel on travaille. En cas de problème de virus (éventuels), l'environnement de développement entier est reconstruit en un clin d'œil et on peut reprendre où on en était resté. Faire des sauvegardes régulières est assurément une bonne habitude, ici aussi.

Une autre application se présente si, par exemple, vous voulez faire connaissance avec Linux, mais n'êtes pas emballé par l'idée d'abandonner pour cela toute l'installation Windows de votre PC. Avec un PC virtuel dans votre PC, vous pouvez expérimenter à votre aise. Rien ne peut partir de travers sur le PC hôte, parce que les différents systèmes d'exploitation sont protégés l'un de l'autre par le logiciel de virtualisation. Ainsi on peut par exemple rechercher



Figure 2 – Installation de VMware Player.



Figure 3 – VMware Player est installé, il nous faut une machine virtuelle.

aussi des virus sans risquer d'infecter le PC hôte. De la même manière, on peut installer un environnement de développement Windows dans un PC virtuel sur un Mac ou un PC sous Linux. Ou l'inverse, naturellement.

Il y a aussi matière à faire des économies : de nombreux PC dans un environnement de bureau ne font rien d'autre au long de la journée qu'attendre une sollicitation. D'où les avantages à simuler un grand nombre de PC dans un serveur central unique, dont la puissance est bien mieux exploitée. L'économie porte sur les coûts de possession et sur la consommation d'énergie. De plus, les économies d'énergie vont dans le sens de la tendance écologique.

### Solutions disponibles

Un panorama rapide des programmes de virtualisation pour PC les plus connus :

#### Virtualisation Windows

Microsoft propose toutes sortes de produits pour la virtualisation, mais reste décidément fermé au support des systèmes d'exploitation autres que Windows. Cela ne veut pas dire qu'il n'est pas possible de faire tourner par exemple un Linux sous Microsoft Virtual PC, mais seulement que ce n'est pas encouragé.

#### Xensource

Xensource a été acquis récemment par Citrix et c'est vraisemblablement le début de la commercialisation de ce beau produit. L'hyperviseur Xen est un système open source développé par un groupe d'universitaires. Xen est résolument orienté vers le marché professionnel, mais une version gratuite est toujours disponible.

#### Parallels

Parallels offre un large choix de produits de virtualisation. Que ce soit pour Windows, Mac ou Linux, il existe différents produits pour un usage domestique ou professionnel. Hélas, aucune version totalement gratuite n'est disponible. Il n'existe effectivement qu'une version de démonstration qui fonctionne avec une clé d'enregistrement temporaire.

#### VMware

VMware aussi, peut-être le plus connu, propose un grand nombre de produits différents. Logiciel de virtualisation complet, gratuit, utilisable sans limitation. Pour qui veut tâter de la virtualisation sans mettre la main au porte-monnaie, VMware est le bon choix. Nous allons l'examiner de plus près.

#### Logiciels gratuits de VMware

Comme chez les autres fournisseurs de produits de virtualisation, on trouve de tout sur le site ouèbe de VMware. Les produits suivants peuvent être téléchargés gratuitement et utilisés indéfiniment.

#### VMware Player

Il y a encore peu de temps, VMware Player permettait seulement de faire tourner des machines virtuelles existantes, mais depuis la version 3.0 Player permet aussi d'en créer de nouvelles.

#### Virtual appliances

Les « appareils virtuels » de VMware sont des machines virtuelles clés en main qui peuvent être chargées dans VMware Player. Ils offrent un choix de plusieurs centaines d'applications qui d'ailleurs sont loin d'être entièrement gratuites. Les installations Linux sont effectivement complètement gratuites. L'enregistrement (gratuit) sur le site [3] est nécessaire pour télécharger.

#### VMware Converter

VMware Converter permet de fabriquer à partir d'un PC existant une image qui sera utilisée comme une machine virtuelle. Le système source peut être, entre autres, le PC sur lequel il tourne, mais aussi une image de disque construite avec le programme de sauvegarde Ghost ou avec des outils Linux.

#### VMware Tools

Un PC virtuel tourne complètement isolé du système hôte et on le remarque quand on veut copier quelque chose directement du PC virtuel vers l'hôte. Ça ne marche pas ! Les outils VMware Tools sont des auxiliaires qu'il faut installer dans le PC invité pour forcer un petit passage dans la cloison. Ainsi il sera possible de transmettre



Figure 4 – Branchez-vous sur canal Elektor chez YouTube... par un PC Ubuntu virtuel !

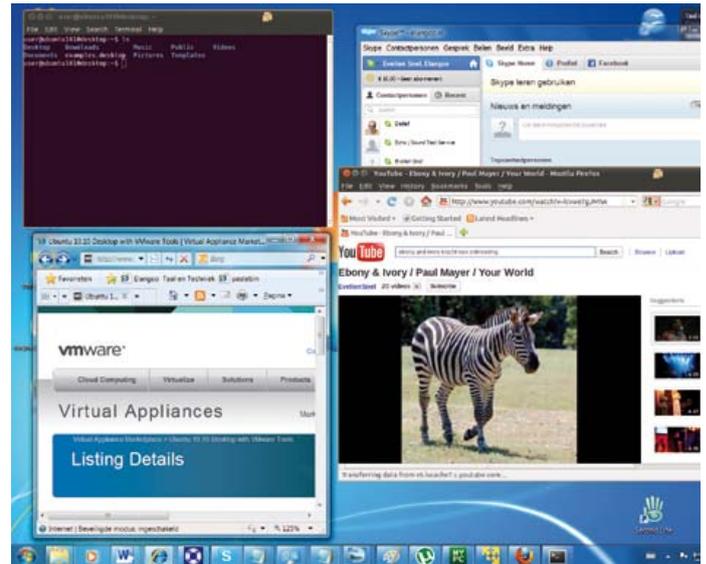


Figure 5 – Ebony & Ivory ; Windows et Linux en harmonie sur le bureau !

des fichiers directement du système virtuel vers le système hôte. Moins simple, mais possible aussi : transmettre des fichiers par le réseau du PC virtuel vers le PC hôte. Bien sûr, les deux PC sont visibles sur le réseau.

### En pratique

Pour commencer, il faut télécharger VMware Player [2]. Sous Windows, ce programme s'installe comme n'importe quelle autre application (figure 2). Quand l'installation est terminée, vous pouvez démarrer (figure 3), mais il apparaîtra que vous n'avez pas encore de machine virtuelle disponible ! Dans le menu File -> Download a Virtual Appliance, vous pouvez visiter directement le site de VMware, où se trouvent les diverses applications [3]. On trouvera sous l'onglet Operating systems surtout un grand nombre de distributions Linux. Elles sont prêtes à fonctionner (chaque distribution est accompagnée des identifiants nécessaires pour se connecter immédiatement sur le système téléchargé. Notez-les !) Un bon choix serait Ubuntu 10.10 with VMware Tools [4]. Cette distribution est mise à disposition par Chrysaor.info et c'est le site auquel on arrive si on clique sur Download. Le téléchargement se fait à l'aide de BitTorrent. Pour ceux qui n'en ont aucune expérience, un client BitTorrent fiable se trouve sur [5] (n'oubliez pas, lors du téléchargement, de cocher les cases pour le téléchargement d'une barre d'outils, etc.).

L'image téléchargée est comprimée dans un fichier tgz. Il est facile à décompresser sous Linux, mais nous n'avons pas encore de Linux ! Nous sommes justement en train de l'installer... Heureusement, il est possible aussi de le décompresser avec le logiciel gratuit de 7-zip [6].

Après le déballage, nous avons un dossier nommé ubuntu1010desktop.vmwarevm, que nous pouvons installer par exemple dans « Mes Documents\Virtual Machines » (c'est l'emplacement standard, où VMware Player va le chercher). La machine virtuelle peut maintenant être ouverte avec le bouton Open Virtual Machine et ensuite être démarrée avec Play Virtual Machine. VMware voit maintenant une machine pour la première

fois et va demander si elle a été déplacée ou copiée. La bonne réponse ici est « copiée ». Une fenêtre de dialogue peut ensuite s'ouvrir au premier plan à propos des appareils USB connectés ; nous pouvons simplement la fermer pour l'instant.

Vous pouvez maintenant vous connecter sur votre nouveau système Linux avec les identifiants notés préalablement. Ouvrez une fenêtre de terminal avec les choix de menu Applications -> Accessoires -> Terminal. Démarrez ensuite de la façon suivante vmware-toolbox et vmware-user pour permettre le copier-coller de et vers Windows :

```
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-toolbox & [1] 19318
user@ubuntu1010desktop:~$ vmware-user
```

Redémarrez la machine virtuelle avec Restart... dans le menu en haut à droite. Maintenant le copier-coller est disponible dès le démarrage. Bienvenue chez Linux !

Si tout a réussi, nous pouvons évaluer sa vitesse (ou sa lenteur) de fonctionnement, simplement en regardant des clips YouTube sur notre PC Linux virtuel (figure 4). Si tout tourne comme prévu, nous pouvons installer notre environnement de développement virtuel.

### Le bouquet : Unity

Pour couronner en beauté l'intégration entre Linux et Windows, nous pouvons encore essayer le choix du menu Virtual Machine -> Enter Unity. Il est possible ainsi de détacher les fenêtres Linux de leur bureau et de les restituer sur le bureau Windows courant (figure 5). Qui aurait pu penser à cela ? Windows et Linux côte à côte comme des frères !

(100585, trad. Brodier)

### Liens internet

[1] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Virtualisation>

# Une approche intégrée de la conception de circuits

Créez un prototype virtuel, en logiciel, avant de passer au labo

Comparez les données de simulation avec les mesures réelles

Obtenez un retour instantané des instruments intégrés

Utilisez des caractéristiques spécifiques à l'enseignement pour faciliter la compréhension des étudiants

Profitez de l'option oscilloscope à 100 Méch./s

Bénéficiez des 12 instruments intégrés dans une seule plate-forme

Simplifiez la mise en œuvre en labo avec la connectivité USB Plug-and-Play

## PLATE-FORME NI POUR L'ENSEIGNEMENT DE L'ÉLECTRONIQUE

### NI Multisim

Logiciel interactif de schématisation et de simulation de circuits

### NI ELVIS

Station de travail intégrant 12 instruments pour l'enseignement pratique de la conception et du prototypage

### NI LabVIEW

Environnement de développement graphique

La plate-forme National Instruments pour l'enseignement de l'électronique est une suite économique d'outils intégrés pour aider les étudiants à passer de la théorie à la pratique en matière de conception de circuits. Avec NI Multisim, les élèves appréhendent les concepts appris dans leur cours en explorant le comportement des circuits au travers de la simulation SPICE et de composants interactifs. Ils peuvent construire des prototypes physiques sur la station NI ELVIS (Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite) qui intègre des instruments virtuels NI LabVIEW. Ils peuvent enfin comparer les données simulées avec les mesures réelles d'un simple clic de souris en utilisant l'instrumentation de NI ELVIS dans l'environnement de Multisim.

>> Téléchargez les ressources d'informations gratuites sur [ni.com/academic/f](http://ni.com/academic/f)

01 57 66 24 24

# ATM18, vous êtes bien sur la RS-485

## Pour le pilotage des relais, prenez la troisième sortie...

Grégory Ester (France)

Si vous souhaitez établir une communication entre deux platines électroniques via une liaison filaire, sans éléments actifs intermédiaires, sur une distance de plus de 1 km, une solution s'impose d'elle-même : la liaison RS-422.

Si maintenant c'est trois platines que vous désirez faire cohabiter, la liaison point à point se transforme alors en liaison multipoint et c'est un bus RS-485 qu'il vous faut.

En l'occurrence, nous allons aller un peu plus loin puisqu'il s'agira ici de mettre en œuvre un système électronique communicant faisant intervenir quatre modules. Trois platines ATM18 devront être capables de s'entendre avec le petit nouveau : Muln LCD, un afficheur directement compatible avec le standard RS-485.

Physiquement, les données voyageront sur seulement deux fils et le mode de transmission sera par conséquent semi-duplex : tout le monde pourra s'exprimer, mais chacun à son tour. EIA (*Electronic Industries Association*) et TIA (*Telecommunications Industry Association*) nous imposent comment relier physiquement les éléments communicants, mais aucune norme n'est imposée concernant le protocole de communication. C'est donc sur une paire torsadée que seront véhiculées les informations, les caractères.

Quant au langage permettant à tous de se comprendre, il va falloir l'inventer. Les pages LABORatoire m'ayant mis l'eau à la bouche, je n'ai pas pu m'empêcher de mettre la main « à la patte »...

### Les acteurs du projet

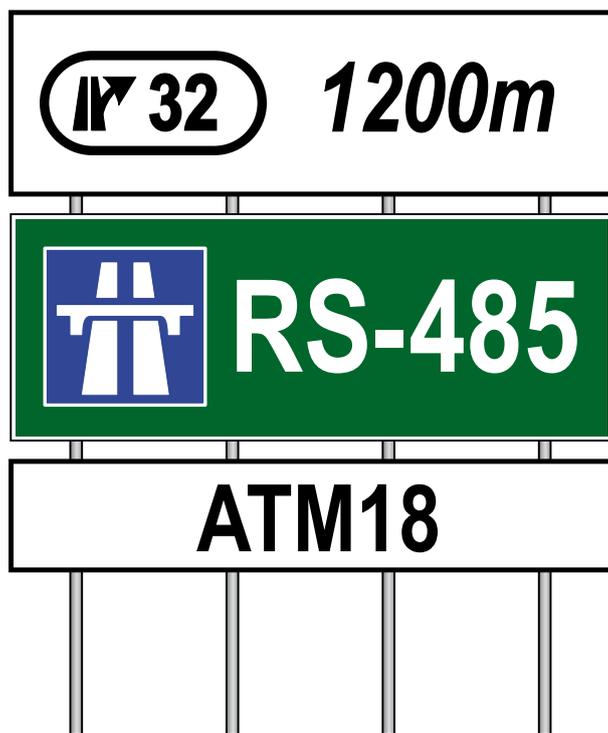
Afin d'identifier facilement tout au long de cet article « qui est qui », voici la convention retenue : les deux ATM18 équipées d'un LCD bifilaire seront baptisées ATM01 et ATM02, la troisième, qui est reliée au module « huit relais », sera baptisée ATM05. Voir aussi la **figure 4**.

ATM05 est donc reliée à la platine huit relais et le port d'extension [1] permet d'économiser des lignes de port de notre ATM18 afin de piloter les relais avec élégance en utilisant seulement deux fils en plus de l'alimentation. Dans la série « économisons

des lignes de port », cette réalisation a fait l'objet d'un article dans le n° 364 (octobre 2008) et le matériel est disponible dans l'e-choppe sous les références 071035-72 et 071035-95.

Muln LCD [2], quant à lui (ou elle, c'est vous qui voyez), est un module composé d'un afficheur LCD classique avec son chipset HD44780 intégré couplé à une platine de commande directement compatible avec notre bus RS-485. Un chapitre complet lui est consacré un peu plus loin.

ATM01 pourra « gouverner à sa guise » les relais 1 et 2 de la platine relais Elektor pendant que ATM02 pourra agir sur l'état des relais 3 et 4. À noter aussi la possibilité de rebaptiser, sans modifier le micrologiciel, les platines ATM01 et ATM02 en ATM03 et ATM04 pour pouvoir avoir une action respectivement sur les relais 5 ou 6 ; 7 ou 8.



## Produits & Services Elektor

- Platine « huit relais » : e-choppe réf. 071035-72
- Platine Port d'extension : e-choppe réf. 071035-95

- Carte contrôleur ATM18 : e-choppe réf. 071035-91
- ATM18 carte gigogne : e-choppe réf. 071035-92
- Afficheur bifilaire : e-choppe réf. 071035-93
- Microcode (téléchargement gratuit) sur [www.elektor.fr/110024](http://www.elektor.fr/110024)

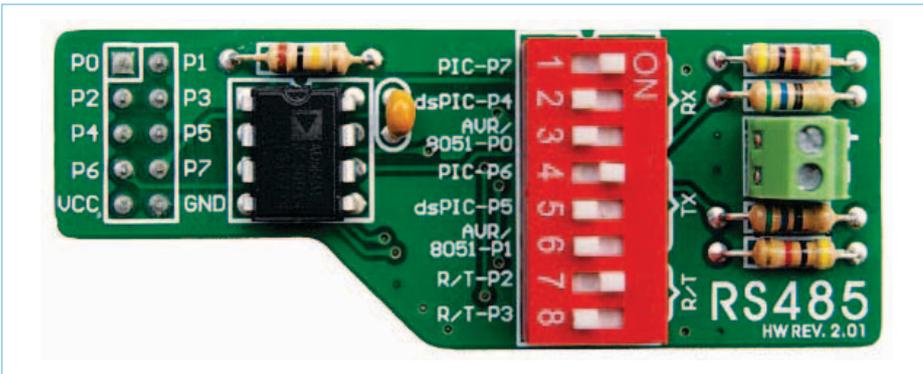


Figure 1. Adaptation du signal à la ligne.



Figure 2. Des paires qui s'échappent.

C'est Muln qui se chargera de signaler visuellement tous les évènements. Tous ces protagonistes vont donc pouvoir s'entendre sur le même bus EIA RS-485.

### Com-prendre le bus

Les platines ATM0x ne communiquent pas directement entre elles, car elles n'ont pas de port compatible RS-485. L'envoi des données sur le bus RS-485 est rendu possible par un module de communication [3] qui adapte le signal série dissymétrique (TTL) en un signal différentiel symétrique selon la norme RS-485. Cette conversion est principalement assurée ici par le driver de ligne Analog Devices ADM485. La **figure 1** nous indique la position retenue des micro-interrupteurs afin de disposer, côté port série, des trois lignes de données Rx, Tx et R/T sur le connecteur HE10 respectivement accessibles sur les broches 8, 7 et 3. Les sorties A et B disponibles sur le bornier à vis délivrent le signal différentiel adapté à la liaison. Les cartes ATM0x peuvent être à la fois émetteur et récepteur, mais les émissions ne peuvent pas se faire en même temps, c'est le principe même de la liaison semi-duplex.

Physiquement, le bus est constitué par une paire de deux fils torsadés limitant ainsi les

phénomènes de diaphonie, les conducteurs voisins n'ont qu'à bien se tenir ! Nous utilisons la paire 1-2 d'un câble réseau de catégorie 5e (débit jusqu'à 1000 Mbit/s, 200 fois plus que le maximum possible en utilisant le composant ADM485) SF/UTP et donc écranté et blindé, ce qui nous protège des perturbations électromagnétiques avoisnantes. Il reste donc trois paires disponibles pour faire passer d'autres informations, nous ne les utiliserons pas dans ce projet. L'accès aux deux fils de la paire en question se fait très facilement grâce à une platine d'adaptation [4] qui recevra votre connecteur RJ45 à souder. Sur la **figure 2**, les deux fils orange et jaune correspondent respectivement au repérage A (+) et B (-) qui sont les lignes de transmission différentielle sur lesquelles les signaux parfaitement complémentaires, quant à leur forme, sont transportés.

La différence de potentiel entre le point A et le point B est positive ou négative, on est donc en présence soit d'un 1L soit d'un 0L. La tension différentielle ainsi équilibrée limite l'influence néfaste des sources perturbatrices environnantes. La forme des signaux précités est visible dans la **figure 3**. Ils ont été relevés sans trucage grâce à l'analyseur logique Scanalogic-2-Pro [5], un puis-

sant outil dont les capacités sont inversement proportionnelles au prix d'achat ! Le maintien de R/T au niveau haut sera suivi de l'envoi des données sur Tx au format RS-232 TTL. Pour recevoir les caractères sur l'UART de votre microcontrôleur, il faudra positionner R/T au niveau logique 0.

Le synoptique de la **figure 4** indique les broches utilisées pour un câblage aisé. Sans répéteur, il est possible de placer jusqu'à 32 unités sur le bus. Les résistances de terminaison permettent d'atténuer au maximum la réflexion du signal, en effet il serait ennuyeux que le signal vous revienne « dans les pattes de l'ADM485 » sans que vous ayez terminé l'envoi de tous les bits.

### Une Interface Multi-usage : Muln LCD

Plus qu'un simple LCD, cette interface permet bien sûr d'afficher du texte à l'écran, mais l'afficheur peut également être piloté via le port USB d'un PC, à distance sans fil grâce à des modules XBee et naturellement par sa liaison RS-485 native.

Un jeu de commandes interprétées par un PIC18LF2550 vous permet de gérer la position du curseur, d'afficher des bargraphs, de modifier l'intensité du rétroéclairage ou

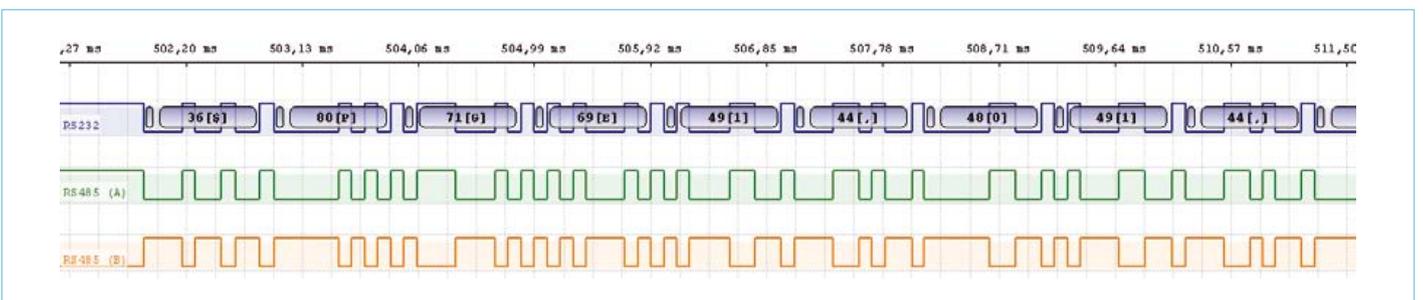


Figure 3. Les signaux ne voyageront plus jamais incognito avec l'analyseur logique Scanalogic.

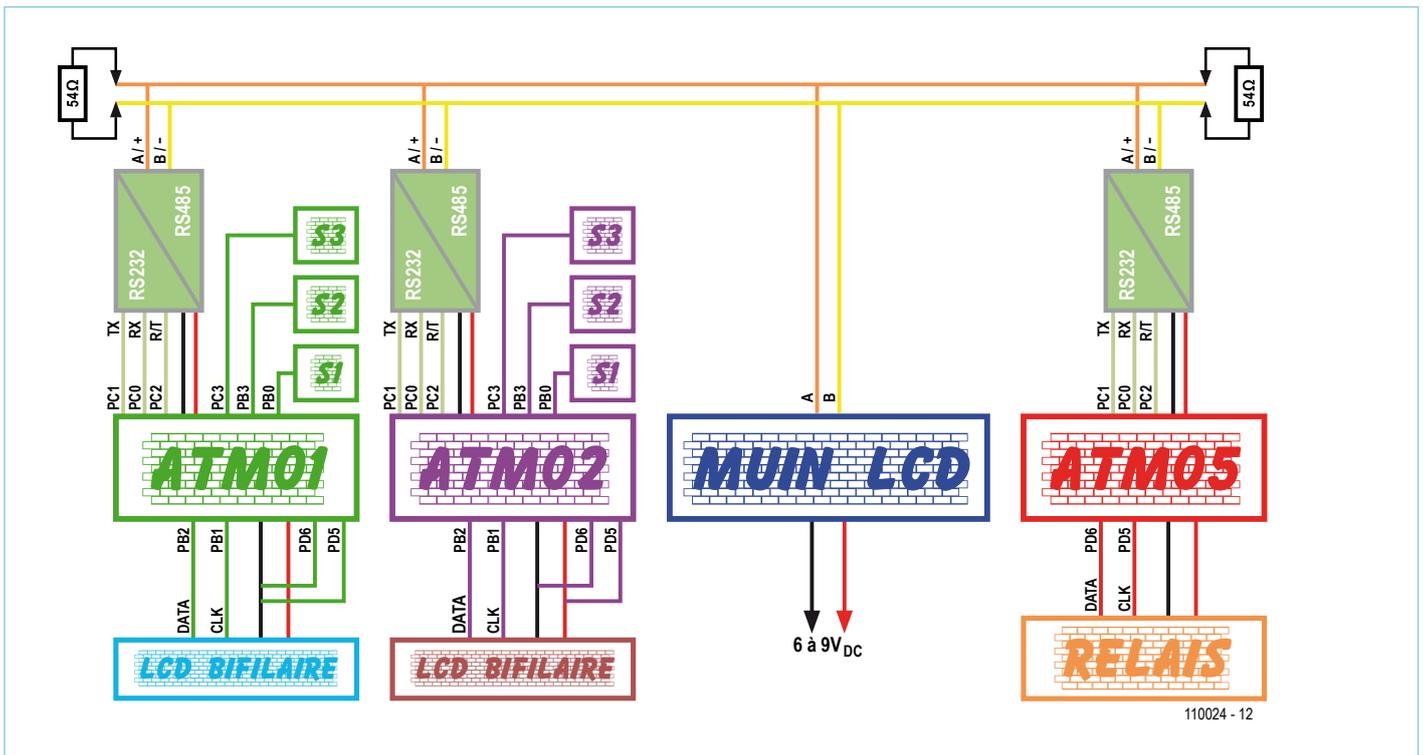


Figure 4. Synoptique pour un câblage rapide de l'ensemble des platines.

de générer des tonalités. Il y a même sur la platine six entrées/sorties compatibles TTL et CMOS et cinq entrées de conversion analogique numérique de 10 bits. Si vous disposez déjà d'un afficheur compatible, vous pouvez opter uniquement pour la platine de commande [6].

Avant d'intégrer la bête à notre système, je n'ai pas pu m'empêcher de faire un peu joujou avec ce beau matériel signé Droids. Vous pouvez télécharger l'ensemble des fichiers disponibles pour ce produit sur le site constructeur [7] ; c'est-à-dire, le dernier firmware accompagné de son petit exécutable permettant de mettre à jour le micrologiciel du PIC embarqué sur la carte grâce au chargeur d'amorçage (*bootloader*) intégré et donc sans avoir recours à un programmeur, l'interface graphique (GUI) permettant de tester toutes les fonctions de Muln LCD et bien sûr le pilote pour gérer

le port série virtuel. Après avoir installé ce pilote, il vous suffira de suivre la procédure richement illustrée sur ledit site pour mettre à jour Muln.

Vous pouvez ensuite enlever tous les jolis cavaliers jaunes presque fluo pour ne laisser positionnés que les deux visibles sur la **figure 5**. Il serait donc logique maintenant de brancher le câble USB afin d'autoalimenter le tout, puis exécuter la belle interface GUI, vous proposer le résultat de quelques tests et insérer une capture d'écran de l'ensemble... Eh bien, non, nous allons tout débrancher, positionner les cavaliers afin de pouvoir envoyer les commandes par l'interface RS-485 en utilisant un cordon FTDI USB-RS-485 [8] et le terminal Hercules [9]. Pour ce faire, décalez le cavalier « USB » d'un picot vers la gauche, il vous faudra donc alimenter la platine en utilisant une source de tension externe pouvant varier de 6 à 9 V

continu. Déplacez le cavalier qui était sur la position « UART » d'un cran vers la droite sur « RS-485 ». Alimentez et jouez...

La documentation est disponible en ligne sur [10]. La trame est envoyée en hexadécimal et le départ est marqué par l'envoi de \$FE suivi par un ou plusieurs octets indiquant la commande et les paramètres. La **figure 6** correspond à trois commandes pouvant être envoyées en cliquant sur les boutons *SEND* correspondants. La première efface l'écran, la deuxième affiche le message « Hello world » et la dernière génère une tonalité.

Muln LCD est désormais prêt à être intégré au système.

### Le fonctionnement de l'ensemble

Après avoir configuré les platines ATM01 et ATM02 en agissant sur PD5 et PD6 conformément aux indications du **tableau 1**, mettez sous tension l'ensemble des platines. Les

Tableau 1. Le baptême des platines ATM18.		
ATMox	PD6	PD5
ATM01	0	0
ATM02	0	1
ATM03	1	0
ATM04	1	1

Tableau 2. Action – Réaction.			
ATM01		ATM02	
Appui sur S1	RE1 = /RE1	Appui sur S1	RE3 = /RE3
Appui sur S2	RE2 = /RE2	Appui sur S2	RE4 = /RE4
Appui sur S3	x	Appui sur S3	x

noms ATM01 et ATM02 s'affichent automatiquement au démarrage sur la première ligne des LCD bifilaires respectifs. L'alimentation de ATM05 engendre sur Muln un bip long, un bonjour sympathique, et l'état des huit relais en binaire (de RE8 à RE1) s'inscrit sur la deuxième ligne (**figure 7**). En l'occurrence aucun relais n'est alimenté.

Comme ce sont les platines nommées ATM01 et ATM02 qui existent sur le bus, ce sont les relais 1 à 4 qui pourront être activés. C'est donc l'appui sur un des trois boutons-poussoirs S1, S2 ou S3 qui va engendrer un évènement (**tableau 2**).

La **figure 8** nous renseigne sur trois évènements qui viennent d'avoir lieu : d'abord RE4 a été activé suite à l'appui sur S2 de

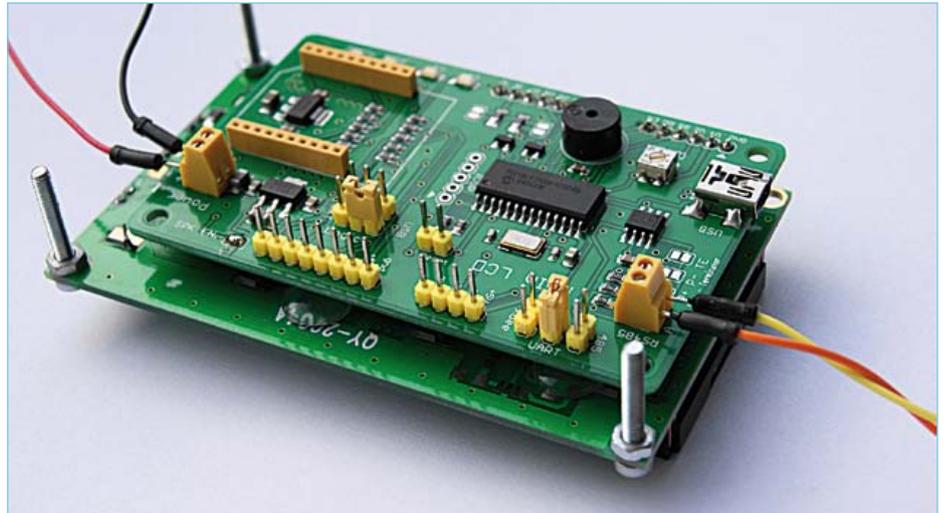


Figure 5. Qui se cache sous le LCD 4x20 ? C'est Muln !

ATM02, la troisième ligne nous indique que l'on vient d'appuyer une nouvelle fois sur S2. Mais que signifient les « .. » ?

Si ATM01 et ATM02 prennent la ligne en même temps, c'est la collision assurée.

Par conséquent, sur la deuxième ligne, les deux points accompagnés d'un curseur qui clignote (invisible sur la photo) veulent dire qu'ATM02 est mise en attente, cela signifie qu'ATM01 vient d'envoyer un ordre

Publicité

L'ORIGINAL DEPUIS 1994

# PCB-POOL®

Beta LAYOUT

**Email: sales@pcb-pool.com**  
**Appel Gratuit FR: 0800 90 33 30**

**Spécialistes des circuits imprimés prototypes.**

- NOUVEAU Délai rapide 24h
- NOUVEAU Support d'épaisseur 1.0mm désormais disponible
- OFFERT! Un pochoir pâte à braser CMS gratuit avec chaque commande "prototype"

**www.pcb-pool.com**

**REFLOW-KIT®**

Beta LAYOUT

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

**www.reflow-kit.com**

On accepte tous les formats suivants:

à ATM05. Pendant ce temps aucune action n'est possible depuis ATM02. Bien entendu, l'évènement est géré également sur ATM01. Si toutefois vous vous endormez sur les platines en appuyant sur l'ensemble des boutons-poussoirs, le « chien de garde » vous réveillera ! Dans ce cas ATM01 et ATM02 redémarrent à chaud et c'est ATM01 qui est prioritaire.

Une pression sur S3 n'actionne aucun relais, mais vous permet de récupérer leurs états logiques qui s'affichent sur le LCD bifilaire. L'état des relais est mis à jour au fil de l'eau sur l'afficheur Muln. Le redémarrage d'ATM01 ou ATM02 est également signalé par un message inscrit sur le LCD Muln.

Pour que l'ensemble fonctionne, deux trames propriétaires ont été constituées. La trame d'envoi (ATM0x vers ATM05) :

```
$PGE1,01,05,01,0001*67
```

avec :

- \$PGE1 : trame « 1 » propriétaire Grégory Ester
- 01 : platine source
- 05 : platine destination
- 01 : relais à activer
- Paramètre « 0001 » : ici la valeur du paramètre est toujours égale à « 1 » puisque l'ordre est toujours le même : « Faire basculer le relais »
- \*67 : somme de contrôle, un simple XOR sur les caractères précédents sans le « \$ ». Si la somme de contrôle est incorrecte, la trame est ignorée. De même si vous essayez d'envoyer à ATM05 la trame suivante « PGE1,01,05,03,0001\*65 » en utilisant le logiciel Hercules, elle sera ignorée. En effet, même si la somme de contrôle

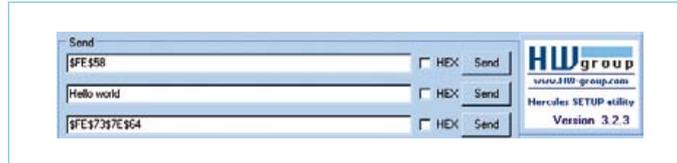


Figure 6. Envoyer ses propres commandes sur le bus RS-485.



Figure 7. Bonjour, tous les relais sont désactivés.



Figure 8. ATM02 aurait-elle eu une petite absence ?

### Liens & références

- [1] [www.elektor.fr/080357](http://www.elektor.fr/080357)
- [2] [www.lextronic.fr/P19762-module-afficheur-muln-lcd-4-x-20-bleu.html](http://www.lextronic.fr/P19762-module-afficheur-muln-lcd-4-x-20-bleu.html)
- [3] [www.lextronic.fr/P138-module-communication-rs485.html](http://www.lextronic.fr/P138-module-communication-rs485.html)
- [4] [www.sparkfun.com/products/8790](http://www.sparkfun.com/products/8790)
- [5] [www.ikalogic.com/scanalogic2/](http://www.ikalogic.com/scanalogic2/)
- [6] [www.lextronic.fr/P19764-platine-muln-pour-afficheur-lcd.html](http://www.lextronic.fr/P19764-platine-muln-pour-afficheur-lcd.html)
- [7] [www.droids.it](http://www.droids.it), dans la section Documents -> Downloads
- [8] p. ex. Farnell réf. 1740357
- [9] [www.hw-group.com/products/hercules/index\\_en.html](http://www.hw-group.com/products/hercules/index_en.html)
- [10] [www.droids.it](http://www.droids.it), dans la section Documents -> User guides
- [11] [www.elektor.fr/110024](http://www.elektor.fr/110024)

est correcte, ATM01 n'a pas le droit d'agir sur le relais 3.

L'accusé (ATM05 vers ATM0x) :  
\$PGE2,05,02,03,0006\*62

- \$PGE2 : trame « 2 » propriétaire Grégory Ester
- 05 : platine source
- 02 : platine destination
- 03 : relais qui vient d'être activé
- Paramètre « 0006 » : octet image de l'état logique de l'ensemble des relais. Ici  $(6)_{10} = (0000\ 0110)_2$  signifie que RE2 et RE3 sont activés. Un ET logique sur les bits qui nous intéressent permet de récupérer l'état des relais.
- \*62 : somme de contrôle comme avant. Si la somme de contrôle est incorrecte, le message « xx » s'affiche à la place des deux bits correspondant à l'état des relais.

Le système a été testé avec succès sur une longueur de bus de 6 m.

### Conclusion

L'application proposée dans ces pages n'a bien entendu pas la même dimension que le projet actuellement en préparation par le LABORatoire. Il s'agissait plutôt ici de vous faire découvrir une application possible, des périphériques compatibles ou rendus comme tels, une manière de communiquer. Tout comme vous, c'est avec une grande impatience que j'attends la solution définitive qui sera installée dans le donjon Elektor et développée dans les pages bleues...

Les micrologiciels (avec code source) utilisés pour ce projet sont bien sûr à votre disposition sur la page internet de l'article [11].

(110024)

# compilateurs **PIC32**

mikro**C** mikro**Basic** mikro**Pascal**



à partir de \$199



à partir de \$149



à partir de \$149

```
bit  
GLCD_D7_Direction at  
TRISD14_BIT  
sbit GLCD_D8_Direction at TRISD14_BIT  
GLCD_Write_Text(someText,  
                ...)
```

## PIC32 POUR TOUT LE MONDE

MikroElektronika est le premier éditeur de compilateurs au monde qui offre l'accès aux microcontrôleurs PIC32 aux débutants et professionnels. Choisissez entre les langages de programmation **C**, **BASIC** et **PASCAL**. Besoin de plus de puissance ? Passez facilement du PIC ou dsPIC au PIC32. Grâce à la compatibilité descendante **de plus de 500 fonctions logicielles**, il suffit de recompiler les codes source existants avec seulement quelques petites modifications.

 **MikroElektronika**  
DEVELOPMENT TOOLS | COMPILERS | BOOKS

...making it simple



Notre communauté en ligne vous permet de participer à des discussions et de guider le développement de nos futurs compilateurs. C'est un portail pour les amateurs de PIC32 comme nous et un endroit pour partager des projets et des suggestions, de rencontrer des gens talentueux ou de demander de l'aide. Nos développeurs n'attendent que d'être mis à l'épreuve. Ensemble nous pouvons réaliser de meilleurs compilateurs.

<http://www.pic32compilers.com>



Pour une carte de développement PIC32 achetée, une réduction de **\$100** sur les compilateurs est offerte.

**OBTENEZ-LE  
MAINTENANT**  
[www.mikroe.com](http://www.mikroe.com)

# Les CPL avec quelles puces ? S-FSK en « guerre des formats »

Giacomo Cesari (Future Electronics, Italie)

S-FSK, c'est la modulation par déplacement de fréquence à spectre étalé (*Spread-spectrum Frequency-Shift Keying*). Si elle devient la norme dominante pour la télémesure, les composants qui lui donnent vie vont devenir très recherchés par les OEM, les fabricants d'appareils informatiques, pour réaliser toutes sortes de CPL (transmission par courant porteur en ligne ou PLC en anglais) en technique à bas débit, pour des applications comme la domotique, la gestion d'énergie dans le bâtiment ou l'éclairage public. Voici un guide pour opérer en technologie S-FSK sur de nouveaux modems. Nous décrirons comment les composants SoC (systèmes intégrés complexes, *System on Chip*) peuvent vaincre les difficultés rencontrées dans ce type de réalisations. Chasseurs de puces, réjouissez-vous !

Alors que la technologie nécessaire à la mise en œuvre de la communication par courants porteurs sur les fils du réseau électrique (*Power Line Communication*) existe depuis des décennies, elle n'a pas encore réussi à s'exprimer réellement. Et ce n'est pas tellement à cause de la difficulté technique de transmettre des données avec fiabilité sur un support qui transporte en même temps de forts courants alternatifs. Nos gouvernements réagissent à la menace du réchauffement climatique en investissant des milliards dans l'installation de compteurs d'énergie réputés intelligents, ce qui promet une réduction de la consommation d'énergie et une meilleure régulation de la demande. Pour envisager l'installation d'appareils de télémesure, il faut d'abord construire un moyen de communication de et vers le centre de commande, or les conducteurs de distribution électrique semblent parfaitement adéquats pour cette application. Aussi, les fabricants d'instruments de mesure et leurs entreprises clientes assistent en ce moment à une réplique de la « guerre des formats » des années 80 entre le Betamax et le VHS, du fait que les distributeurs de semi-conducteurs concurrents insistent pour réaliser des réseaux de télémesure, non seulement par CPL, mais aussi par la radio à faible portée, la radio cellulaire et autres méthodes.

## Qu'est-ce qui rend si populaire la S-FSK ?

Dans le monde, les attributions de bandes de fréquence sur les lignes du secteur diffèrent selon les régions. En Europe, la norme EN 50065-1 (publiée par CENELEC) définit l'attribution de fréquences entre 3 kHz et 148,5 kHz, comme l'indique le **tableau 1**. En Amérique du Nord, la norme FCC Part 15 détermine une attribution spectrale plus large et moins rigoureuse, tout au long de la gamme qui va au-delà de 500 kHz.

Dans la structure de la modulation FSK, l'information est passée aux

lignes du secteur sous forme de deux fréquences,  $f_s$  et  $f_m$  (où « s » (*space*) représente un 0, et « m » (*mark*) correspond à 1). Voilà bien longtemps qu'on se sert de la modulation FSK et dans le passé, du temps où l'on travaillait en analogique, il n'était ni rentable ni facile de distancier ces deux fréquences de plus de 2 kHz l'une de l'autre. Du coup, ces systèmes étaient très sensibles au bruit : n'importe quel appareil branché sur les fils du secteur, tel qu'un banal aspirateur, pouvait générer des parasites à la fréquence du signal et occasionner ainsi la perte de contact entre les nœuds de communication. La S-FSK est moins vulnérable au bruit : c'est parce que, en S-FSK,  $f_s$  et  $f_m$  sont normalement distantes de 10 kHz. Cette amélioration, on la doit au fait qu'en numérique, il est très facile de faire produire ces fréquences par une puce. Comme  $f_s$  et  $f_m$  sont suffisamment écartées, il y a vraiment peu de chance que le bruit puisse les noyer toutes les deux en même temps.

Les puces pour S-FSK les plus récentes en provenance de ON Semiconductor et STMicroelectronics sont en outre capables de repasser en modulation d'amplitude de manière à garder le canal en service sous de très hauts niveaux de bruit qui rendent inopérante la modulation de fréquence.

De la sorte, du bruit sur l'une des fréquences peut réduire le débit binaire effectif, mais le canal de communication reste opérationnel. On en déduit que la technique de modulation S-FSK offre une très haute fiabilité, une caractéristique vitale pour les applications de télémesure qui transmettent des données souvent critiques pour la mission impartie.

Collectivement, l'industrie soutient la technique S-FSK : IEC 61334 est un groupe de normes centrées sur les applications de télémesure qui se servent de S-FSK. Des déploiements à grande échelle commencent dès à présent : la France, par exemple, a commencé à

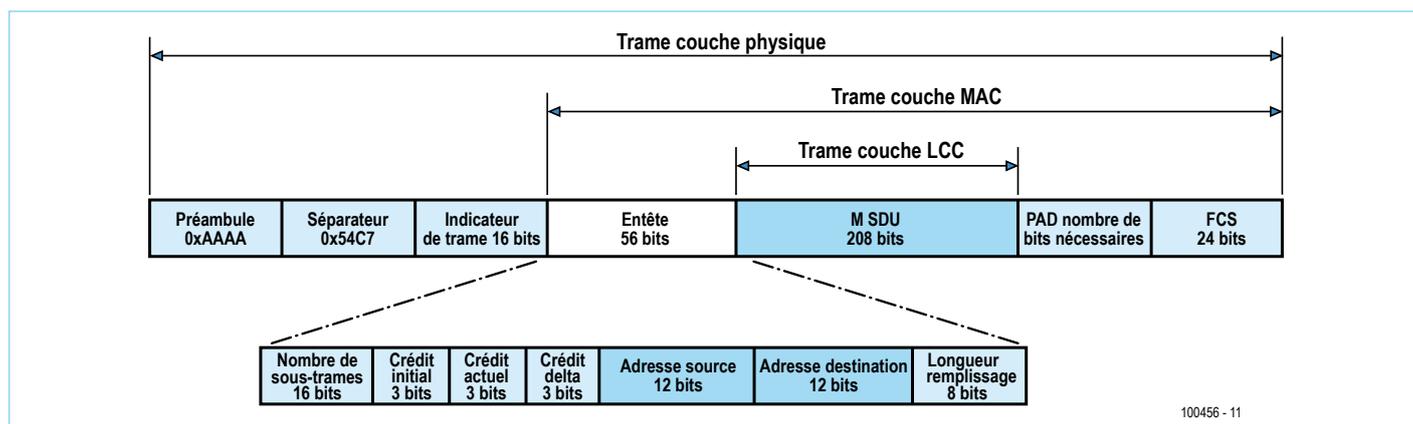


Figure 1. Structure standardisée de la trame sur ligne électrique (IEC61334-5-1).

installer un peu partout de la télémesure basée sur la modulation S-FSK. Mais d'autres pays attendent que les instances officielles définissent d'autres normes avant de se décider à adopter une technologie en particulier.

Et il est vrai que, si la S-FSK offre un débit de données faible (jusqu'à 2 400 bits/s), d'autres systèmes de modulation annoncent de plus hauts débits. Certains d'entre eux (par exemple OFDM et DSSS) en sont au stade des essais et même, dans le cas de la technique DCSK (*Differential Code Shift Keying*) développée par le fabricant de CI Ytran, actuellement installée en Espagne.

Mais pour la télémesure, S-FSK est largement en tête du peloton parce que sa fiabilité, elle l'a prouvée sur le terrain. Cela signifie que les appareils intégrés qui mettent en œuvre cette technique sont devenus disponibles en grand volume et à des prix compétitifs. De quoi stimuler un élargissement du champ d'applications de la S-FSK. Mais alors, qu'est-ce qui peut bien entraver la percée des concepteurs de modems CPL qui utilisent la S-FSK ? Et à quel stade en est actuellement l'étendue de la solution que les SoC sont en mesure de proposer ? Commençons par focaliser notre attention sur les fonctions principales d'un modem en ligne de distribution électrique.

### L'architecture de base d'un modem sur ligne électrique

L'architecture caractéristique d'un modem CPL se compose de trois blocs :

- Un module d'entrée analogique (AFE, Analog Front-End) comprenant un dispositif de couplage, des filtres et un étage de puissance
- Une couche physique (PHY)
- Un protocole

La couche physique inclut un système de modulation FSK, des filtres et un amplificateur.

La couche de protocole est le moyen de communication entre les différents nœuds. Le protocole a pour mission de transférer en toute sécurité l'information entre deux ou plusieurs nœuds, d'assurer, au besoin, le chiffrement du courrier (pas toujours nécessaire) et de produire le format correct de la trame à transmettre convenablement. Le **figure 1** montre un format de trame CPL normalisé tel que défini par IEC 61334-5-1.

Avec n'importe quel format, la couche de protocole assure les fonctions suivantes :

- l'adressage
- le chiffrement des données avant transmission

- dispose des pleins pouvoirs sur les paramètres de communication suivants :
  - accusé de réception
  - avis de mauvaise réception
  - transmission répétée
  - numérotation de séquence

### Étendue de l'intégration dans les puces de modem actuelles

Les premières tentatives des fabricants pour satisfaire la demande d'appareils S-FSK n'avaient pas atteint une intégration complète ou laissaient aux concepteurs OEM le soin de fournir une grosse quantité de logiciels. Une référence bien connue dans la conception de modems S-FSK, DRM035, a été commercialisée par Motorola Semiconductor en 2003, basée sur le contrôleur de signal numérique 56F801. Toujours disponible aujourd'hui chez Freescale Semiconductor, cette référence sert de modèle aux ingénieurs pour leurs propres développements.

Mais cette manière d'aborder la question en résolvant par logiciel les fonctions de modulation et la couche de protocole fait porter sur les épaules de l'ingénieur de développement la construction de l'AFE séparément, une tâche ardue. Les systèmes CPL connectés au réseau de distribution de la tension alternative doivent, en Europe du moins, satisfaire aux normes suivantes :

- la signalisation sur les lignes secteur (EN50065-1:2001, FCC Part 15)
- l'immunité sur les lignes secteur (EN50065-2-1:2003, EN61000-3-2/3)
- la sécurité (EN60950)

### Comment coupler un système CPL au réseau alternatif

D'une façon générale, un réseau de couplage (condensateur et transformateur) est la recette utilisée pour injecter le signal dans les lignes du secteur alternatif et pour l'en extraire. Un côté du transformateur est commandé par l'étage de sortie de l'amplificateur du modem CPL.

Le rôle du condensateur est de se débarrasser de la tension du secteur à 50 (ou 60) Hz ; il sert aussi d'impédance pour réaliser la connexion des deux sources de tension (celle du secteur et la signalisation par courant porteur) en parallèle.

L'amplificateur de puissance qui attaque le transformateur, on peut le réaliser de deux manières : avec des transistors distincts intégrés dans un CI de S-FSK (comme le ST7570) ou avec un CI spécialisé (comme

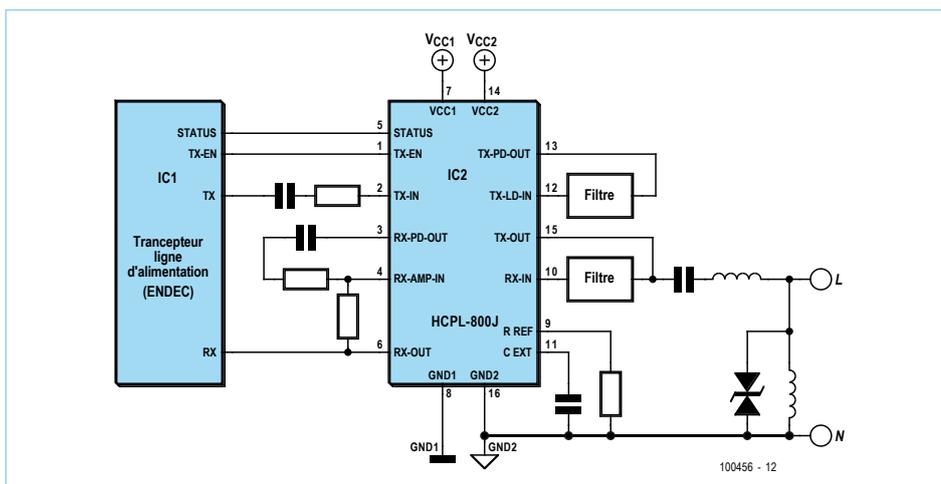


Figure 2. Synoptique de l'AFE pour modem CPL équipé d'un HCPL-800J produit par Avago.

un AMIS-49587). Un amplificateur de puissance intégré procure un ensemble compact, mais il peut parfois restreindre la gamme et subir les limitations dues à sa tolérance en température. C'est ce qui se passe, par exemple, si l'impédance de l'amplificateur de sortie est très basse. Pour les applications qui nécessitent une isolation galvanique, Avago Technologies a présenté la puce de couplage HCPL-800J. Comme on le voit à la **figure 2**, l'étage de sortie isolé peut attaquer directement un réseau de couplage fait d'un condensateur et d'une self.

Le couplage à la ligne de puissance ne constitue pas la seule zone problématique de l'AFE, le filtre passe-bande a aussi son importance. Avant de dessiner un filtre adéquat, il faut considérer la localisation dans le monde dans laquelle le modem sera installé. En Europe, la courbe limite d'émission de parasites de la norme EN50065 régit le niveau maximum de toutes les harmoniques à toute fréquence de la gamme qui va de 10 kHz jusqu'à 148 kHz. Si par exemple un modem transmet sur une fréquence porteuse à 120 kHz, il faut s'assurer que les deuxième et troisième harmoniques ont un niveau inférieur à 62 dBμV et 58 dBμV respectivement.

La situation aux États-Unis est différente : là-bas, les réglementations ne spécifient aucune limite pour les harmoniques, mais bien pour les niveaux d'harmoniques aux fréquences supérieures à 500 kHz. Cela veut dire que si le même modem à 120 kHz doit être employé aux États-Unis, seules les harmoniques hors bande, plus hautes que le quatrième ordre seront concernées. Il y a aussi une limite en amplitude du signal de sortie à 122 dBμV.

### Les solutions intégrées actuelles

Les derniers semi-conducteurs pour modems S-FSK introduits sur le marché présentent un degré d'intégration nettement plus élevé que la référence Freescale mentionnée précédemment. On les décrirait mieux comme modems S-FSK à système embarqué (SoC). La puce

AMIS-49587 de chez ON Semiconductor, commercialisée dans sa dernière version en décembre 2009, réalise l'interface physique (PHY) en blocs matériels à signaux mixtes et le MAC (*Media Access Control*) ainsi que la couche de protocole dans une ROM de micrologiciel enfouie. Ce micro-programme tourne sur un cœur ARM7 enfouie. L'appareil peut communiquer avec le processeur d'application à travers une SCI (*Serial Communications Interface*).

Par l'élimination de la nécessité pour le concepteur du système de développer la couche de protocole, ON Semiconductor accélère largement le processus de développement du produit fini. Au niveau de l'application, le système peut se contenter de délivrer les données brutes à l'AMIS-49587 sur le SCI et le SoC se charge de tout le reste et de la transmission des données.

Le dessin de STMicroelectronics avec son S-FSK SoC, le ST7570, est similaire. Il s'agit de la réalisation d'un modem S-FSK complet, y compris tout l'AFE. Son architecture est légèrement différente de l'AMIS-49587 : le ST7570 opère la modulation par un micrologiciel tout fait qui tourne sur un cœur DSP. Il utilise un contrôleur 8054 enfouie pour réaliser la couche de protocole et le MAC.

Ces nouveaux produits – le ST7570 est sur le point de quitter la phase des « échantillons » – illustrent le niveau d'intégration qui vient à peine d'être disponible pour les concepteurs de modems S-FSK. Le défi majeur dans l'élaboration d'un système de mise en réseau CPL a dès lors migré de l'agencement des communications, une tâche reprise maintenant par un SoC, vers des fonctions à valeur ajoutée, telles que l'interface utilisateur, l'appareillage de suivi et la supervision de la capacité d'action.

Il y a gros à parier que la mise à disposition de CI tout prêts à la mise en service, disponibles auprès de plusieurs fondeurs de silicium, de taille suffisante pour assurer une production de masse, va faire bien davantage que n'importe quel autre facteur pour pousser en avant le marché vers le S-FSK comme technique de modulation de choix pour la communication par courants porteurs en ligne. Attendez-vous à découvrir qu'après cette avancée décisive, la « guerre des formats » de modulation CPL trouve déjà son épilogue.

(100456)

**Lien internet**  
[www.cpl-france.org](http://www.cpl-france.org)

Table 1. Bandes de fréquence attribuées par EN 50065-1.

Nom de bande	Gamme de fréquences	Usage
Bande A	3 kHz – 95 kHz	Seulement pour réseau basse tension
Bande B	95 kHz – 125 kHz	Applications sans protocole d'accès
Bande C	125 kHz – 140 kHz	Applications avec protocole d'accès
Bande D	140 kHz – 148 kHz	Applications d'alarme et de sécurité sans protocole d'accès

✓ Economiser de l'énergie  
✓ Réduire le BOM  
✓ Plus haute performance  
✓ Commercialiser plus vite  
✓ Baisser les coûts de développement

## Cortex-M0, un choix facile

Nous changeons la façon de penser des ingénieurs grâce aux solutions Cortex-M0 qui permettent d'économiser de l'énergie, de baisser les coûts, de réduire le BOM et de commercialiser plus vite.

- ▶ **Consommation active la plus faible** — aussi basse que 130  $\mu\text{A}/\text{MHz}$
- ▶ **Densité de code supérieur** — moins de 50 % de code dans la plupart des cas
- ▶ **Performance élevée** — le LPC1100 atteint plus de 45 DMIPS
- ▶ **Le plus petit** — le LPC1102 ne mesure que 5 mm<sup>2</sup>
- ▶ **Outils bon marché** — LPCXpresso pour moins de 30 €



Montrez-nous comment vous avez changé vos vieilles habitudes à 8 et 16 bits en nouvelles solutions à 32 bits Cortex-M0 de NXP et nous vous offrons une carte de développement LPCXpresso.

[www.nxp.com/cortex-m0](http://www.nxp.com/cortex-m0)



# Convertisseur GPIB-USB

## interface USB

### pour le bus de mesurage universel

Rainer Schuster (Allemagne)

Le *General Purpose Instrumentation Bus* (IEEE-488 ou IEC-60625 si vous préférez) est sans doute le plus ancien des systèmes de bus utilisés. Avec plus de 5000 instruments GPIB encore disponibles, il reste l'un des fondements de la commande d'instruments (de mesure) professionnels. Comme l'interface GPIB n'est pas montée d'origine sur les PC, une carte ou un convertisseur externe USB-GPIB, matériel qui n'est pas donné, les complète. La solution que nous proposons, une carte R8C/13 avec USB, démontre que ce complément n'est pas forcément cher ni compliqué.

Il est à peine croyable qu'un système de bus comme HP-IB (*Hewlett-Packard Interface Bus*), développé par Hewlett Packard dans les années soixante, soit encore une norme industrielle répandue et pourtant. Dans les années soixante-dix, la CÉI prend l'HP-IB comme idée de départ pour la réalisation d'un bus. Les normes IEEE 488 et IEC 60625 sont ensuite publiées et reprises par de nombreux constructeurs comme « GPIB ». Aucun autre bus n'a réussi à s'imposer contre celui-ci. Il est en effet très répandu, après tant d'années, sa fiabilité est indubitable et il est simple d'emploi. Beaucoup d'utilisateurs ne peuvent pas ou ne veulent pas se passer de cette interface. Les instruments de mesure récents, oscilloscopes et générateurs par exemple, sont donc équipés en dehors de leurs interfaces USB et (ou) Ethernet d'une interface GPIB, le plus souvent conforme à IEEE 488.2 (IEC 60488-2).

Comme interface parallèle sur 8 bits, la GPIB ressemble à feu l'interface d'imprimante Centronics, à la différence près que l'on peut brancher simultanément jusqu'à 15 appareils sur un câble de bus, en chaîne, en étoile ou en mode mixte, et que l'on peut en adresser jusqu'à 30. Nous n'en donnerons pas une description détaillée, ce n'est pas notre objet. Reportez-vous aux pages de Wikipédia [1] et aux liens qu'elles proposent (voir également la page anglaise). Elles sont une bonne introduction au sujet et permettent d'approfondir.

L'absence d'interface GPIB sur un PC se compense à l'aide d'une carte ou d'un convertisseur GPIB-USB externe. Le coût de ce matériel peut dépasser celui de l'appareil de mesure à piloter. Il est possible d'éviter d'en arriver là. Le matériel nécessaire pour un convertisseur GPIB-USB se limite à un microcontrôleur équipé d'une inter-

face USB, disposant d'au moins deux ports d'E/S bidirectionnels et une embase Centronics 24 contacts...

#### R8C recyclé

Nous n'avons pas cherché longtemps le « microcontrôleur avec interface USB et au moins deux ports d'E/S bidirectionnels » nécessaire. Pour un projet de Traceur de caractéristiques U/I décrit en février 2009 dans *Elektor*, l'auteur a déjà mis au point une petite carte R8C avec interface USB. Elle est disponible à l'e-choppe, montée et essayée, sous la référence 080068-91. Cette platine de contrôleur pratique (80 x 35 mm) est aussi programmable par l'interface USB. L'organe maître du montage de la **figure 1** est un microcontrôleur R8C/13 couplé à un PL2303, convertisseur USB-série. Vous retrouverez la liste des composants et le dessin de la platine dans l'article sur le traceur de courbes de transistors ainsi que (gratuitement) sur la page d'*Elektor* de ce projet [2].

Le câblage du R8C/13 correspond à celui de la légendaire carte R8C/13 [3] que les lecteurs ont pu commander gratuitement avec le CD du logiciel à l'e-choppe d'*Elektor*.

L'association du contrôleur USB PL2302 et du microcontrôleur est reprise de la description de la carte d'application du R8C/13, parue dans le numéro de mars 2006 [4].

Le montage s'alimente sur le connecteur USB. Différentes broches de port, le +V et la masse sont accessibles sur une barrette de 20 contacts (K1) qui permet donc d'employer aussi cette platine à d'autres tâches. Le **tableau 1** vous en indique le brochage.

La touche S1 est celle de réinitialisation du microcontrôleur. Le

## Caractéristiques

- Convertisseur GPIB-USB à prix modéré
- Matériel simple (carte USB R8C/13 avec embase Centronics)
- Platine R8C/13-USB, disponible montée et essayée
- Microprogramme gratuit avec code source
- Programme flash gratuit
- Environnement de développement gratuit
- Exemple de programme gratuit pour PC avec code source

courant de sortie de la broche de port est limité à environ 10 mA par 18 résistances de 470 Ω. Elles éviteront, en outre, à la carte du contrôleur de succomber prématurément à la suite d'une erreur de branchement.

Quand le cavalier JP1 est posé, vous pouvez charger un programme sur le microcontrôleur par le port USB (par exemple avec la *Flash Development Toolkit* de Renesas gravé sur le CD de logiciels de R8C [5]). Vous pouvez également télécharger le paquet de programmes du CD destiné au R8C [6].

Les articles d'Elektor cités et la page du site consacrée au R8C [7] fournissent toutes les informations utiles pour rédiger les programmes du R8C, charger les fichiers hexadécimaux dans le contrôleur et installer le pilote USB destiné au PC.

Au risque de nous répéter, le matériel du convertisseur GPIB-USB ne se compose que de la liaison de la **figure 2** entre une embase Centronics à 24 contacts et la carte R8C/13-USB (080068-91). Le câblage s'effectue comme l'indique le **tableau 2**. Le reste est pris en charge par le microprogramme du R8C/13 que nous allons maintenant présenter.

### Microprogramme

Le microprogramme du microcontrôleur a été écrit en C pour le *Renesas High Performance Workshop* (version 4.08) et vous pouvez le télécharger gratuitement de la page du site d'Elektor réservée à

ce projet [7]. Les pages R8C d'Elektor [3] vous donnent des informations détaillées sur la programmation du R8C/13.

Le programme commence par configurer l'interface série UART1

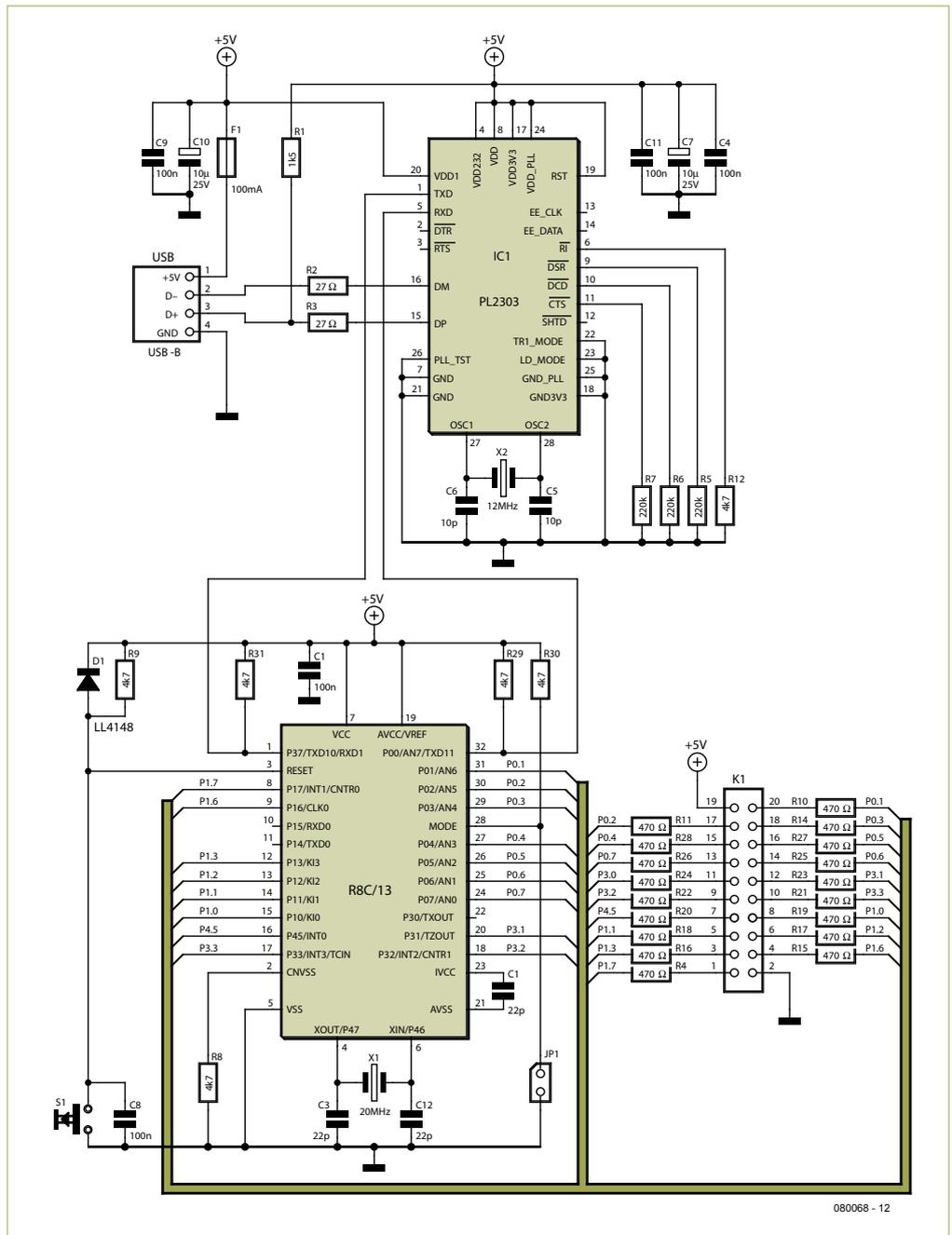


Figure 1. Schéma de la platine du contrôleur avec R8C/13 et convertisseur USB-série PL2303.

### Produits & Services Elektor

- Platine de contrôleur (Carte R8C/13-USB, garnie et essayée) : réf. 080068-91
- Dessin (PDF) et liste des composants de la platine de contrôleur, gratuits à charger depuis [www.elektor.fr/080068](http://www.elektor.fr/080068)

- Microprogramme (code source inclus) et logiciel du PC : télécharger 100756-11.zip
- Page d'information et téléchargement gratuit du logiciel depuis [www.elektor.fr/100756](http://www.elektor.fr/100756)

Tableau 1 : brochage de K1			
Broche	Correspondance	Broche	Correspondance
1	P1.7	11	P3.0
2	GND	12	P3.1
3	P1.3	13	P0.7
4	P1.6	14	P0.6
5	P1.1	15	P0.4
6	P1.2	16	P0.5
7	P4.5	17	P0.2
8	P1.0	18	P0.3
9	P3.2	19	+5V
10	P3.3	20	P0.1

du R8C/13 à 38.400 bauds, 8 bits de donnée, 1 bit d'arrêt, sans parité pour la communication entre l'interface USB et l'instrument de mesure GPIB. Il active ensuite la ligne de bus GPIB REN (*Remote ENable*) et la ligne IFC (*InterFace Clear*) pendant 10 ms de façon à réinitialiser tous les appareils connectés. Cette opération a pour effet de mettre le R8C/13 dans l'état de « contrôleur responsable » (*Controller In Charge* ou CIC).

Il ne se passe ensuite rien puisque, par définition, les appareils GPIB ne peuvent parler qu'après y avoir été invités par le contrôleur. Pour transmettre des instructions et des données aux appareils GPIB connectés, le programme attend les commandes entrant par l'interface série de façon à les exécuter. Un petit protocole est mis en oeuvre à cet effet :

Tableau 2 : connexions de l'embase Centronics sur K1 de la carte R8C/13-USB			
Nom du signal	Broche de port du contrôleur	Brochage de K1	Brochage de l'embase Centronics 24 contacts
DIO1	P0.1	20	1
DIO2	P0.2	17	2
DIO3	P0.3	18	3
DIO4	P0.4	15	4
EOI	P3.0	11	5
DAV	P1.3	3	6
NRFD	P1.6	4	7
NDAC	P1.7	1	8
IFC	P1.0	8	9
SRQ	P4.5	7	10
ATN	P1.2	6	11
Shield	-	2	12
DIO5	P0.5	16	13
DIO6	P0.6	14	14
DIO7	P0.7	13	15
DIO8	P3.1	12	16
REN	P1.1	5	17
GND	-	2	18-24

<instruction>[<adresse d'appareil><, >] [chaîne GPIB] <CR><LF>

Exemple : R1, \*IDN? <CR><LF> représente l'instruction READ. Celle-ci envoie la chaîne « \*IDN? » à l'appareil GPIB d'adresse 1 et attend la réponse. La chaîne de réponse de l'appareil est renvoyée au PC par l'interface USB.

Le **tableau 3** donne la liste des instructions implantées. Il s'agit d'instructions universelles auxquelles réagiront tous les appareils connectés. Il en existe d'autres, dites instructions adressées qui ne s'appliquent qu'aux appareils préalablement adressés (voir **tableau 4**).

Pour adresser un appareil à l'écoute (*listener*), on envoie ces instructions précédées de « Listen (0x20) » avec l'adresse de l'appareil (précédée d'un « ou »). La commande proprement dite est à faire suivre de l'instruction « Unlisten » (fin d'écoute).

Les commandes citées sont, par ailleurs, des instructions de bas niveau. Nous n'avons besoin, en règle générale, pour communiquer avec les appareils, que des commandes R = Read, W = Write et, le cas échéant, S pour consulter la ligne de demande de service (*Service Request*).

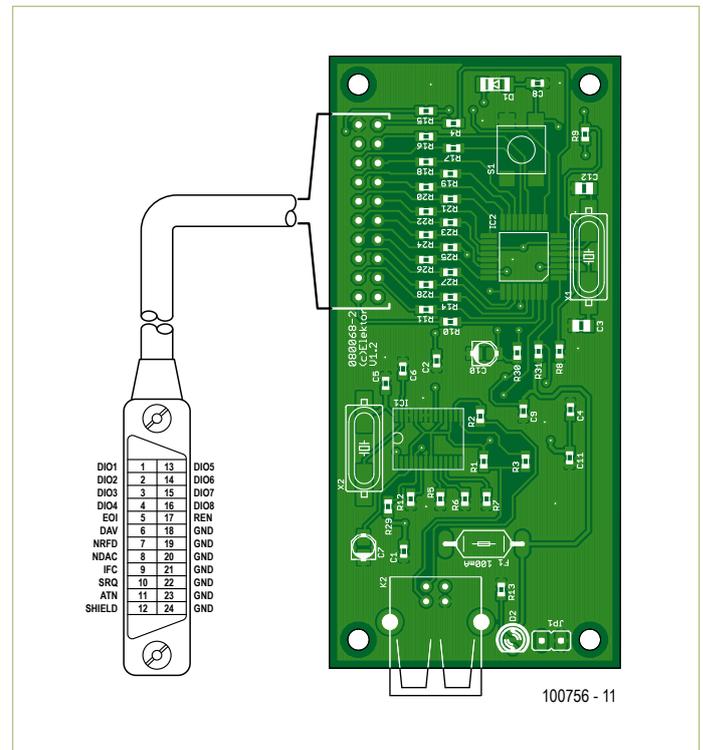


Figure 2. Le matériel du convertisseur GPIB-USB se compose de la liaison d'une embase Centronics à 24 contacts à la carte R8C/13 USB.

Lorsque la transmission de données comporte une erreur, le R8C/13 envoie au PC un message « Error X ».

X = 1 signifie que l'appareil adressé n'existe pas.

X = 2 signale un dépassement de la temporisation à l'émission ou à la réception de données.

### Programmation

Le compilateur de Renesas produit un fichier hexadécimal Motorola (GPIB\_USB.mot) qu'il est également possible de charger avec le *Flash Development Toolkit 3.4 Basic* (de [5] ou [6]) par l'interface USB. Le cavalier JP1 doit être posé sur la carte du contrôleur avant un bref appui sur la touche de réinitialisation. N'oubliez pas d'enlever le cavalier, après la programmation, et d'appuyer à nouveau brièvement sur la touche reset. Votre convertisseur GPIB-USB est ensuite prêt pour un essai pratique.

### Utilisation

Nous allons présenter un exemple d'application pratique du convertisseur écrit en VB6. Ce programme transmet au PC les oscillogrammes d'un oscilloscope Tektronix-TDS210. Si vous connaissez

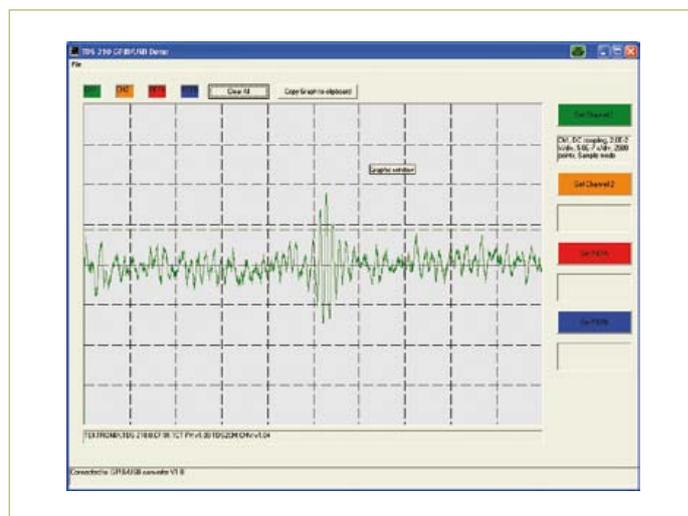


Figure 3. Exemple d'un oscillogramme, transféré par le convertisseur GPIB-USB de l'oscilloscope au PC.

les instructions de votre oscilloscope, vous n'aurez pas de mal à adapter le programme disponible sur le site [7].

Le programme s'installe lorsque vous exécutez « setup.exe » sur le PC. Après l'installation, cliquez sur GPIB\_USB.exe pour le lancer. Après démarrage, le programme ouvre, l'un après l'autre, tous les ports COM disponibles et envoie la chaîne de demande d'identification du convertisseur GPIB-USB (I<CR><LF>), jusqu'à ce qu'il

Tableau 3 : Instructions GPIB universelles utilisables

Instruction	Paramètre	Signification
C	-	Envoie IFC et réinitialise ainsi tous les appareils connectés
G	Commande GPIB	Active la ligne ATN et envoie la commande transmise en paramètre par le bus GPIB*
I	-	Consultation de la chaîne d'identification du convertisseur USB Réponse : convertisseur GPIB-USB V1.0
R	Adresse de l'appareil, chaîne envoyée à l'appareil adressé	La chaîne transmise en paramètre est envoyée à l'appareil également adressé en paramètre, la chaîne de réponse de l'appareil est renvoyée
S	-	Consultation de la ligne SRQ (Service Request) Réponse 0 : aucun appareil n'a besoin d'une consultation de service 1 : une consultation de service est nécessaire
T	Temporisation en us ( $\mu$ s)	Modification de la temporisation d'émission et de réception de données sur le bus GPIB. Par défaut = 200000[us] = 200ms
W	Adresse de l'appareil, chaîne	La chaîne transmise en paramètre est envoyée à l'appareil également adressé en paramètre, aucune réponse n'est attendue
LLO	0x11	Local Lockout : verrouillage local de tous les appareils connectés
DCL	0x14	Device Clear : réinitialisation de tous les appareils sur le bus GPIB
PPU	0x15	Parallel Poll Unconfigure : désactivation de la fonction « Parallel Poll » (consultation parallèle)
SPE	0x18	Serial Poll Enable : déclenchement de consultation sérielle des appareils après une requête de service
SPD	0x19	Serial Poll Disable : blocage de la consultation sérielle
UNL	0x3F	Unlisten : délivre tous les appareils de l'écoute
UNT	0x5F	Untalk : invitation à se taire à l'appareil parlant

Tableau 4 : Instructions GPIB adressées		
Instruction	Valeur hexadécimale	Signification
GTL	0x01	Goto Local : commute les appareils adressés en commande locale
SDC	0x04	Selected Device Clear : réinitialisation des appareils précédemment adressés
PPC	0x05	Parallel Poll Configure : consultation en parallèle des appareils précédemment adressés
GET	0x08	Group Execute Trigger : provoque simultanément un événement donné sur les appareils précédemment adressés
TCT	0x09	Take Control : transmission des commandes à un autre appareil



Figure 4. Dans le programme de simulation LT-Spice, des signaux mesurés à l'oscilloscope s'importent dans des fichiers pwl.

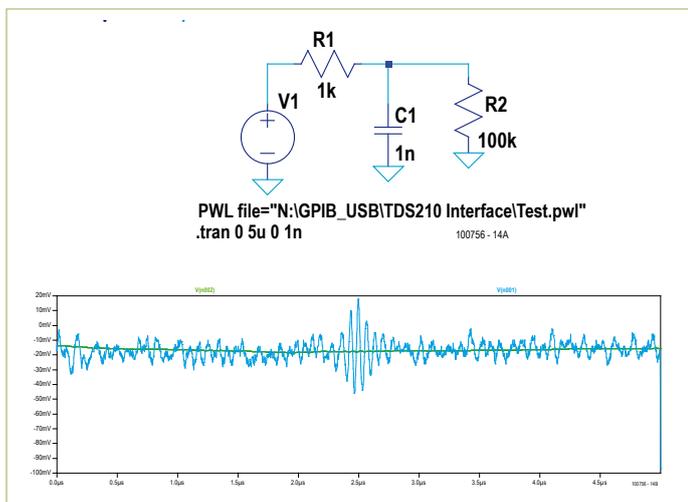


Figure 5. Exemple d'utilisation d'un signal de mesure réel dans une simulation LT-Spice.

trouve un port convenable et reçoive la chaîne de réponse. Immédiatement après, le programme passe à la consultation de la chaîne d'identification de l'oscilloscope par l'émission de la commande « R1,\*IDN?<CR><LF> ». L'adresse de l'appareil est alors configurée à 1 par la constante globale « ADDR ». Cette valeur est naturellement à changer pour un appareil à une autre adresse ! Lorsque la chaîne de réponse de l'oscilloscope est reçue, le programme est prêt à transmettre les courbes et à les afficher sur l'écran du PC. La **figure 3** montre l'exemple de la transmission de la voie 1 de l'oscilloscope.

Il est possible de transmettre les courbes des voies 1, 2, réf A et réf B. La ligne en pointillés représente le décalage vertical, Y. Nous extrayons le décalage Y, les unités « Y-DIV » et « X-DIV » des données des courbes. Celles-ci sont à leur tour transmises en format ASCII de -128 à +127, la plage visible de -100 à +100 est suffisante. Nous pouvons effacer les courbes avec la touche *Clear All*, la touche *Copy to Clipboard* copie les données des courbes dans le presse-papier pour un autre traitement, les coller dans un éditeur de texte, par exemple.

L'option de menu *File* → *Export csv* ou *Export pwl* permet d'exporter les données des courbes dans Excel ou de les enregistrer comme fichier .pwl. L'extension pwl correspond à *Piece Wise Linear Function*. Un tel fichier est un fichier de courbes qui peut s'intégrer au logiciel de simulation LTSpice. Ce simulateur a été présenté dans le numéro de septembre 2010 [8] d'Elektor.

Une des caractéristiques de ce programme est qu'il permet non seulement de choisir des sources de signal de forme définie (sinus, rectangle, triangle...) mais également d'importer des tracés de courbe dans des fichiers pwl (voir **figure 4**). Dans l'exemple de la **figure 5**, le (tracé du) signal perturbé (figure 3) transféré de l'oscilloscope au PC sous la forme d'un fichier .pwl est importé dans le programme de simulation et transmis par un simple filtre passe-bas (réseau RC). La figure 5 présente, en bas, le résultat du filtrage simulé du signal relevé dans le monde réel : la courbe bleue représente le signal d'entrée (tiré du fichier pwl), la courbe verte, le signal lissé par le filtre passe-bas.

(100756)

**Liens internet**

- [1] <http://fr.wikipedia.org/wiki/IEEE-488>
- [2] [www.elektor.fr/080068](http://www.elektor.fr/080068)
- [3] [www.elektor.fr/r8cstart](http://www.elektor.fr/r8cstart)
- [4] [www.elektor.fr/050179-3](http://www.elektor.fr/050179-3)
- [5] [www.elektor.fr/050179-2](http://www.elektor.fr/050179-2)
- [6] [www.blafusel.de/files/r8c](http://www.blafusel.de/files/r8c)
- [7] [www.elektor.fr/100756](http://www.elektor.fr/100756)
- [8] [www.elektor.fr/081006](http://www.elektor.fr/081006)

# Découvrez les perles de la technologie sans fil

24, 25, 26 | Paris expo Porte de Versailles  
mai 2011 | [www.rfhyper.com](http://www.rfhyper.com)



Un océan d'innovations technologiques

**RF & HYPER**  
wireless

Le salon des radiofréquences, des hyperfréquences,  
de la fibre optique et du wireless

# Des routines et des maths

Darren Heywood (Royaume-Uni)

Certains processeurs sont optimisés pour le traitement mathématique grâce à une conception matérielle spécifique. C'est ainsi que l'ancien calculateur CORDIC put exécuter des algorithmes de calcul parfaitement adaptés à la structure de la machine. Tellement bien adaptés que le nom de ce calculateur est resté associé à celui des algorithmes en question. Toutefois, mis en œuvre sur ce bon vieux couteau suisse des microcontrôleurs qu'est le 8051, on trouve que ces algorithmes CORDIC sont lents et n'apportent quasiment rien en termes de précision mathématique. Mais tout n'est pas perdu !

Les routines présentées ici utilisent l'algorithme de Padé. Selon la routine utilisée ou exécutée, la méthode de Newton-Raphson pour la recherche des racines d'une fonction est parfois exécutée dans une boucle de rétroaction. Certains d'entre vous n'ont peut-être jamais entendu parler de l'algorithme de Padé. Il reprend l'idée du développement de Taylor, sauf qu'il fournit une fraction rationnelle au lieu de fournir un polynôme pour réaliser l'approximation d'une fonction transcendante. Et la précision de cette fraction rationnelle est meilleure que la partie polynomiale de Taylor. L'intervalle d'utilisation des algorithmes CORDIC et de Padé est limité au domaine de convergence de leurs algorithmes — des astuces de programmation doivent être déployées pour contourner cette limitation. Les routines mathématiques examinées ici ne sont limitées que par la précision des nombres à virgules flottantes au format IEEE 32 bits.

## Les routines mathématiques en pratique

L'idée générale est d'effectuer un choix sélectif des routines. Pour ce faire, on déclare d'abord un fichier 8051.dat associé à une vaste mémoire de programme, de préférence 32 ko ou 64 ko. On se sert des routines mathématiques comme d'un modèle ou d'une plateforme pour développer une application puis, plus tard, on supprime les routines non nécessaires et donc on libère de l'espace mémoire. Il faudra toutefois rester vigilant lors de cette suppression, car certaines routines sont imbriquées. C'est le cas par exemple de la fonction  $\cos(x)$ , qui appelle  $\sin(x)$ . Si donc le programme de votre application ne se sert que de  $\cos(x)$  sans jamais faire appel à la fonction  $\sin(x)$ , cette dernière devra néanmoins être conservée dans votre programme. Il en serait de même avec la fonction  $\tan(x)$ , qui se sert de  $\sin(x)$  et de  $\cos(x)$ . Ces deux fonctions devront donc être incluses dans votre programme si vous avez besoin de  $\tan(x)$ . Il revient à

## Liste des routines mathématiques pour Bascom-8051

Deux variables principales servent à l'appel des routines : Arg1 et Arg2. Lorsqu'une fonction à une seule variable est appelée, comme Sinx, Arg1 est préchargé avec une valeur en radians. L'utilisateur invoque ensuite la routine et le résultat est retourné dans Arg1. Vous trouverez ci-dessous la liste complète des fonctions disponibles. Ce sont les fonctions typiques d'une calculatrice scientifique.

**Call Square Arg1** ; retourne le carré de Arg1.

**Call SqrX Arg1** ; retourne la racine carrée de Arg1.

**Call Mag Arg1, Arg2** ; retourne  $\sqrt{(\text{Arg1}^2 + \text{Arg2}^2)}$  dans Arg1.

**Call Rect2polar Arg1, Arg2** ; passe  $x=\text{Arg1}$  et  $y=\text{Arg2}$  de la forme cartésienne à la forme polaire. Le résultat est retourné dans Arg1. L'angle de Arg2 est en degrés.

**Call Polar2rect Arg1, Arg2** ; convertit une forme polaire en forme cartésienne ; le module est dans Arg1 ; l'angle de Arg2 est donné en degrés ; la fonction retourne  $x+jy$  sous la forme  $\text{Arg1}+j\text{Arg2}$ .

**Call Cubr Arg1** ; retourne la racine cubique de Arg1.

**Call ExpX Arg1** ; retourne l'antilogarithme en base e de Arg1.

**Call Lnx Arg1** ; retourne le logarithme en base e de Arg1.

**Call Alog Arg1** ; retourne l'antilogarithme en base 10 de Arg1.

**Call log Arg1** ; retourne le logarithme en base 10 de Arg1.

### Fonctions trigonométriques

**Call Sinx Arg1** ; retourne le sinus de l'angle en radian donné par Arg1.

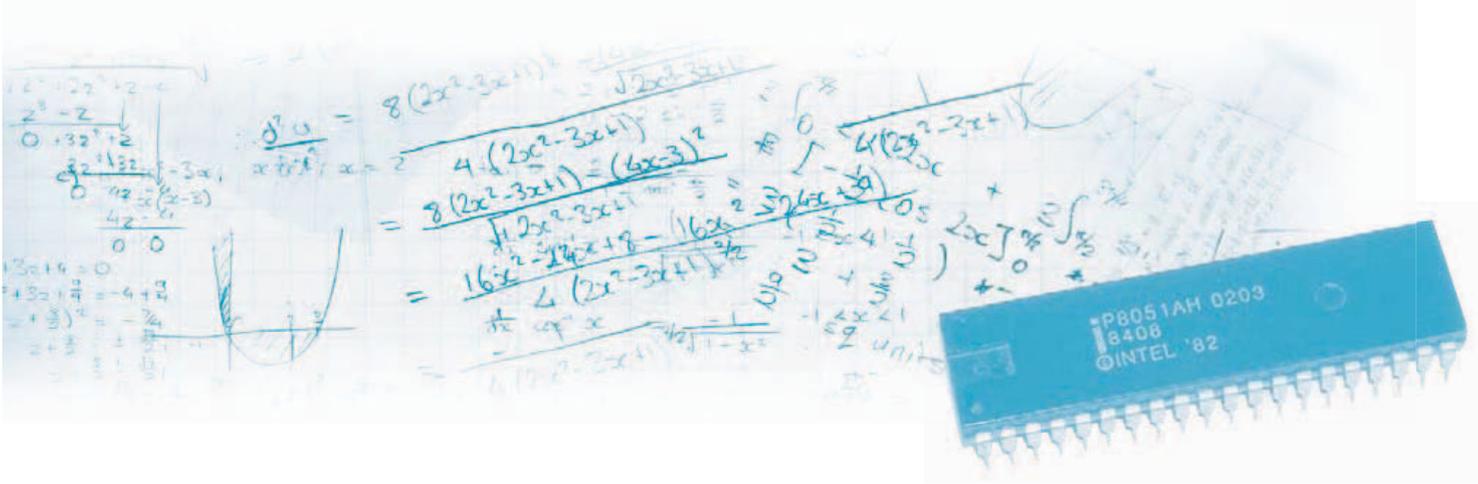
**Call Asin Arg1** ; retourne l'arc sinus de Arg1.

**Call Sin\_2pix Arg1** ; retourne le sinus de  $2.\pi.x$ , où  $\text{Arg1} = x$  est défini dans l'intervalle  $[0, 1]$  de façon à couvrir 360 degrés ou  $2.\pi$  radians.

**Call Sin\_a2pix Arg1** ; comme ci-dessus, mais ici la variable « a » joue le rôle de rang d'un harmonique.

**Call Cosx Arg1** ; retourne le cosinus de l'angle en radian donné par Arg1.

# pour BASCOM 8051



l'utilisateur final de rechercher les routines imbriquées ; cette recherche est rapide puisqu'une routine imbriquée est facilement identifiable par la présence d'une déclaration Call dans son code. Les deux variables principales du programme sont Arg1 et Arg2. Si « call sinx Arg1 » est compilé et exécuté, alors la valeur ou le contenu de Arg1 est passé à la routine sinx en tant qu'argument, et à l'exécution le résultat est retourné dans Arg1. Les fonctions trigonométriques n'utilisent que les radians. Comme en général il existe une relation mathématique étroite entre les fonctions transcendentes, certaines routines sont imbriquées. Le programme met en oeuvre deux piles logicielles LIFO pour Arg1 et Arg2, chacune pouvant avoir jusqu'à 4 niveaux d'imbrications.

Ces routines mathématiques ne recourent à aucun matériel externe (à l'exception du LCD) et peuvent donc être exécutées sur le simu-

lateur BASCOM. Les réponses ou les résultats peuvent être vérifiés très facilement en comparant le résultat avec celui donné par une calculatrice scientifique, soit en dirigeant Arg1 sur l'écran LCD, soit en entrant le nom de la variable (Arg1) dans le simulateur.

## Exemples — du simple au complexe

La majorité des routines sont très simples à utiliser puisqu'il suffit de se servir de la commande BASCOM *Call*. Voici quelques exemples : Call sinx Arg1 : lors de l'appel de la routine sinx, Arg1 contient déjà l'argument (argument pré-chargé) ; à l'exécution, la routine retourne le résultat dans Arg1.

Call cosx pi/4 : pour cet appel, BASCOM affecte automatiquement la valeur pi/4 à Arg1 puis renvoie le résultat dans Arg1.

Lcd Arg1, affiche Arg1 sur l'écran LCD, que ce soit l'écran réel ou l'écran du simulateur BASCOM.

**Call Acosx Arg1** ; retourne l'arc cosinus de Arg1.

**Call Cos\_2pix Arg1** ; retourne le cosinus de 2.pi.x, où Arg1 = x est défini dans l'intervalle [0,1] de façon à couvrir 360 degrés ou 2.pi radians.

**Call Cos\_a2pix Arg1** ; comme ci-dessus, mais ici la variable « a » joue le rôle de rang d'un harmonique et ne prend donc que des valeurs entières.

**Call Tanx Arg1** ; retourne la tangente de l'angle en radian donné par Arg1.

**Call Atanx Arg1** ; retourne l'Arc tangente de Arg1.

**Call A2tanx Arg1, Arg2** ; retourne l'Arc tangente de Arg1=x et Arg2=y, calcule arc tan(y/x) et retourne le résultat dans Arg1.

### Fonctions hyperboliques

**Call sinhx Arg1** ; retourne le sinus hyperbolique du nombre en radians contenu dans Arg1.

**Call coshx Arg1** ; retourne le cosinus hyperbolique du nombre en radians contenu dans Arg1.

**Call tanhx Arg1** ; retourne la tangente hyperbolique du nombre en radians contenu dans Arg1.

**Call Asinhx Arg1** ; retourne l'argument sinus hyperbolique de Arg1 exprimé en radians.

**Call Acoshx Arg1** ; retourne l'argument cosinus hyperbolique de Arg1 exprimé en radians.

**Call Atanhx Arg1** ; retourne l'argument tangente hyperbolique de Arg1 exprimé en radians.

### Intégration et dérivation numériques

Les routines ci-dessous peuvent effectuer des intégrations et des dérivations numériques. L'intégration numérique s'appuie sur la méthode de Simpson.

**Call Deriv func\_1, func\_1, inv, Arg1** ; trouve la valeur de la dérivée au point spécifié par Arg1 ; la valeur numérique dy/dx est retournée dans Arg1.

**Call Simpson func\_1, func\_2, inv, lo, hi, strip\_count** ; effectue une intégration numérique ; peut calculer l'aire sous une courbe ; « lo » et « hi » sont les bornes inférieures et supérieures de l'intégrale ; le paramètre *strip\_count* spécifie le nombre de bandes (aires élémentaires) à utiliser.

Comme vous le constatez, utiliser une routine mathématique dans votre programme consiste à d'abord précharger Arg1 avec un argument, puis simplement à invoquer la routine selon la syntaxe ci-dessus ; après compilation et exécution, la réponse sera retournée dans Arg1 et, dans quelques cas, selon la routine mathématique utilisée, également dans Arg2.

Regardez la ligne 173 au moment où les routines sont chargées pour la première fois dans l'environnement de développement de BASCOM. Vous verrez que la commande :

```
Call polar2rect 5, 53.13010235
```

convertit en forme cartésienne un nombre complexe donné sous forme polaire, son modulo étant ici de 5 (Arg1) et son argument de 53,13010235 degrés. Comme pour l'ensemble des routines, les résultats ou réponses sont retournés dans Arg1 et Arg2, ou simplement Arg1. Ici le résultat est retourné sous la forme Arg1 + iArg2, c.-à-d. sous forme cartésienne. L'utilisateur peut ainsi saisir le principe d'utilisation de la routine, compiler le code exactement tel quel, invoquer le simulateur et le LCD et exécuter le code compilé grâce au simulateur. Sur le LCD, la ligne du haut devrait être 3,0000007 (Arg1) et celle du bas 4,0000000. L'erreur sur Arg1 est acceptable puisque la septième décimale devrait être zéro. Si Arg1 et Arg2 sont préchargés avec des valeurs, nous pouvons utiliser la commande :

```
Call polar2rect Arg1, Arg2
```

en partant du principe que Arg1 = 5 et Arg2 = 53,13010235 entraîneront la même réponse que ci-dessus.

La commande :

```
Call Simpson(func_1, func_2, produit/quotient,
borne inférieure, borne supérieure, nombre de
bandes)
```

utilise la méthode de Simpson, une méthode d'intégration numérique bien connue, pour calculer l'aire limitée par la courbe d'un produit ou d'un quotient de deux fonctions. Le paramètre *produit/quotient* vaudra 0 pour un produit et 1 pour un quotient. Le paramètre spécifiant le nombre de bandes (aires élémentaires) doit être compris entre 1 et 255. Les deux fonctions indépendantes sont identifiées par un nombre, auquel correspond une fonction mathématique bien définie. La correspondance entre nombre et fonction est donnée dans le code source, ligne 180 pour Func\_1, ligne 212 pour Func\_2.

Exemple : soit à calculer l'aire limitée par la courbe de la fonction  $\ln x$  définie sur l'intervalle [1,2]. Nous choisirons un calcul avec une précision de 10 bandes. On recherche d'abord, à partir de la ligne 180, le nombre correspondant à la fonction func\_1, ici  $\ln(x)$ . Nous voyons que func\_1 = 3 =  $\ln(x)$ . On recherche ensuite le nombre correspondant à func\_2, qui dans notre cas vaut 1. Nous trouvons : func\_2 = 1 = 1. La commande s'écrit donc :

```
Call Simpson(3,1,1,1,2,10)
```

Remarquez que nous pouvons indifféremment choisir 1 ou 0 pour le paramètre *produit/quotient* puisque  $\ln(x) * 1 = \ln(x)$  s'écrit aussi  $\ln(x)/1 = \ln(x)$ .

Nous venons de calculer l'aire située sous la courbe d'une fonction  $\ln(x)$  définie dans un certain intervalle, mais puisque cette commande permet le même calcul pour un produit ou quotient de deux fonctions, il est possible de réaliser des calculs encore plus complexes, par exemple le calcul des coefficients du développement en série de Fourier d'une fonction, puisque ce calcul revient essentiellement à calculer sur un certain intervalle l'intégrale du produit de deux fonctions. Évidemment, puisque nous pouvons calculer les intégrales d'un produit ou d'un quotient de deux fonctions, nous pouvons aussi obtenir leurs dérivées numériques. Le calcul se fait par l'intermédiaire de la commande :

```
Call Deriv(func_1, func_2, produit/quotient
(0/1), position X du gradient)
```

Exemple : trouver la pente de la fonction  $f(x) = x^2$  pour  $x = 2$ . Nous invoquons :

```
Call Deriv(23,1,0,2)
```

car nous avons ici func\_1 = 23 ce qui correspond à la fonction  $x^2$  et func\_2 = 1 = 1 puisque  $x^2$  est le produit de la fonction  $x^2$  par la fonction constante 1. Comme précédemment nous pouvons aussi bien mettre le bit *produit/quotient* à 0 ou à 1 puisque  $x^2$  peut indifféremment s'écrire  $1 * x^2$  ou  $x^2/1$ . Le dernier paramètre, 2, doit s'interpréter ainsi : quelle est la pente de  $x^2$  au point  $x = 2$ ? La réponse est 4.

Certaines fonctions sont susceptibles de vous embrouiller, par exemple Call Sin\_2pix Arg1 ou Call Cos\_a2pix Arg1. Dans certaines applications il est préférable de représenter ou définir Sinx par Sin\_2pix, le 2pix signifiant simplement  $2 * \pi * x$ . La variable x est alors définie sur l'intervalle [0,1], 1 prenant la valeur  $2 * \pi$  et représentant un cycle complet. Vous avez également à disposition la fonction Cos\_a2pix. Elle calcule le cosinus de  $a * 2 * \pi * x$ , a prenant n'importe quelle valeur entière 1, 2, 3... et pouvant être considérée comme le rang d'un harmonique.

Exemple : Soit une tension représentée par une onde de la forme  $\cos(2 * \pi * x)$  d'amplitude maximale de 4 V. Trouver la valeur moyenne de l'onde redressée monoalternance. Nous devons trouver l'aire qui se trouve sous une alternance et diviser cette aire par la longueur de la base. Nous obtiendrons ainsi la valeur moyenne pour une alternance d'amplitude 1. Nous n'aurons plus alors qu'à multiplier le résultat par 4 pour obtenir le résultat voulu. Exécutez la commande :

```
Call Simpson(18,1,0,-0.25,0.25,16)
```

Nous avons ici func\_1=18=Cos\_2pix Arg1, func\_2=1=1, puis un zéro pour la multiplication des deux fonctions. Les bornes inférieures et supérieures de l'intégrale doivent être -0,25 et 0,25 et nous choisissons d'utiliser 16 bandes. Le résultat est retourné (comme toujours) dans Arg1 et donne 0,31831. Nous divisons cette valeur par la longueur de la base, ici 1, puis nous multiplions ce résultat par 4. Finalement :

$$V_{\text{moy}} = 4 * 0,31831 = 1,27324 \text{ V.}$$

Supposons que l'utilisateur veuille trouver la dérivée numérique d'une fonction qui ne soit pas dans la liste des fonctions transcendentes. Dans ce cas-là, les fractions rationnelles pourraient se révéler intéressantes. Considérez par exemple la fonction :

$$f(x) = (1+x^2)/(x-2).$$

Deux routines appelées Fract\_1 et Fract\_2 sont disponibles. Fract\_1 contient l'équation pour  $(1+Arg1^2)$  et Fract\_2 contient  $(Arg1-2)$ . Pour trouver la valeur de la dérivée de  $f(x)$  au point  $x = -1,25$  vous procéderez de la façon suivante :

```
Call Deriv(27,25,1,-1.25)
```

Comme expliqué plus haut, func\_1=27=Fract\_1 et func\_2=25=Fract\_2. Le bit *inv* est mis à 1 pour dire à la routine Deriv que  $f(x) = \text{Fract}_1/\text{Fract}_2$  (un quotient donc). Reste à exécuter cette routine pour trouver la valeur de la dérivée au point -1,25 ; la réponse devrait être 0,5266.

### Ça m'intéresse, mettez m'en un de côté.

L'ensemble des routines mathématiques pour BASCOM est regroupé dans un fichier .BAS unique que vous pouvez télécharger gratuitement depuis le site Elektor [1].

(100143)

### Lien internet

[1] [www.elektor.fr/100143](http://www.elektor.fr/100143)

# Le bus arrive (4)

Jens Nickel (Elektor Allemagne)

Notre bus ne s'arrête jamais : la partie précédente de la série avait atteint la date limite de rédaction, mais de nombreux courriels de lecteurs intéressés nous parvenaient encore. Soyez-en remerciés ! J'ai tenté de commenter toutes les idées, provoquant même parfois de petites discussions. Il est toutefois dommage que les lecteurs n'aient pas été au courant des derniers développements du bus. Blâmons le long délai entre l'écriture et la publication d'un article dans un magazine. Comme de nombreux messages de commentaire contenaient de précieuses informations, nous avons décidé de créer une liste de diffusion pour les lecteurs particulièrement motivés. Je voulais dès à présent partager « en direct » toutes les considérations sur cette quatrième partie avec d'autres développeurs. Les membres de la liste de distribution pouvaient aussi faire des suggestions.

Exprimé sous forme diplomatique : l'occasion pour un noyau dur de lecteurs de participer de cette façon novatrice à un projet Elektor a reçu un accueil enthousiaste... Un premier appel pour l'envoi d'idées touchant au développement du protocole d'ElektorBus a déjà résulté en sept courriels dans ma BAL. Environ trente autres courriels ont suivi les jours suivants. Ils débordaient de conseils, de suggestions et de propositions détaillées. La discussion comportait de véritables experts ès bus comme John Dammeyer qui, pour les Jeux olympiques de Vancouver, a aidé à concevoir le plus grand réseau CAN du monde (pour les anneaux olympiques lumineux). On peut alors se dire à juste titre : le niveau devient parfois très détaillé !

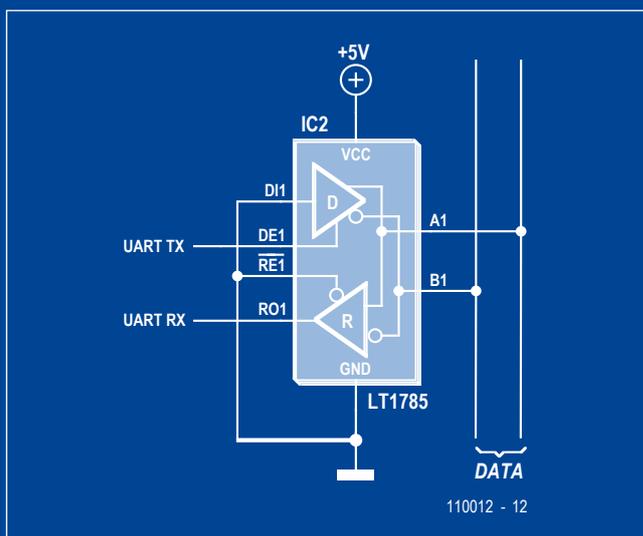
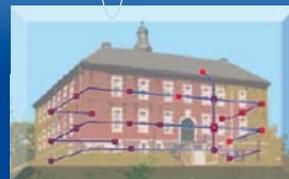
Il va de soi que les électroniciens chevronnés ont soumis le circuit destiné aux premiers nœuds de test décrits dans le dernier numéro à un nouvel examen approfondi. Günter Gerold, collaborateur d'Elektor et développeur professionnel, a suggéré d'ajouter encore un condensateur en parallèle au bouton de réinitialisation (aussitôt dit, aussitôt fait). Un 7805 comme cela date vraiment de cette époque ? De nombreuses communications supplémentaires sur ce composant et d'autres nous sont parvenues. Elles citent d'autres possibilités intéressantes. Il existe certainement des contrôleurs qui ne coûtent pas beaucoup plus qu'un ATmega88 mais comportent des périphériques sur bus utiles comme un émetteur-récepteur CAN (mentionné à plusieurs reprises). Un certain nombre de remplacements du LT1785 ont été aussi mentionnés. Je tiens toutefois à souligner une fois encore qu'il s'agit du schéma d'un nœud de test et en aucun cas d'une implémentation de référence. Il faut aussi pou-

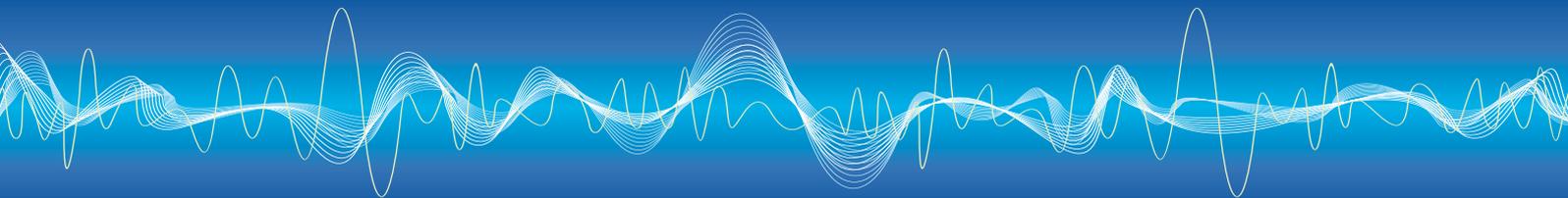
voir réaliser un nœud de l'ElektorBus avec de tout autres composants. Nous ne nous limiterons pas à des puces spéciales ! Plusieurs lecteurs ont attiré notre attention sur la liaison des broches RE et DE du LT1785. C'est une façon répandue, mais pas nécessairement la meilleure, d'assurer un fonctionnement semi-duplex. Si on place DE au niveau haut et RE au niveau bas, le contrôleur peut lire parallèlement son propre envoi. Cela peut s'avérer très utile pour déterminer par exemple la présence de collisions. John nous a envoyé – je trouve – une version très originale du circuit de l'émetteur-récepteur RS-485 (n'utilise que deux broches du contrôleur, voir petit schéma !). Cette approche semblait si prometteuse que j'ai modifié le schéma de nos premiers nœuds de test comme le montre l'image. Toutes les connexions pertinentes de l'émetteur-récepteur sont maintenant reliées à une broche de port du contrôleur et nous pouvons tester toutes les variantes du circuit par logiciel.

Parmi les idées présentées, un certain nombre se réfèrent sans conteste au futur avancé de notre bus. Le sujet d'internet est revenu sans cesse sur le tapis. Une liaison avec notre bus reste, je puis vous le promettre, en première ligne du cahier des charges. John et le lecteur français d'Elektor Eric Huiban nous ont fait part

d'une idée très intéressante : une conception modulaire du matériel. On pourrait accueillir un petit processeur avec quartz, pilote RS-485 et encore une ou deux LED sur une petite carte ElektorBus. Comme c'est le cas des modules Ethernet présentés fréquemment dans Elektor, ces cartes compactes pourraient pourvoir d'autres appareils électroniques de la fonctionnalité « ElektorBus ». Et pourquoi ne pas remplacer plus tard un tel module d'interfaçage par une version sans fil ? Une idée splendide ! Nous y reviendrons certainement.

L'un des objets de discussion a porté sur la connexion d'un PC au bus. La programmation d'applications Windows commandées par des événements externes n'est pas des plus simples. L'auteur d'Elektor Walter Trojan a suggéré de concevoir une passerelle (Gateway) USB avec son propre contrôleur plutôt qu'un simple convertisseur USB/RS-485. Le monde du PC serait alors découpé de notre bus à base de microcontrôleur. Nous nous sommes mis rapidement d'accord sur le fait que le PC comme maître ne représente qu'une solution temporaire (même si des Frameworks comme .NET offrent le soutien direct d'un port COM (virtuel) [1]). Un bus sans PC devrait être dans tous les cas notre but ultime. Le rôle d'un centre de commande devrait être assuré par un microcontrôleur pas trop faible des genoux.





La petite équipe est parvenue au nombre maximum de nœuds de bus avec de grands projets. Le lecteur d'Elektor Bertrand Duvivier (chef de produit chez Cisco) s'est lancé immédiatement dans la conception d'une topologie de bus hiérarchique. RS-485 n'a été initialement conçu que pour un maximum de 32 étendu à un maximum de 256 participants en ligne (et une application domotique dépassera facilement ces chiffres). Bertrand a alors introduit le concept de segmentation du bus. Plusieurs lignes de bus seront reliées par une sorte de routeur (*Controller*) pouvant transférer les messages. L'adresse d'un nœud, se décompose alors (comme une adresse IP) en une ID de segment et une adresse qui détermine le nœud dans le segment. Comme on en a fait souvent la remarque, notre bus est censé rester aussi simple que possible. Le matériel et le logiciel doivent être compréhensibles – même pour un débutant. Il est cependant tout aussi évident que nous ne pouvons échapper à une connexion de plusieurs lignes de bus. Nous avons donc prévu explicitement un adressage groupé de ce genre dans notre protocole (voir ci-dessous).

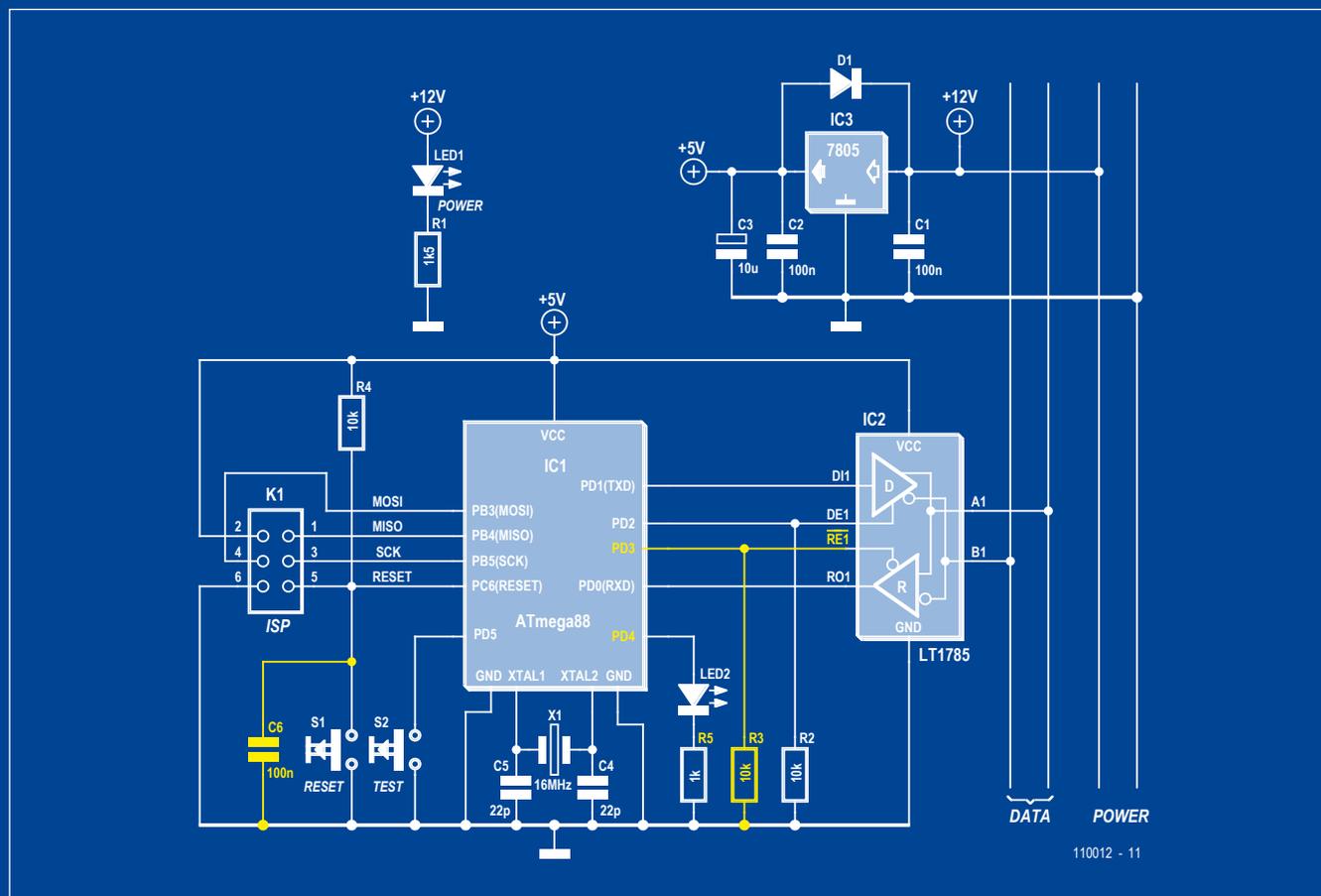
Mais – quel protocole ? Et hop ! Tout commence par une question. Comment font les participants du bus pour identifier le début d'un message ? Günter a émis l'idée de déclencher une erreur de tramage UART « bidon » à partir de l'émetteur. Cette approche ne me plaisait toutefois pas : elle se déchargerait de fonctions de notre protocole (couche supérieure de la pile) sur notre couche physique (RS-485 et UART). À mon humble avis, il faut faire reprendre du service au bon vieil octet de départ. Mais là aussi nous nous sommes encore un peu bagarrés : 0x02 ou 0x03 ? Ou encore 0x7E ? Je préfère 0b10101010 qui se prête

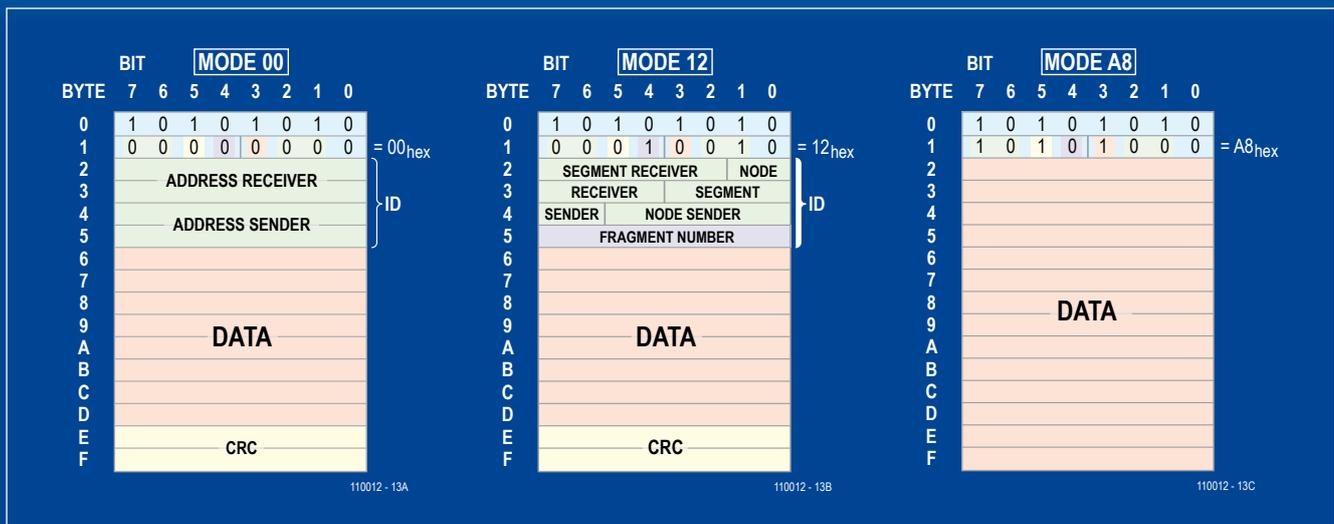
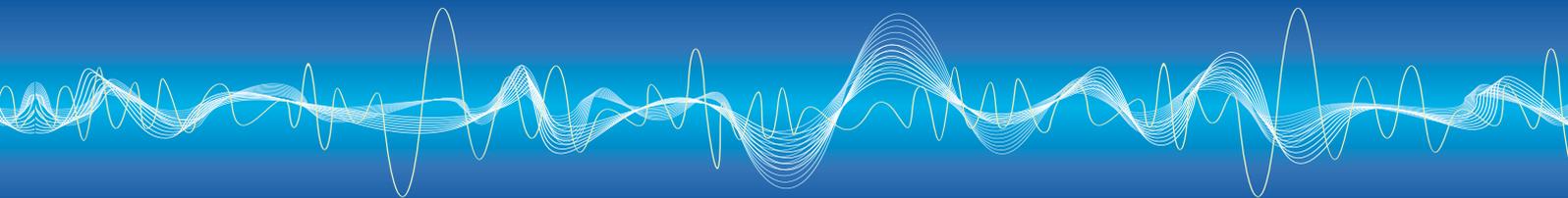
magnifiquement à la synchronisation (quelque chose de similaire a même été prévu pour les réseaux Ethernet et, comme les bits y sont écrits « à l'envers », on peut lire les octets de départ comme 0x55).

Dans son premier courriel, Bertrand avait évoqué la possibilité d'attribuer une longueur fixe aux paquets de messages. L'idée m'a accroché, même si presque tous les protocoles usuels contiennent des données utiles de longueur variable. Des messages de longueur fixe seraient parfaits avec notre mode round-robin (au cours duquel les nœuds transmettent à tour de rôle). Et le jackpot ! Le bus pourra être synchronisé de façon très simple : chaque Xe octet sur le bus devait être simplement 0xAA.

Suite à l'envoi de quelques liens comme [1] et [2] et à quelques suggestions de protocoles simples émises par notre petite communauté, j'ai proposé un protocole de longueur fixe. Nous aurions besoin d'environ 8 octets pour l'en-tête (octet de départ, adressage, contrôle d'erreur, etc.). Une longueur totale de 16 octets semblerait idéale. On peut déjà accomplir pas mal de choses avec 8 octets utiles et par ailleurs le tout est bien symétrique.

Parmi les suggestions émises se trouvent déjà différents octets opératoires et des possibilités d'acquiescements (*handshakes*) entre maître et esclaves. La discussion (au demeurant fort utile) a déjà atteint de telles proportions que je serais heureux de repousser à plus tard cette partie déjà spécifique à l'application. Le second niveau de notre protocole est similaire à celui du modèle en couches OSI. Il ne doit que veiller à ce que les paquets de données atteignent sans dommage le destinataire correct et,





le cas échéant, puissent être assemblés dans l'ordre correct. Il faut en effet fragmenter chaque message d'application dont la longueur dépasse 8 octets.

Quelques courriels ont encore suivi. Ils portaient sur le nombre de bits nécessaire à l'adressage. Le nombre d'octets (quatre, divisés entre l'adresse de l'expéditeur et celle du destinataire) semble de prime abord beaucoup trop élevé. Que ferions-nous avec 65 536 participants du bus ?

Nous avons prévu un CRC comme contrôle d'erreur (une description à cet endroit déborderait du cadre de cet article, mais tout se trouve sur internet [4] [5]). Deux octets devaient permettre d'atteindre ce but. Mais n'existe-t-il pas aussi des applications où le contrôle d'erreur n'est pas crucial ? Voudrions-nous transmettre de l'audio ? Un adressage serait peut-être aussi superflu dans certains cas (connexion point à point). On devrait alors pouvoir se dispenser d'envoyer l'adresse de l'expéditeur. Tout cela permettrait de réduire la surcharge (*overhead*) dans notre paquet de messages. D'autre part, nous voulions éventuellement diviser une adresse en une adresse de segment et une adresse de nœud (voir ci-dessus). Je voulais enfin prévoir la possibilité de numéroter les fragments d'un message (0...255). Si l'émetteur compte de haut en bas, le récepteur sait toujours combien de fragments manquent encore pour que le message soit reçu dans son intégralité.

Nous devrions donc avoir un adressage commutable avec quatre octets ou moins, divisé en émetteur ou en récepteur, ou ne déterminant que le destinataire, groupé ou non, avec numérotation des fragments en option et contrôle d'erreur commutable de 2 octets CRC... Les bits d'un seul octet permettent de choisir parmi toutes ces possibilités. Cet octet du « Mode » suit immédiatement l'octet de départ. Voilà, l'encadré contient l'ElektorMessageProtocol (EMP) !

Lorsque John, le développeur CAN, a vu ma proposition, il a souri... « ça me rappelle tout à fait le CAN », a-t-il écrit, « si tu limites chaque adresse à 12 bits, tu as (presque) créé un second CAN... »

Coup d'œil rapide sur l'écran aux bases de ce bus. Il n'avait pas entièrement tort. CAN fournit également 8 octets de données utiles (bien qu'il s'agisse là d'un maximum, mais d'un minimum dans notre cas). Le partage flexible de l'espace selon les bits

ID/adresse et bien sûr le CRC évoquaient aussi un peu le « bus automobile ».

Toutefois je soupçonnais John, un mordu du CAN bus, d'avoir voulu exprimer son appréciation plutôt positive du protocole... (110012, trad. Softcraft)

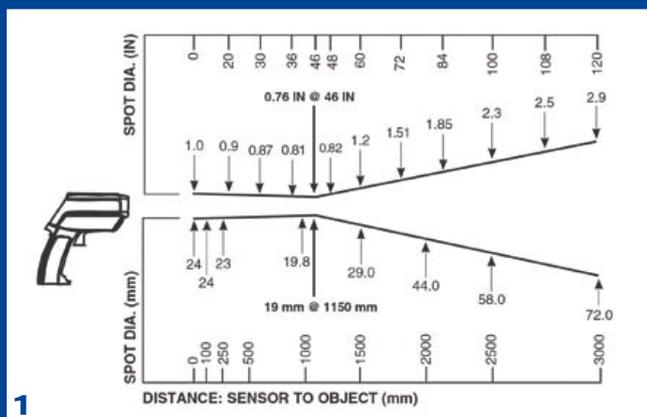
- [1] <http://msdn.microsoft.com/library/system.io.ports.serialport.aspx>
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Modbus>
- [3] [www.vscp.org/wiki/doku.php?id=vscp\\_specification\\_-\\_vscp\\_level\\_i\\_over\\_rs-485](http://www.vscp.org/wiki/doku.php?id=vscp_specification_-_vscp_level_i_over_rs-485)
- [4] [http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic\\_redundancy\\_check](http://en.wikipedia.org/wiki/Cyclic_redundancy_check)
- [5] [www.lammertbies.nl/comm/info/crc-calculation.html](http://www.lammertbies.nl/comm/info/crc-calculation.html)

ElektorMessageProtocol – octet du mode		
Bit	1	0
7	Aucun octet ID, données à partir d'octet 2	Octets ID à partir d'octet 2
6	Les octets 2 et 3 sont des octets ID	Les octets 2 à 5 sont des octets ID
5	Pas de CRC	Les octets E et F forment un CRC 16 bits
4	Le dernier octet ID est le nombre de fragments	Tous les octets ID pour adressage
3	Le fragment suivant suit directement	Aucun fragment ne suit directement
2	Bits d'adresse pour le récepteur seulement	Bits d'adresse pour l'émetteur et le récepteur
1	Six bits d'adresse de poids le plus élevé pour le segment de bus	Pas d'adresse de segment
0	Réservé : pourrait servir d'indicateur pour un message à priorité élevée	

Lorsque le bit 3 du mode est positionné à 1, des fragments peuvent être placés à la queue leu leu (comme les wagons d'un train) de façon à engendrer un pseudo flux plus étendu de données utiles.

# Et si l'on prenait la température ?

Thijs Beckers (Rédaction Pays-Bas)



« Savoir ce que l'on mesure » dérive certainement de l'expression « savoir ce que l'on mange », elle n'en est pas moins vraie. Notre banc d'essai des thermomètres à IR de ce mois-ci l'a encore confirmée. Le plan consistait à tester un nombre raisonnable de ces appareils. Nous avons donc dressé une liste des candidats possibles et nous nous sommes adressés aux fournisseurs pour leur demander s'ils pouvaient en mettre un à notre disposition. Comme Elektor n'est pas une Association de consommateurs, il faut bien user de persuasion auprès des fournisseurs, surtout ceux qui ne travaillent pas dans le secteur de l'électronique, pour qu'ils acceptent de nous envoyer un échantillon, mais bon ! En fin de compte, nous disposons de 18 thermomètres IR de toutes sortes et dimensions. Mais c'est ici que ça se corse.

Que voulons-nous au juste apprendre de ces thermomètres et comment allons-nous les tester ? De toute évidence, il fallait un instrument de référence pour pouvoir comparer valablement les mesures. Par bonheur, Fluke a eu l'amabilité de nous envoyer un 572 avec comme spécifications un angle d'ouverture de 60 : 1, un laser triple et une précision étalonnée de 1 % jusqu'à 900 °C, l'instrument idéal pour constituer la référence.

Il nous intéressait surtout de connaître leur précision en température et, autre caractéristique importante, leur angle d'ouverture, ce qui correspond à la superficie du champ de mesure. Évaluer la précision en température n'est pas un casse-tête. Prenez une surface portée à une température déterminée, mesurez-la avec les différents thermomètres et l'instrument de référence et comparez les résultats. Une vulgaire plaque de cuisson électrique a largement suffi à produire des températures plus élevées. Ensuite, nous avons vérifié l'indication par laser. Pour quoi faire, demanderez-vous ? Sur un certain nombre d'appareils, nous avons remarqué qu'il existait manifestement un décalage entre la position pointée par le ou les lasers et la ligne de mire de l'appareil, là où nous nous attendions à ce que s'opère la mesure. Des investigations ultérieures ont malheureusement confirmé le fait, comme le raconte l'article consacré à ce test. La prétendue précision du rayon laser peut donc vous induire en erreur, parce qu'en réalité, vous êtes en train de mesurer quelque chose d'autre que ce que le pinceau rouge du laser vous indique. La mesure en elle-même est encore une autre histoire. Il est bien

difficile d'évaluer quelle est précisément la superficie que l'on mesure réellement, en dépit de la double indication par laser incorporée dans trois des appareils. De toute façon, les thermomètres ont une certaine surface minimum qu'ils peuvent mesurer. Cette surface est trop étendue pour mesurer la température de puces « normales », ce qui est bien ennuyeux pour nous, électroniciens. Avec les thermomètres qui ont un petit angle d'ouverture, on pourrait penser que, de tout près, il est possible d'aller mesurer une aussi petite superficie. Ce n'est pourtant pas le cas, sur les 10 à 15 premiers centimètres, ces appareils conservent une sorte de faisceau de mesure de largeur constante. Ceci est d'ailleurs bien annoncé dans la documentation du Fluke 572 (cf. **figure 1**). Avec les autres appareils, les fabricants ont décidé de ne pas souffler mot sur la question. On laisse supposer que le faisceau a partout une forme conique à partir de la sortie de l'instrument, ce dont nous doutons vraiment, mais c'est bien difficile à vérifier. Notre avis, après avoir utilisé des thermomètres IR, est que, même en réalisant systématiquement des mesures à distance aussi courte que possible, le champ de mesure a toujours au moins 1 à 2 cm de diamètre. Comme nous avons été prévenus, de différentes sources, qu'il existait de grands décalages lors de la mesure sur des objets réfléchissants, nous avons préparé une expérience sur un petit radiateur en aluminium anodisé noir dont nous avons limé une face pour y remettre le métal à nu. Nous avons ensuite fait chauffer le radiateur pour qu'il atteigne réellement une température de quelque 65 °C, régulièrement rencontrée en pratique sur une platine enfermée dans un boîtier. Puis nous avons mesuré, à l'aide du Fluke 572 et de l'un des autres thermomètres dont l'angle d'ouverture est de 30 : 1, consécutivement la face noire et la face blanche. La différence était énorme : 65 °C du côté noir, contre 40 °C du côté blanc. Si l'on considère que la température ambiante était à peu près de 20 °C, alors la différence entre les deux côtés, à cause du coefficient d'émission, s'élève à plus de 50 %. Le dicton « sachez ce que vous mesurez » est donc bien d'actualité avec les thermomètres IR ! Je dirais même plus : « sachez ce que vous mesurez et comment vous le faites »

(110140)

# Hexadoku

## Casse-tête pour électroniciens

Après la grille spéciale du mois dernier voici un Hexadoku « tradition », saupoudrée d'un peu de farine pour faire plus authentique. Seriez-vous capable de mettre les bons chiffres dans les bonnes cases ? Envoyez-nous votre solution et peut-être gagnerez-vous l'un des quatre chèques-cadeaux Elektor mis en jeu.

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

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

### Participez et gagnez !

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

Faites travailler vos ménages !

### Où envoyer ?

Envoyez votre réponse (les chiffres de la section grisée) avec vos coordonnées par courriel, télécopie ou courrier avant le **1<sup>er</sup> mai 2011** à :

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

### Les gagnants

La solution du Hexadoku du n° 392 (février) est : **9084B**

Le gagnant du **chèque-cadeau Elektor** d'une valeur de **100 €** est : H.A. STUUT (Pays-Bas).

Les **3 chèques-cadeaux Elektor** d'une valeur de **50 €** chacun vont à : Moses McKNIGHT (États-Unis),

Joachim HEY (Allemagne) et Knut I. BAKKE (Norvège).

Toutes nos félicitations aux lauréats !

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

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

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.



# Mesure de température à distance

Quelle température atteint ce radiateur, l'ai-je bien proportionné ? À l'aide d'un thermomètre à infrarouge, vous avez tout de suite la réponse, sans même toucher l'objet. Vous faites la mesure sur n'importe quoi à (une certaine) distance. Et de tels thermomètres, on en trouve déjà pour quelques dizaines d'euros. Mais à quoi faut-il faire attention à l'achat et comment s'y prendre à l'usage ? Cet article va tout vous expliquer et vous y trouverez aussi une sélection d'instruments à moins de 200 €.

Harry Baggen (Rédaction Pays-Bas)

Un thermomètre à infrarouge (IR), aussi appelé thermomètre sans contact ou pyromètre, semble, à première vue, un appareil de mesure particulièrement pratique pour déterminer avec précision, à distance et dans une large gamme, la température de tout ce qu'on veut. Et comme on peut se le procurer actuellement à peu de frais, beaucoup de gens s'en achètent un sans savoir au juste l'importance des différentes caractéristiques ni la manière appropriée de s'en servir. C'est ce qui se passe avec de nombreux appareils du commerce : on pousse sur le bouton et puis on regarde ce qu'il advient. On ne va voir dans le mode d'emploi que si c'est vraiment nécessaire, rarement de sa propre initiative.

Encore qu'auprès des électroniciens, ce ne soit pas nécessairement vrai. Le conseil « sachez ce que vous mesurez » est bien connu de nos lecteurs et, même avec leurs appareils de mesure, la plupart d'entre eux veulent savoir à quoi il faut prêter attention quand ils les utilisent. Les thermomètres IR peuvent être rudement pratiques, mais seulement s'ils sont utilisés comme il faut et si leurs caractéristiques techniques correspondent au but poursuivi. Vous contentez-vous de mesurer différentes choses sans rechercher la grande précision ? Ou bien voulez-vous réaliser des mesures très précises à un mètre de distance ? Il y faudra deux appareils très différents. Aussi, avant d'en acheter un, vous y gagnerez à lire cet article.

## La chaleur de rayonnement

Tous les objets rayonnent de l'énergie infrarouge. Plus le corps est chaud, plus les molécules qui le composent remuent vite et donc émettent davantage de rayonnement énergétique. Le spectre de cette irradiation se situe grosso modo entre 0,5 et 100  $\mu\text{m}$ . Cette longueur d'onde dépend de la température : plus l'objet est chaud, plus la longueur d'onde du rayonnement émis raccourcit. C'est ce qu'illustre la **figure 1** pour différentes températures. Cela signifie qu'un thermomètre IR doit être capable de percevoir un spectre déterminé du domaine IR pour pouvoir mesurer avec précision

dans une grande plage de température. En outre, nous devons tenir compte du fait que seul le **corps noir** (parfaitement noir) ou *black body* rayonne 100 % de sa chaleur. Avec d'autres objets, le rayonnement sera déterminé non seulement par leur température, mais aussi par les propriétés du matériau constitutif et par la réflexion de leur surface. C'est ce qu'on appelait le pouvoir émissif, devenu le coefficient d'émission ou l'**émissivité** du matériau. Cela peut influencer énormément la précision de la mesure en IR de la température de l'objet. À ce sujet, plus de détails dans l'encadré.

## Les caractéristiques techniques

Alors, à quelles caractéristiques devriez-vous regarder pour acheter un thermomètre IR ? Tout d'abord, le prix va jouer un rôle important. Pour des applications professionnelles, on a avant tout besoin de fiabilité et d'un bon étalonnage de l'instrument, bien plus qu'à la maison, au jardin ou à la cuisine. À côté de cela, le prix dépend principalement de deux facteurs : la plage de température couverte et l'angle de mesure de l'appareil. Une large gamme de température impose au capteur d'IR d'autres exigences. Les thermomètres les moins chers vont sans difficulté jusqu'à 200 ou 300 degrés. Pour 500 à 1 000 °C, il ne faut plus aujourd'hui dépenser trop, il existe déjà des modèles d'une centaine d'euros qui atteignent les 1 000 °C (à en croire les spécifications du fabricant, du moins). Le coût principal repose sur l'optique, un appareil à angle de mesure plus aigu est nettement plus cher. Mais pour savoir s'il faut un petit angle d'ouverture, il faut examiner ce qu'on veut en faire. Pour mesurer sur des composants électroniques (un petit refroidisseur, entre autres), ce sera sans doute recommandé : plus l'angle sera petit, mieux cela vaudra. On indique cette ouverture angulaire sous forme de rapport de divergence. On retrouve souvent la valeur 10 : 1. Cela veut dire que le diamètre du champ de vision du capteur représente 1/10<sup>e</sup> de la distance de mesure (cf. **figure 2**). À 10 cm de l'objet, vous avez donc un champ (*spot*) de 1 cm de diamètre, tandis qu'avec un recul



# Thermomètre IR : mode d'emploi et test pratique

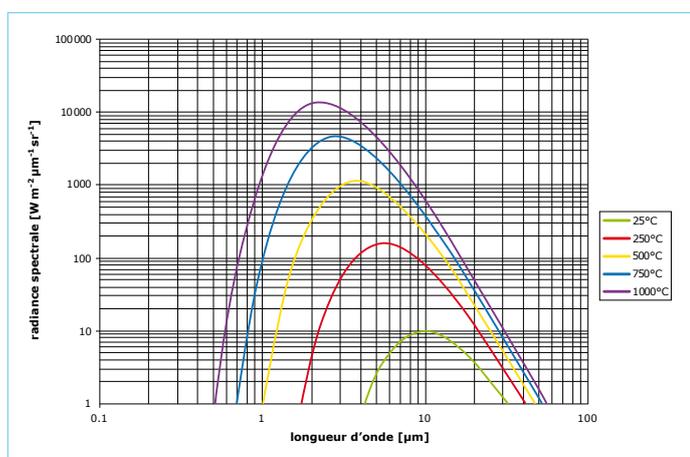


Figure 1. Le rayonnement infrarouge émis par le corps noir à différentes températures (source : Scitec Instruments).

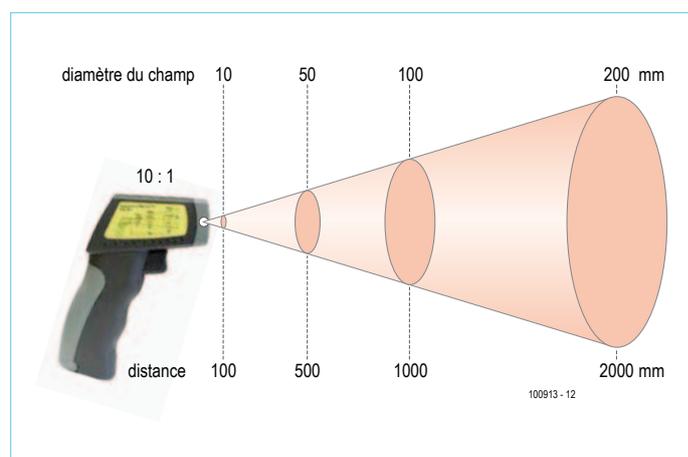


Figure 2. L'angle d'ouverture d'un thermomètre à IR est exprimé sous forme de rapport entre la distance et le diamètre du champ de mesure.

de 1 m, la grandeur de la cible atteint 10 cm. Une des erreurs les plus fréquentes provient d'une mauvaise évaluation de la grandeur du champ au moment de la mesure en IR. Le thermomètre IR ne fournit la température correcte que si le champ est totalement inclus dans la surface à mesurer (**figure 3**). Et il arrive couramment que l'énergie mesurée ne soit déterminée que par environ 90 % de la grandeur du champ. Il faut donc, pour la précision de la mesure, s'approcher aussi près que possible de l'objet. Empiriquement, on peut dire que la surface (isotherme) à mesurer avec grande précision doit être au moins deux fois plus grande que le champ.

En outre, les propriétés du matériau à mesurer influencent beaucoup la précision du résultat. La réflexion du matériau est caracté-

risée par son émissivité, dont nous avons déjà parlé. Les thermomètres IR basiques sont réglés sur une valeur fixe de 0,95. Elle convient pour un grand nombre de matériaux comme le bois, le plastique, le caoutchouc, la pierre, l'eau, le béton et la céramique. Mais surtout avec les métaux, nombreux sont ceux dont l'émissivité est bien plus basse, spécialement s'ils ont une surface polie, ce qui peut causer une erreur de 50 % ! Mesurer un radiateur en aluminium naturel n'aurait pas de sens si l'on ne peut pas régler le coefficient d'émission sur l'appareil.

Nous avons réalisé un test pratique pour le vérifier à l'aide d'un radiateur anodisé (éloxé) noir dont nous avons poncé une face. Nous avons alors fait chauffer le refroidisseur et mesuré en IR la température des

## Les fournisseurs et fabricants suivants ont mis à notre disposition des produits pour cet article :

Amprobe ([www.amprobe.eu](http://www.amprobe.eu))

BASETech: Conrad ([www.conrad.com](http://www.conrad.com))

BK Precision ([www.bkprecision.com](http://www.bkprecision.com))

Black & Decker ([www.blackanddecker.com](http://www.blackanddecker.com))

ELV ([www.elv.de](http://www.elv.de))

Extech ([www.extech.com](http://www.extech.com))

Fluke ([www.fluke.com](http://www.fluke.com))

HT Italia ([www.htitalia.it](http://www.htitalia.it))

Optris GmbH ([www.optris.com](http://www.optris.com))

Peaktech ([www.peaktech.de](http://www.peaktech.de))

Testo ([www.testo.com](http://www.testo.com))

Uni-Trend ([www.uni-trend.com](http://www.uni-trend.com))

Velleman ([www.velleman.eu](http://www.velleman.eu))

Voltcraft: Conrad ([www.conrad.com](http://www.conrad.com))

## THERMOMÈTRES IR

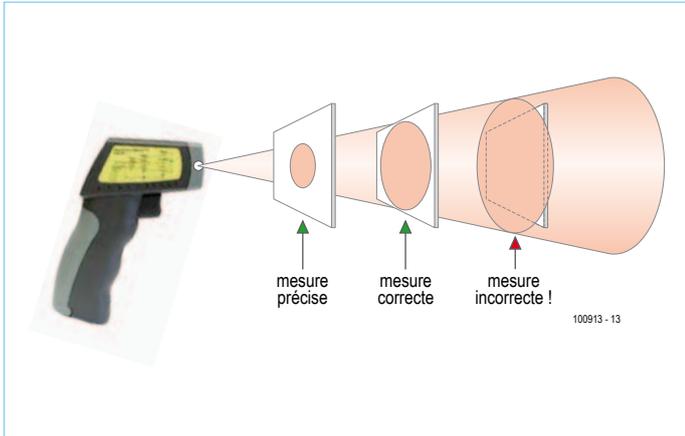


Figure 3. Veillez toujours à placer l'appareil suffisamment près de l'objet à mesurer pour que le champ de mesure tombe totalement à l'intérieur de la surface à mesurer.



Figure 4. Voici le Fluke 572 qui a servi de référence pour ce test, il a un angle d'ouverture de 50 : 1.

deux côtés. Sur la face noire, nous avons mesuré 65 °C et 40 sur la face blanche ! Pour obtenir une indication quelque peu correcte sur l'instrument du côté blanc, il aurait fallu descendre l'émissivité à environ 0,15 !

### Comment mesurer avec précision

Il existe trois méthodes pour obtenir des résultats plus précis sur des matériaux dont l'émissivité est inconnue ou diverge trop de la valeur standard de 0,95.

- Coller un revêtement noir mat sur la surface à mesurer, sa valeur est très proche de 0,95. Évidemment, la méthode ne marche que s'il résiste aux températures qu'il devra subir. Certains fabricants de thermomètres IR fournissent pour cela de la bande autocollante spéciale.
- Peindre en noir mat la surface à mesurer. La peinture pour radiateur (de chauffage central) soutient jusqu'à 80 °C environ, pour de plus hautes températures (jusqu'à 600 °C), on utilise une peinture spéciale qui y résiste.
- Forer dans l'objet à mesurer un trou d'une profondeur d'au moins cinq fois le diamètre. Mesurer dans ce trou, dont le diamètre doit être au moins égal à celui du champ. Avec des

matériaux dont l'émissivité est supérieure à 0,5, on crée de la sorte un corps noir presque idéal. Malheureusement, la méthode peut se révéler assez... invasive.

S'il est possible de régler l'émissivité sur l'appareil (le tableau récapitulatif vous l'indique), reste à savoir quelle est la bonne valeur à afficher pour le matériau concerné. Dans la notice d'utilisation de l'appareil, il y a presque toujours un tableau des valeurs pour tout un tas de matériaux (vous trouverez dans le tableau de l'encadré les valeurs de différents matériaux d'usage fréquent en électronique). C'est déjà un point de départ, mais de la bonne valeur à indiquer, vous n'en savez encore rien. La meilleure façon de trouver la valeur exacte de l'émissivité d'une certaine matière, c'est encore d'utiliser un capteur de température de contact. La valeur qu'il indiquera pourra alors être comparée à celle affichée sur l'écran du thermomètre IR pour trouver la valeur d'émissivité (symbole  $\epsilon$  = epsilon) à régler sur l'appareil pour que les deux mesures soient identiques.

### De bon marché à abordable

Pour voir à quel genre d'utilisations les différents modèles de

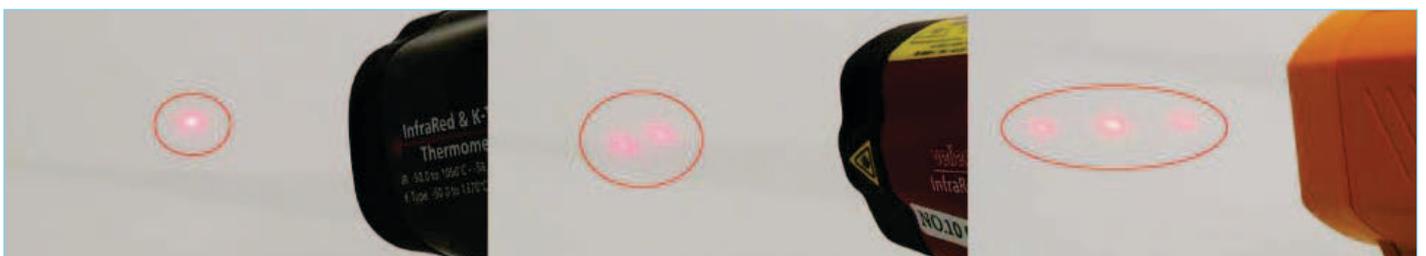


Figure 5. Certains thermomètres à IR sont équipés d'un laser, d'autres de deux et certains même de trois, pour indiquer la position du champ de mesure.



thermomètres IR convenaient le mieux, nous en avons essayé un certain nombre, dans diverses conditions, au laboratoire Elektor, venus de différentes marques et tous d'entrée de gamme, dans une classe de prix inférieurs à 200 € environ. Nous avons choisi des instruments à large bande passante. Le meilleur marché de la ribambelle coûte 23 € et le plus onéreux, 175 €. Il est d'ailleurs étonnant de constater l'abondance de types de thermomètres IR différents, à croire qu'ils sont aussi indispensables que le multimètre.

Comme la plupart des thermomètres IR se ressemblent énormément, tant par l'apparence que la manière de s'en servir, autant que par leurs possibilités, nous n'allons pas vous les décrire chacun séparément. Les caractéristiques essentielles, comme l'angle d'ouverture, le domaine de température et le réglage d'émissivité, sont récapitulées dans le tableau. Comme référence indiscutable pour leur évaluation, la firme Fluke a mis à notre disposition un modèle 572, un exemplaire qui vaut dans les 700 € hors TVA et qui présente un angle d'ouverture de 60 : 1 (figure 4). Bientôt, nous vous présenterons encore des mesures comparatives entre un thermomètre IR

et une caméra thermique (à image de température), mais les résultats ne sont pas prêts pour une insertion dans cet article.

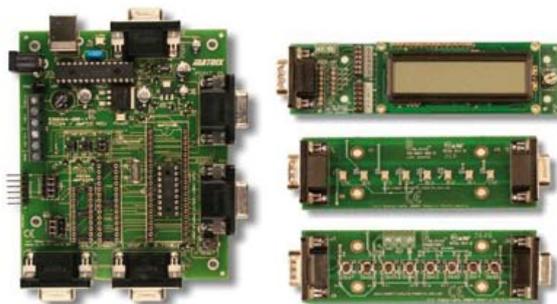
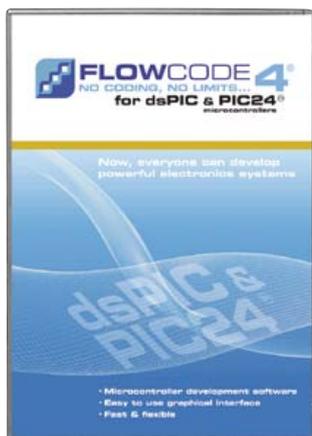
#### Les différences

Alors, où se situent les plus grandes différences ? Nous l'avons déjà noté, elles se rencontrent dans la gamme de mesure, l'angle d'ouverture et les possibilités de réglage. Pour une utilisation dans la maison ou en électronique, une gamme qui atteint quelques centaines de degrés sera largement suffisante et pratiquement tous les modèles testés l'autorisent. L'angle d'ouverture diffère beaucoup. C'est ainsi que les modèles les moins chers ont une ouverture de 1 : 1 et là, on peut à peine réaliser des mesures sélectives, à moins de pratiquement déposer l'appareil sur l'objet à mesurer. En dépensant un peu plus, on peut avoir un thermomètre avec un angle d'ouverture de 8 : 1 ou 10 : 1, voilà qui est déjà mieux. Mais si vous devez prendre la température sur une platine ou dans un boîtier, il vous faudra choisir un instrument doté d'une optique de 20 : 1 ou 30 : 1. Un autre point important, c'est la possibilité de régler manuellement

Publicité

## Offre combinée dsPIC/PIC24

Conception accélérée grâce à une combinaison gagnante matériel & logiciel



Cette nouvelle offre combinée répond à l'attente de ceux qui veulent construire un système à base de microcontrôleur à 16 bits de Microchip. Elle combine idéalement matériel & logiciel autour du dsPIC30F2011 en toute compatibilité avec les autres cartes E-blocks et leurs accessoires. Chaque sous-ensemble dispose de sa fiche de caractéristiques propre.

#### L'offre comporte :

- Flowcode 4 pour dsPIC/PIC24 (version pro)
- Multiprogrammateur dsPIC/PIC24 avec fonction de débogage en circuit (avec Flowcode 4)
- Platine LCD
- Platine à LEDs
- Platine à commutateurs
- Alimentation
- Câble USB

#### Offre combinée :

seulement 386,75 € (526,00 FF)

**Faites 15%  
d'économies !**

Commandez maintenant : [www.elektor.fr/dspic-bundle](http://www.elektor.fr/dspic-bundle)

## THERMOMÈTRES IR



Figure 6. Certains appareils sont accompagnés d'un thermocouple de type K avec lequel on mesure la température par contact de manière à adapter le paramètre d'émissivité pour une mesure en IR correcte.

le coefficient d'émission. Surtout sur les objets métalliques, comme un radiateur en aluminium blanc, il faudra sérieusement ajuster ce coefficient pour obtenir une mesure correcte. Or, cette possibilité de réglage ne se rencontre que sur les appareils les plus coûteux. Naturellement, cette remarque est assez relative, en fin de compte, nous sommes en présence ici des thermomètres les moins chers. Les modèles professionnels coûtent bien plus de 200 €, mais pour le prix, vous avez alors un instrument étalonné officiellement et d'une précision garantie à plus long terme. On ne peut pas en attendre autant d'appareils « sans marque » ou plus précisément bardés de noms fantaisistes.

À l'exception de deux, tous les thermomètres essayés sont pourvus d'un rayon lumineux directionnel, le plus souvent sous forme de rayon laser (voyez la **figure 5** pour les différentes sortes). Seul le Black & Decker est muni d'une LED dont la couleur change en fonction de la température mesurée. Certains appareils disposent de deux rayons laser qui indiquent la grandeur du champ de mesure, ce qui est très pratique et évite considérablement les erreurs de mesure. Mais remarquez bien que ces indications, surtout à courte distance, ne correspondent à rien, parce que les rayons laser se croisent à une distance de 10 à 15 cm. Comme d'habitude, il faut donc opérer intelligemment. Par comparaison, le Fluke 572, professionnel, que nous avons utilisé comme référence, est équipé de trois rayons laser pour indiquer le centre et la grandeur du champ de mesure.

Très pratiques, ce sont les thermomètres IR auxquels on peut brancher un thermocouple de type K, de manière à comparer la mesure par contact avec celle en infrarouge et donc arriver à régler avec précision l'émissivité (**figure 6**). On peut le faire avec le HT3301, par exemple, qui dispose en outre d'une mémoire pour 20 valeurs de mesure.

La plupart des appareils proposent encore d'un certain nombre de possibilités supplémentaires, comme des mémoires pour valeur minimale et maximale de température ou une alarme à valeur de seuil réglable. Tout cela est repris dans le tableau synoptique.

### Originalités

Il y a quelques individus excentriques dans cette ribambelle. Le premier, c'est le Peaktech 5090. Cet appareil a un tout autre aspect que les autres, on dirait un multimètre, et il a encore une double fonction : il mesure la température et l'humidité de l'air. Les deux s'affichent simultanément sur un très grand écran. Le capteur d'humidité se trouve dans une sonde séparée et reliée à l'appareil par un cordon spiralé. Le thermomètre IR est, contrairement aux autres appareils, activé en permanence dès la mise en marche de l'appareil, il faut s'y habituer. En revanche, le pointeur laser s'allume à l'aide d'un bouton distinct.

Et à présent, parlons vraiment de multimètre avec le Extech EX470, une combinaison d'un multimètre standard avec un thermomètre IR et thermocouple de type K. La fonction de mesure IR ne dispose, il est vrai, que de peu de possibilités de réglages, mais pour l'électronicien qui cherche un appareil tout-en-un, l'association peut se révéler pratique. Le multimètre permet même la mesure en valeur efficace vraie (*true RMS*) et dispose encore de possibilités de mesure de capacité et de fréquence.

Question de montrer ce qui est disponible sur le marché dans ce domaine, nous avons également pris un thermomètre IR de Black & Decker dans notre assortiment. On trouve cet appareil dans les magasins de matériaux de construction. Il est particulièrement destiné à dépister les pertes de chaleur dans les habitations, mais rien n'empêche de l'utiliser pour d'autres mesures de température. La grandeur du champ n'est pas propice à la mesure sur de petits objets, mais c'est aussi le cas pour un grand nombre d'autres échantillons de notre sélection. En revanche, la particularité de ce thermomètre-ci réside dans la possibilité de régler un domaine d'hystérésis (en trois pas) après quoi la couleur du pinceau change si la température mesurée sort du domaine choisi par rapport à la valeur de la mesure initiale. Le pinceau, qui est fourni par une LED, est plus étroit que l'angle d'ouverture du champ de mesure et, à grande distance, il devient difficile à discerner, mais le changement de couleur est bien pratique pour le genre d'applications prévues d'origine.

### Expérimentation pratique

Pour nous rendre compte de ce que cela donnait dans la pratique, nous avons effectué une batterie de mesures sur différents boîtiers et radiateurs. Il en ressort que tous les thermomètres ont une précision convenable, ils ne divergent que de quelques degrés par rapport à notre instrument de référence, le Fluke 572. Il faut tout de même savoir qu'à basse température, celle d'une salle de séjour, une aberrance de 2 °C attire beaucoup plus l'attention qu'à haute température.

Ensuite, pour vérifier la grandeur du champ et la précision du laser, nous avons pris pour cible une plaque de cuisson électrique. Voilà qui n'a pas l'air très professionnel, mais nous a semblé très représentatif de la pratique courante. Sur certains appareils, nous avons l'impression que le laser embarqué (ou le capteur IR) n'était pas bien centré. Surtout pour les thermomètres à petit angle d'ouverture, il reste malgré tout important que le laser vise précisément le

**Tableau 1. Principales caractéristiques techniques.**

						
<b>Type</b>	Amprobe IR608A	BASETech MINI 1	BK Precision 635	Black&Decker TLD100	ELV 8835	ELV VA 6520
<b>Gamme de temp.</b>	-18 à 400 °C	-33 à 220 °C	-20 à 550 °C	-30 à 150 °C	-50 à 1050 °C	-50 à 500 °C
<b>Angle d'ouverture</b>	8:1	1:1	10:1	6:1	30:1	8:1
<b>Émissivité</b>	0,95 fixe	0,95 fixe	Réglable	0,95 fixe	Réglable	0,95 fixe
<b>Laser</b>	1	-	1	LED	1	1
<b>Spectre IR</b>	7 à 18 µm	-	6 à 14 µm	-	8 à 14 µm	8 à 14 µm
<b>Temps de réaction</b>	0,5 s	1 s	1 s	-	1 s	0,5 s
<b>Alarme max-min haut/bas</b>	-/-	-/-	X/X	-/-	X/X	X/-
<b>Accessoires</b>	-	-	-	-	trousse, capteur de température type K, 20 mémoires	étui
<b>Prix</b>	94 € (HT)	23 €	157 € (HT)	55 €	100 €	62 €

						
<b>Type</b>	Extech EX470	Fluke 62	HT3301	Optris MS LT	Peaktech 4975	Peaktech 5090
<b>Gamme de temp.</b>	-50 à 270 °C	-30 à 500 °C	-50 à 1050 °C	-32 à 420 °C	-50 à 550 °C	-50 à 500 °C
<b>Angle d'ouverture</b>	8:1	10:1	30:1	20:1	12:1	8:1
<b>Émissivité</b>	0,95 fixe	0,95 fixe	Réglable	0,95 fixe	Réglable	0,95 fixe
<b>Laser</b>	1	1	1	1	2	1
<b>Spectre IR</b>	-	-	8 à 14 µm	8 à 14 µm	8 à 14 µm	6 à 14 µm
<b>Temps de réaction</b>	-	0,5 s	1 s	0,3 s	0,15 s	0,4 s
<b>Alarme max-min haut/bas</b>	-/-	X/-	X/X	X/-	X/X	X/-
<b>Accessoires</b>	multimètre, capteur de température type K,	-	mallette, capteur de température type K, 20 mémoires	-	étui	trousse, hygromètre incorporé
<b>Prix</b>	145 €	125 €	148 € (HT)	89 €	63 €	84 €

						
<b>Type</b>	Testo 830 T1	Uni-Trend UT 300B	Velleman DVM105	Velleman DVM8861	Votcraft IR260-8S	Votcraft IR800-20D
<b>Gamme de temp.</b>	-30 à 400 °C	-18 à 380 °C	-33 à 220 °C	-50 à 550 °C	-30 à 260 °C	-50 à 800 °C
<b>Angle d'ouverture</b>	10:1	10:1	1:1	12:1	8:1	20:1
<b>Émissivité</b>	Réglable	0,95 fixe	Réglable	Réglable	0,95 fixe	Réglable
<b>Laser</b>	1	1	-	2	1	2
<b>Spectre IR</b>	-	-	5 à 14 µm	8 à 14 µm	-	8 à 14 µm
<b>Temps de réaction</b>	0,5 s	0,5 s	1 s	0,15 s	-	0,15 s
<b>Alarme max-min haut/bas</b>	-/X	X/-	X/-	X/X	X/-	X/X
<b>Accessoires</b>	-	-	coffret	étui	-	trousse
<b>Prix</b>	121 €	29 €	40 €	85 €	30 €	96 €

## THERMOMÈTRES IR



centre du champ de mesure. Or, il est apparu que ce n'était pas du tout le cas sur plusieurs appareils avec lesquels le laser pointait souvent plusieurs degrés à côté de la cible. Nous avons même remarqué parfois que quelques chiquenaudes sur le thermomètre suffisaient à faire dévier le laser de quelques degrés. Le pire, nous l'avons rencontré avec le Voltcraft IR800-20D et son double laser. La grandeur du champ indiquée était parfaitement correcte, mais les lasers indiquaient manifestement une zone trop à droite d'à peu près la moitié du champ de mesure réel. En provenance de la même fabrique, les appareils à double laser Peaktech 4975 et Velleman DVM8861 ne présentaient pas cette dérive, nous supposons donc qu'il s'agit d'une panne individuelle.

Il est cependant judicieux de considérer le pinceau laser avec une certaine prudence et préférable de prendre en compte une surface supplémentaire autour de celle à mesurer pour s'assurer de ce qu'on mesure réellement. Sur notre Fluke de référence, malgré son très petit angle de mesure de 60 : 1, les trois pinceaux laser étaient parfaitement réglés, mais nous n'en attendions pas moins non plus ! Tenez compte, en tout cas, de l'erreur de parallaxe à courte distance.

### Un choix difficile ?

Un thermomètre à infrarouge peut constituer un instrument très pratique pour autant qu'on l'utilise convenablement. Nous n'avons encore rien dit de la précision. Sur presque tous les appareils, elle avoisine  $\pm 2\%$ . C'est négligeable en regard de toutes les autres erreurs qui peuvent intervenir lors de la mesure par IR.

Ce qui importe dans les mesures sur les plus petits objets, principalement dans le domaine de l'électronique, c'est d'avoir un petit champ de mesure (de préférence 20 : 1 ou mieux) et la possibilité de

réglage de l'émissivité. À ces critères satisfont les ELV 8835, HT3301 et Voltcraft IR800-20D. Mais presque toutes les marques proposent un exemplaire convenable, nous avons pris ici un échantillonnage arbitraire parmi une offre abondante. Il est clair qu'à partir de 100 €, on peut s'acheter un thermomètre qui remplit ces conditions.

Pour la mesure d'objets un peu plus grands, comme les refroidisseurs, un appareil muni d'une optique de 8 : 1 ou 10 : 1 (champ de 1 cm à distance de 10 cm) convient aussi très bien, à condition de penser à mesurer de tout près. Les thermomètres dont la valeur d'émissivité est fixée à 0,95 ne donneront, surtout sur des circuits électroniques, que peu de résultats exploitables.

Ce qui est étonnant, c'est que, exactement comme pour les multimètres, de nombreux appareils sortent des mêmes fabriques chinoises, les seules différences sont la couleur et le marquage du boîtier. Regardez donc attentivement les habillages si vous voulez comparer des thermomètres de différentes marques.

Deux petits thermomètres de cette sélection nous ont tapés dans l'œil, le Basetech Mini 1 et le Velleman DVM105. Ce sont de très jolis bidules avec lesquels on peut vite mesurer quelque chose. Il est vrai qu'avec eux, il n'est pas question d'optique (1 : 1 à travers un petit manchon devant le capteur), mais avec le Velleman, vous pouvez tout de même régler l'émissivité.

(100913)

Nous remercions Fluke Pays-Bas d'avoir mis à notre disposition un thermomètre à IR du type 572 pour servir de référence lors de ce test.

## Émissivité

Le coefficient d'émission ou émissivité (jusqu'il y a peu, on parlait de pouvoir émissif) indique le rapport entre l'énergie qu'un corps émet sous forme de rayonnement électromagnétique et celle qu'émettrait le corps noir (théorique) à la même température. Le corps noir absorberait tout le rayonnement incident, sans rien réfléchir. Il serait aussi le radiateur intégral, avec une émissivité de 100 %. Il faut tenir compte de l'angle solide considéré et de la longueur d'onde à laquelle la mesure s'effectue. Difficile d'évaluer la somme totale d'énergie dissipée, il y aurait à considérer toutes les directions et tout le spectre couvert, comme on le voit à la figure 1. Quand on ne s'intéresse qu'à la température d'objets à moins de 500 °C, on peut donc pratiquer des mesures raisonnablement précises dans un spectre déterminé de l'infrarouge, sachant que les résultats peuvent varier en déplaçant ce spectre. Un thermomètre IR simple utilise généralement un coefficient fixe d'émission de 0,95. Si jamais l'objet à mesurer n'a pas ce coefficient-là, il en résultera une imprécision dans le résultat de mesure. Sur les thermomètres IR plus chers, cette valeur est réglable. Dans le tableau, l'émissivité d'une liste de matériaux. Nous avons, pour l'occasion, combiné les listes de différents fabricants de thermomètres IR. Avec les métaux, l'émissivité est fortement influencée par les traitements que le métal a subis et par l'état de surface. En rassemblant ces données, nous avons constaté des différences de valeurs selon les fabricants. Il semble dès lors difficile d'en déduire le bon réglage d'émissivité à introduire dans l'appareil, à cause de la largeur de certaines fourchettes renseignées. La mesure comparative avec un capteur de contact est donc l'unique manière de déterminer le réglage correct.

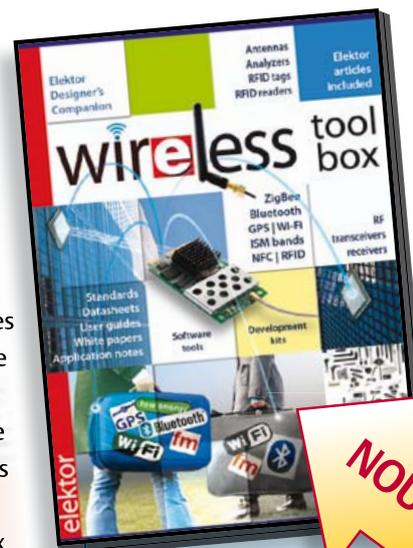
Métal	Émissivité	Non-métal	Émissivité
Aluminium blanc	0,02 à 0,4	Béton (grossier)	0,93 à 0,96
Or	0,02 à 0,37	Verre	0,76 à 0,94
Cuivre	0,02 à 0,74	Bois	0,8 à 0,95
Plomb	0,06 à 0,63	Carbone	0,96
Laiton	0,03 à 0,61	Peau humaine	0,98
Nickel	0,05 à 0,46	Papier	0,7 à 0,95
Acier	0,07 à 0,85	Plastic	0,8 à 0,95
Étain	0,04 à 0,08	Caoutchouc	0,86 à 0,94
Argent	0,01 à 0,07	Eau	0,67 à 0,96
Zinc	0,02 à 0,28	Sable	0,76 à 0,9

# DVD-ROM **Wireless Toolbox** d'Elektor

➔ **Plus d'1 Goctet de documentation technique en version originale (anglais)**

Les systèmes d'échange de données sans fil s'imposent partout : transports, commerce, santé, habitat... Sur ce DVD-ROM vous trouverez des documents techniques et des outils pour libérer vos propres systèmes électroniques de leurs fils. Selon la distance à couvrir, le choix est vaste : quelques cm avec la communication en champ proche (NFC) et l'identification par radiofréquences (RFID), des dizaines de mètres avec Bluetooth, Wi-Fi et ZigBee, des milliers de km avec la réception de données par GPS.

Le plus difficile est de s'y retrouver dans la jungle des normes. D'où l'utilité de ce DVD, avec sa collection de normes, de protocoles standard et propriétaires (p. ex. MiWi de Microchip, SimpliciTI de Texas Instruments), sa revue des plages de fréquences utilisées (ISM p. ex.) et bien davantage. Pour les réseaux sans fil de faible puissance, les protocoles propriétaires sont souvent plus faciles et moins chers à mettre en œuvre que les systèmes lourds basés sur une norme internationale.



ISBN 978-90-5381-268-6  
32,50 € • 44,20 FS

**NOUVEAU**

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

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

## Fournisseurs : adresses utiles

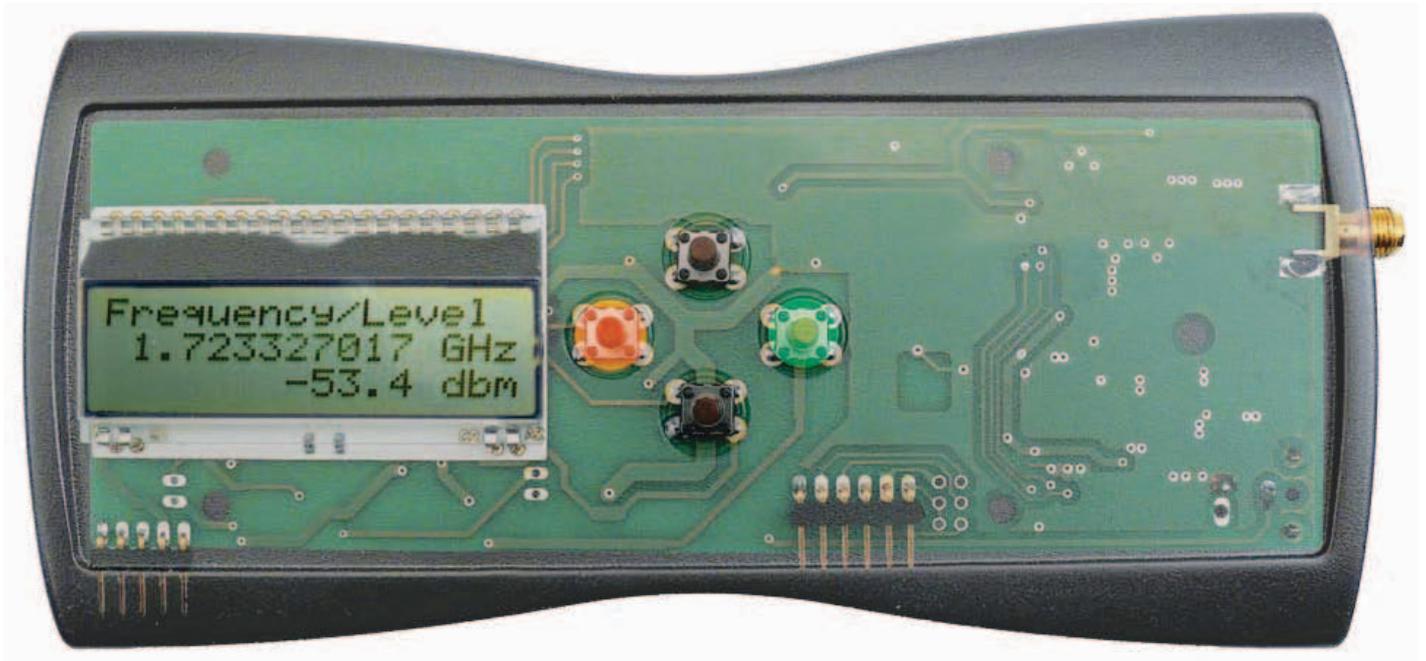
Publicité: Elektor International Media B.V. – Ilham Mohammedi

Allée 1, 6141 AV Limbricht, Pays-Bas

Tél: 0031 (0)46 4389444 – Fax 0031 (0)46 4370161 – E-mail: l.mohammedi@elektor.fr

<p><b>HAMEG®</b> Instruments A Rohde &amp; Schwarz Company</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Oscilloscopes</li><li>✓ Alimentations</li><li>✓ Appareils de mesure Radio-Fréquences</li><li>✓ Appareils programmables</li></ul> <p>Great Value in Test &amp; Measurement <a href="http://www.hameg.com">www.hameg.com</a></p>	<p><b>EBCONNECTIONS</b> Electronique Industrielle</p> <ul style="list-style-type: none"><li>✓ Composants Usb, Ethernet, Rfid</li><li>✓ Modules et câbles Usb OEM</li><li>✓ Environnement Basic Tiger</li><li>✓ Terminal Tactile programmable</li><li>✓ Etude de produits sur demande</li></ul> <p><a href="http://www.ebconnections.com">www.ebconnections.com</a> Site de vente en ligne</p>	<p><b>L'impulsion</b> CAEN</p> <p>Composants électroniques Appareils de mesure Matériel informatique Réalisation de prototype</p> <p>Large gamme de produits en stock Site de vente en ligne Livraison 24 h</p> <p>Tél. 02 31 47 53 88 / Fax. 02 31 47 36 80 contact@limpulsion.fr <a href="http://www.limpulsion.fr">www.limpulsion.fr</a></p>	<p>Linear Audio your tech audio resource</p> <p>160 pages of tech audio articles Self, Linkwitz, Cordell, Pass a.o. <a href="http://www.linearaudio.net">www.linearaudio.net</a></p> <p><b>www.elektor.fr</b></p>
---	---	---	---

# Fréquencemètre et indicateur de niveau 3 GHz



## Avec CPLD et dsPIC

Cet appareil de mesure pratique détermine des fréquences entre 50 MHz et 3 GHz à 10 ppm près et fournit aussi l'indication du niveau de signal dans la gamme de +10 dBm jusqu'à -40 dBm. L'affichage est constitué d'un écran LCD à trois lignes. Pour l'alimentation, trois piles ordinaires R6 (AA) du commerce suffisent.

Martin Bachmann et Daniel Schär (Suisse)

Pour mesurer tambour battant la fréquence et le niveau d'un signal HF, rien de tel qu'un instrument alimenté sur accumulateurs. Le projet présenté ici se distingue en outre par la mesure très précise de la fréquence.

L'appareil est doté d'une entrée HF à 50  $\Omega$  sur prise SMA à laquelle on peut aussi bien raccorder un câble qu'une antenne. Si vous y raccordez une antenne, veillez à ce que le signal à la fréquence à mesurer domine suf-

fisamment les autres par son niveau, car il indique pareillement tous les signaux reçus.

### Les fonctions réunies

Le diagramme fonctionnel de la **figure 1** vous donne un aperçu du système, les couleurs y différencient la partie HF de la section numérique. Le signal d'entrée passe d'abord par un répartiteur (*splitter*) passif à résistances pour être délivré aux deux

composantes HF, l'indicateur de niveau et le fréquencemètre. La mesure de niveau se base essentiellement sur une puce de Linear Technology qui assure la détection logarithmique.

La mesure de fréquence nécessite davantage de composants. Elle se base sur un CPLD (*Complex Programmable Logic Device*) d'Altera qui sert de compteur avec l'aide d'un diviseur et d'un oscillateur de réf-

### Caractéristiques techniques

- Plage de mesure de fréquence 10 MHz à 3 GHz
- Erreur en fréquence moins de 10 ppm (0,001 %)
- Domaine de mesure de niveau -40 dBm à +10 dBm (0,1  $\mu$ W à 10 mW sur 50  $\Omega$ ) dans la plage de 300 MHz à 2,8 GHz
- 146 mesures par minute
- Alimentation par trois éléments de 1,5 V R6 (AA) ou bloc secteur de 5 V (min. 180 mA)
- Consommation max. 170 mA avec 5 V à l'entrée
- Autonomie : 18 h de fonctionnement sur 3 éléments NiMH / 2 000 mAh (sans éclairage LCD, 11 h avec éclairage)

rence. C'est alors un microcontrôleur dsPIC de Microchip qui s'occupe du traitement, de la commande et de l'affichage.

### La mesure de niveau

Pour mesurer le niveau, on met en œuvre un détecteur logarithmique [1] de Linear Technology. Les critères qui nous ont amenés à ce choix étaient, à côté du domaine de fréquence (50 MHz à 3 GHz), une plage de dynamique d'au moins 50 dB, une sensibilité à l'entrée de -46 dBm, une gamme de température industrielle (-40 à +85 °C), une tension d'alimentation de 3,3 V et le prix le plus bas possible. Seuls trois circuits intégrés satisfont au critère de dynamique : ADL5513, LT5534 et LT5538. La préférence est allée au LT5538 qui offre la plus grande plage de dynamique avec 75 dB.

La puce mesure la puissance du signal HF et fournit une tension proportionnelle à la puissance du signal, laquelle est alors appliquée à un convertisseur A/N du microcontrôleur pour un traitement ultérieur.

Malheureusement, la mesure de niveau à l'aide de LT5538 souffre d'une forte dépendance à la fréquence. C'est la raison pour laquelle nous avons réalisé une compensation numérique par approximation polynomiale à lui appliquer. L'une des sélections du menu dans le micrologiciel du microcontrôleur permet d'ailleurs d'étalonner l'indicateur de niveau.

### La mesure de fréquence

La mesure de fréquence proprement dite s'effectue par une procédure numérique réalisée en Max2-CPLD d'Altera [2]. Au cours de la mesure, un premier compteur enregistre le nombre  $C_{Sig}$  de passages par zéro du signal. Simultanément, un second compteur fait la même opération sur le signal de l'oscillateur de référence :  $C_{ref}$ . On calcule alors simplement la fréquence du signal  $f_{Sig}$

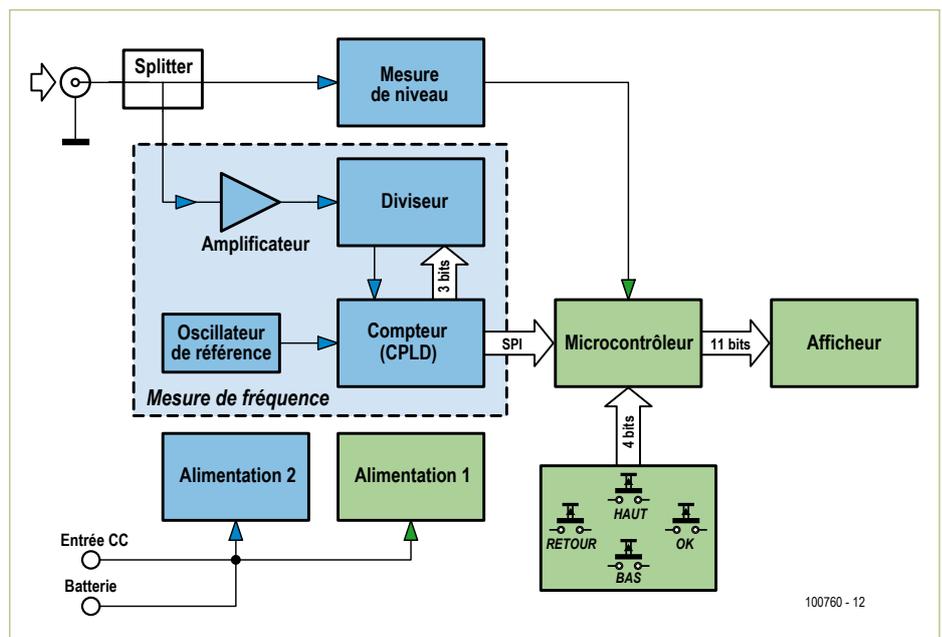


Figure 1. La section HF (en bleu) et la section numérique (en vert) du fréquencesmètre et indicateur de niveau en diagramme fonctionnel.

par la formule :

$$f_{Sig} = f_{ref} * C_{Sig} / C_{ref}$$

Pour augmenter la précision de la mesure,

on a programmé dans le CPLD une logique de synchronisation. Elle garantit que la mesure de fréquence sur les deux compteurs démarre et s'arrête quand le signal d'entrée et celui de référence présentent

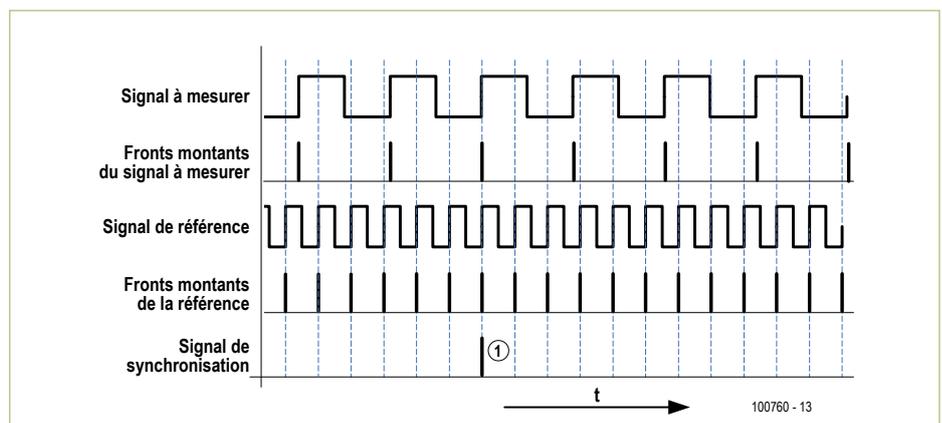


Figure 2. Diagramme impulsionnel de la logique de synchronisation en CPLD. La mesure de fréquence à deux compteurs démarre et s'arrête quand le signal de référence et celui d'entrée présentent simultanément un flanc montant.

## Produits & Services Elektor

- Platine 100760-1 ([www.elektor.fr/100760](http://www.elektor.fr/100760))
- Tracé des pistes (téléchargement gratuit en PDF)
- Logiciel pour CPLD et micrologiciel dsPIC (code source compris) : téléchargement gratuit 100760-11.zip
- Documentation détaillée sur le projet et résumé en allemand : téléchargement gratuit 100760-12.zip
- Page d'information pour tous téléchargements gratuits : [www.elektor.fr/100760](http://www.elektor.fr/100760)

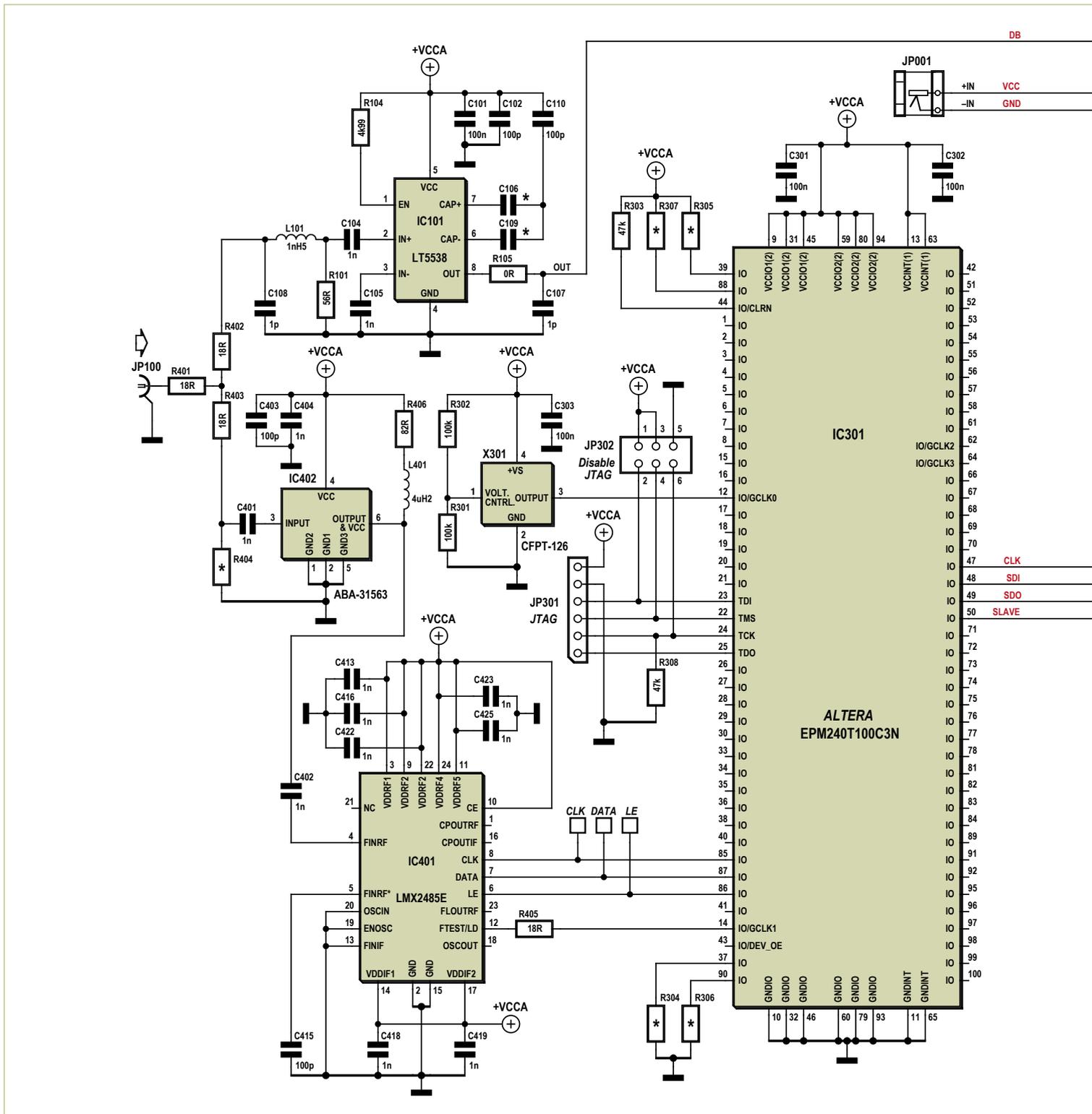
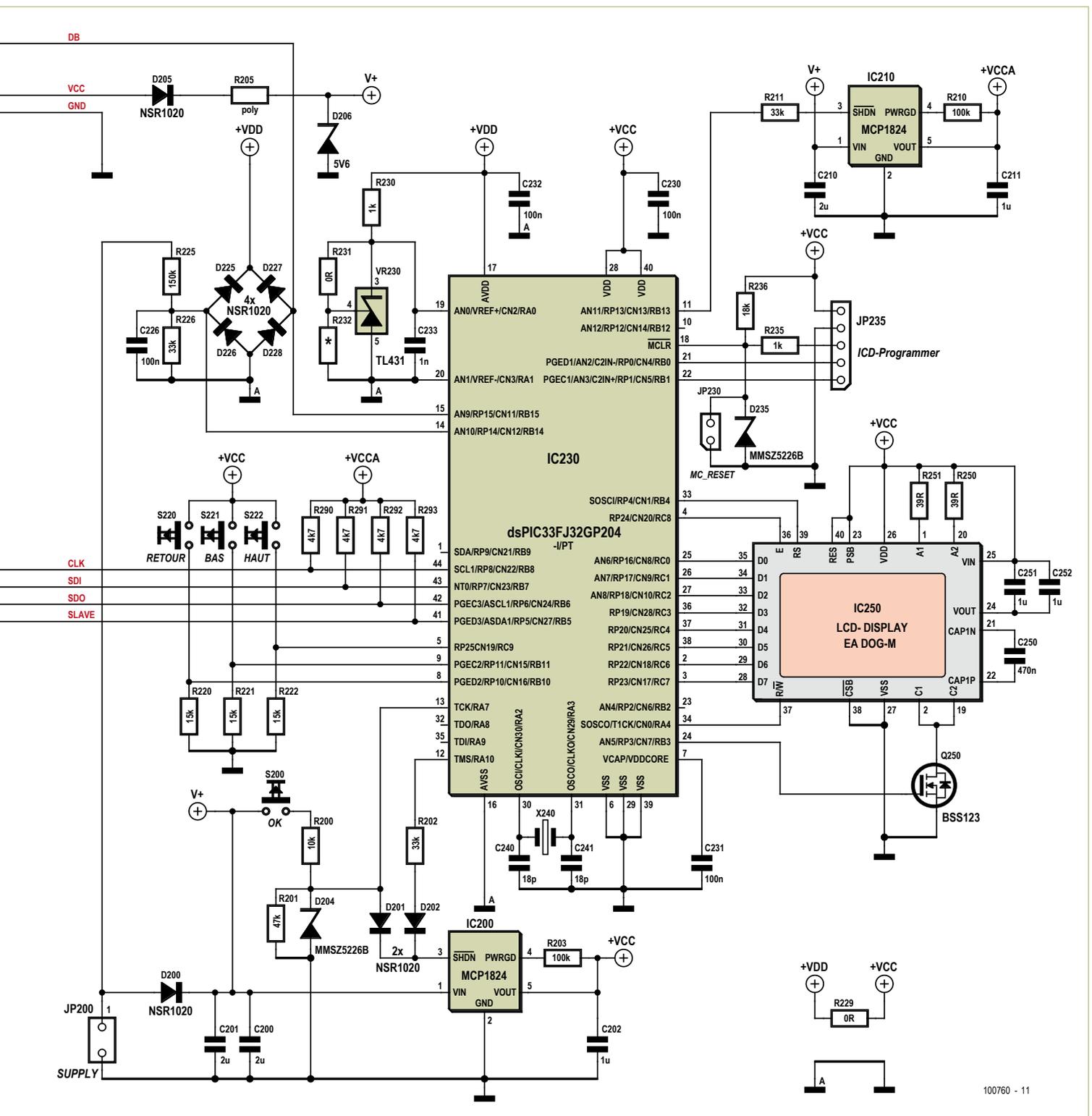


Figure 3. Sur le montage aussi la section HF (à gauche) et la section numérique (à droite)

simultanément un flanc montant (cf. figure 2). Les états des deux compteurs sont transmis par une interface SPI au microcontrôleur. Le CPLD peut traiter des signaux d'entrée jusqu'à environ 200 MHz. Pour pouvoir

mesurer de plus hautes fréquences, il faut un diviseur de fréquence. Évidemment, le rapport de division (dans cette application, le diviseur est de 32) est pris en compte dans le calcul de la fréquence. Comme diviseur de fréquence, nous avons choisi un

module de PLL (boucle à phase asservie), un LMX2845E [3] de Linear Technology. En fait, nous n'en utilisons que le diviseur de fréquence intégré et pas la PLL. L'avantage de ce « gaspillage » se situe au niveau du prix : les puces de PLL sont fabriquées en masse



sont des entités distinctes avec des alimentations

et sont, du coup, meilleur marché que les simples diviseurs pour HF. Il faut programmer le module PLL à chaque démarrage de l'appareil (notamment pour le rapport de division). On peut confier la tâche au logiciel du CPLD, de manière à

ne pas devoir faire appel au microcontrôleur pour la cause. Raison pour laquelle la mesure de fréquence peut fonctionner comme module séparé, autonome, qui ne requiert que l'interface SPI pour sortir ses données et que l'on peut aussi embaucher

aisément pour d'autres applications. Pour améliorer la sensibilité d'entrée de l'instrument de mesure et compenser l'atténuation (-6 dB par branche) du répartiteur passif à l'entrée, nous avons fait précéder le fréquencemètre d'un amplificateur

## Liste des composants

### Résistances :

(CMS0603)

R101 = 56 Ω

R104 = 4,99 kΩ

R105, R229, R231 = 0 Ω

R200 = 10 kΩ

R201, R303, R308 = 47 kΩ

R202, R211, R226 = 33 kΩ

R203, R210, R301, R302 = 100 kΩ

R220, R221, R222 = 15 kΩ

R225 = 150 kΩ

R230, R235 = 1 kΩ

R232, R293 = inoccupé

R236 = 18 kΩ

R250, R25 = 39 Ω

R290, R291, R292 = 4,7 kΩ

R304, R305, R306, R307, R404 = inoccupé

R401, R402, R403, R405 = 18 Ω

R406 = 82 Ω

### Condensateurs :

(SMD0603)

C101, C226, C230, C231, C232, C301, C302, C303 = 100 nF

C102, C110, C403, C415 = 100 pF

C104, C105, C233, C401, C402, C404, C413, C416, C418, C419, C422, C423, C425 = 1 nF

C106, C109 = inoccupé

C107, C108 = 1 pF

C200, C201, C210 = 2 μF

C202, C211, C251, C252 = 1 μF

C240, C241 = 18 pF

C250 = 470 nF

### Inductances :

(SMD0603)

L101 = 1,5 nH

L401 = 4,2 μH

### Semi-conducteurs :

D200, D201, D202, D205, D225, D226, D227, D228 = NSR1020 (SOD323-W)

D204, D235 = Diode Zener 3,3 V (SOD123)

D206 = Diode Zener 5,6 V (SOD123)

IC101 = LT5538

IC200, IC210 = MCP1824 (SOT23-5L)

IC230 = DSPIC33FJ32GP204-I/PT (TQFP44)

IC301 = EPM240T100C3N (TQFP100), CPLD (Altera)

IC401 = LMX2485E (LLP24), PLL (National Semiconductor)

IC402 = ABA-31563 (SOT363), amplificateur à large bande (Avago)

Q250 = BSS123 ou SN7002W (SOT23)

VR230 = TL431 (SOT23-5), référence de tension (TI)

### Divers :

IC250 = EA DOGM163W-A, écran LC de 3,3 V, 3x16 caractères (Electronic Assembly)

JP001 = prise encartable pour bloc secteur

JP100 = prise SMA 142-0711-881 (Emerson/Johnson)

JP200 = éventuellement embase à 2 picots (raccordement batterie)

JP230 = embase à 2 picots avec cavalier (si nécessaire)

JP235 = embase à 5 picots soudés

JP301 = embase à 6 picots soudés

JP302 = embase à 2 rangées de 6 picots (si nécessaire)

R205 = fusible autocicatrisant 30 V/0,2 A (SMD1210), Littlefuse 1210L020WR (p.ex. Farnell 1596997)

S200, S220, S221, S222 = bouton-poussoir monopolaire normalement ouvert, encartable

X240 = quartz 18 MHz (HC49/CMS)

X301 = CFPT-126 (LF TVX0009920) de IQD, oscillateur à quartz compensé en température 40 MHz CMS (Farnell 1100757)

Boîtier Bopla type BS404 F-7035

Platine 100760-1 (cf. [www.elekor.fr/100760](http://www.elekor.fr/100760))

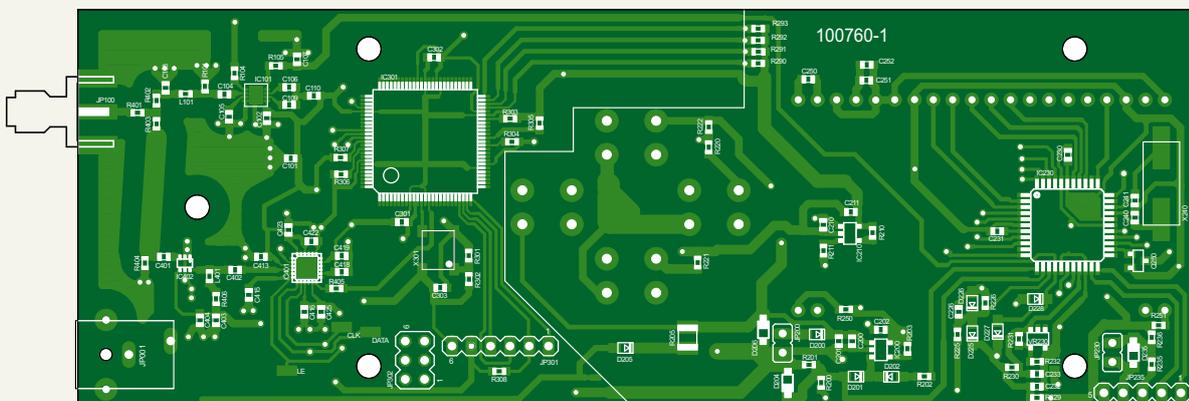
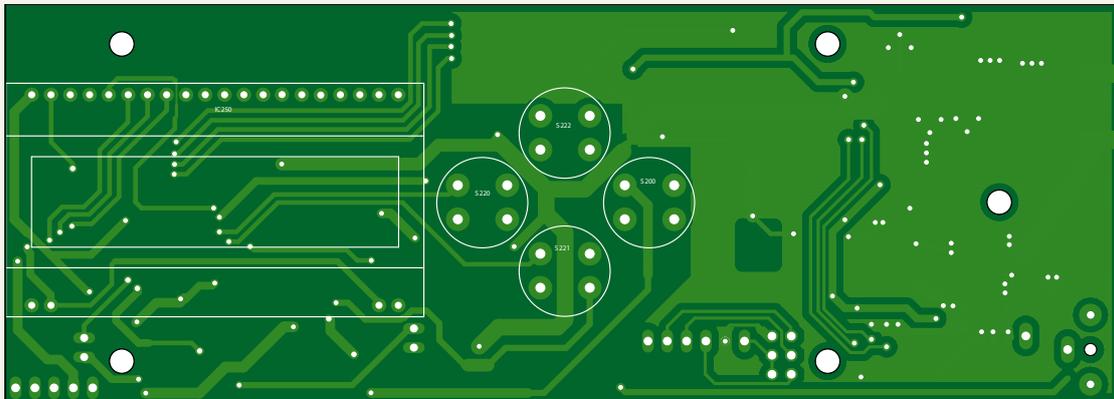


Figure 4. La face inférieure de la platine complète avec ses CMS. La face supérieure ne porte que les boutons-poussoirs et l'affichage.

HF à large bande. Il s'agit d'un ABA-31563 [4] d'Avago qui a une impédance de  $50 \Omega$  en entrée comme en sortie, une largeur de bande du continu jusqu'à 3,5 GHz et qui procure au signal un gain d'environ 20 dB. En présence d'un fort signal d'entrée, l'ampli HF fonctionne en saturation.

### La précision

Le signal de référence de l'oscillateur détermine essentiellement la précision de la mesure de fréquence. La mesure ne sera jamais plus précise que l'oscillateur. De plus, la précision de la mesure dépend elle-même du niveau de signal et de la fréquence. En principe, la précision est meilleure en présence d'un niveau plus élevé. Malgré l'étalonnage, la mesure de niveau ne peut pas aller de pair avec la précision de mesure en fréquence (cf. Étalonnage de la mesure de niveau).

Le **tableau 1** résume les résultats que l'on peut obtenir. Nous avons pu établir avec le prototype, à la température ambiante, une précision de mesure en fréquence de 1 ppm.

### Le circuit

Les parties de couleurs différentes du schéma (sections HF et numérique) ont été construites à l'origine et testées sur des platines séparées. Au cours du développement de l'appareil, l'ensemble a été condensé sur une seule platine. Le circuit correspondant ainsi rassemblé se trouve à la **figure 3**.

La partie HF, à gauche, et la partie numérique, à droite, sont ici aussi des unités séparées que l'on peut utiliser indépendamment l'une de l'autre. L'alimentation en courant aussi est différente pour améliorer le découplage des deux sections, avec un régulateur de tension IC200 pour la partie numérique et IC210 pour la partie HF. Les deux régulateurs fournissent la même tension de 3,3 V. Ils reçoivent la tension, au choix, par JP200 ou par JP001. Sur JP200, on peut raccorder soit des piles, soit des accumulateurs, il faut trois éléments R6 (AA), ce qui fournit entre 3,6 et 4,8 V. Sur JP001, on peut aussi brancher un adaptateur secteur de 5 V. La commutation de l'un à l'autre est automatique : si la tension en provenance du bloc secteur est supérieure à celle de JP200, la diode D200 bloque. La même diode sert en

Tableau 1. Précision de mesure		
Mesure	Précision	Domaine
Fréquence	< 10 ppm (< 0,01 %)	50 MHz à 3 GHz -20 dBm à 0 dBm
	< 10 ppm (< 0,01 %)	700 MHz à 2700 MHz -35 dBm à +10 dBm
	< 1000 ppm (< 1 %)	300 MHz à 2700 MHz -40 dBm à +10 dBm
Niveau (après étalonnage)	4,3 dB	50 MHz à 3 GHz -40 dBm à +10 dBm

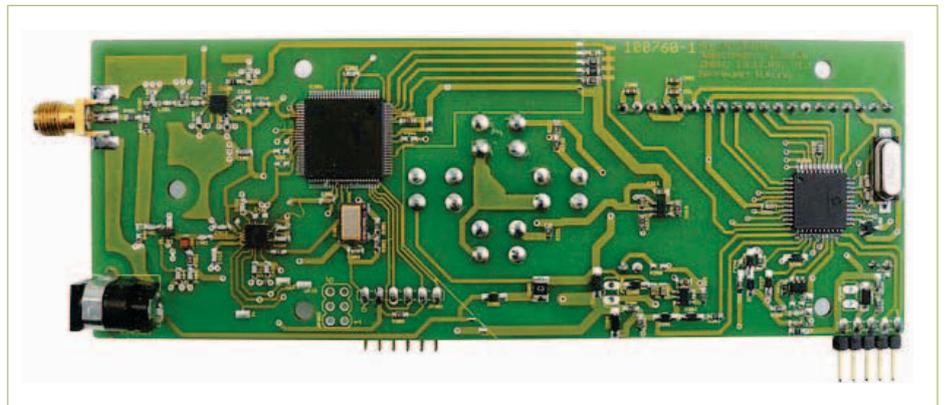


Figure 5. La face porteuse des CMS du modèle de platine d'Elektor.

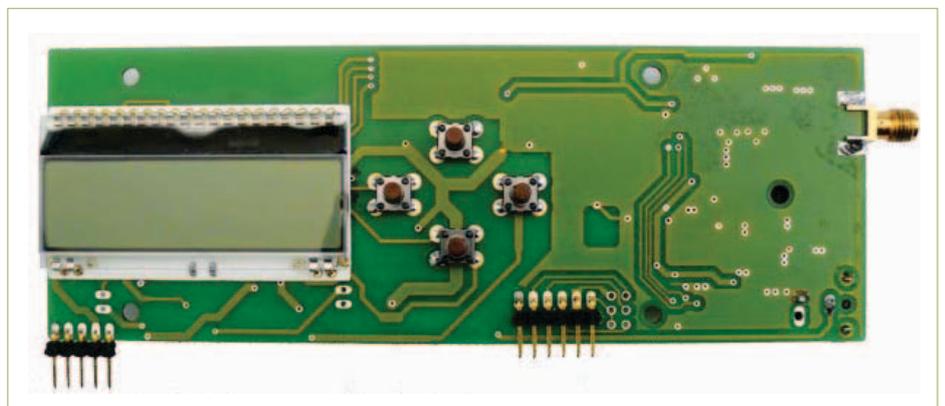


Figure 6. La face supérieure du prototype d'Elektor.

même temps de protection contre l'inversion de polarité de la batterie. Pareillement, on trouve derrière la prise pour le bloc secteur une diode de protection contre la tension inverse et le courant de retour. Cette diode est en même temps un Polyfuse, c'est-à-dire un fusible thermique autocicatrisant, suivi d'une diode Zener. Cette combinaison protège le circuit des tensions trop élevées et limite le courant en cas de panne.

Les sections HF et numérique ne sont reliées entre elles que par les quatre fils du bus

SPI et celui de la mesure de niveau, si l'on excepte naturellement le point commun de masse. Le bus SPI permet au CPLD de transmettre les états de comptage pour la mesure de fréquence au dsPIC qui les utilise pour l'affichage sur l'écran à cristaux liquides de la fréquence et pour la compensation en fréquence dans la mesure du niveau. La tension de sortie du détecteur de niveau IC101 dans la partie HF parvient, via la ligne DB, à l'entrée du convertisseur A/N du dsPIC pour être numérisée et la valeur ainsi obtenue sera alors corrigée en fonction



Figure 7. Coup d'œil dans le prototype des auteurs.

de la dépendance en fréquence pour afficher une valeur nette. Les diodes D225 à D228 opèrent une limitation de tension à l'entrée du convertisseur A/N (broche 15) du dsPIC pour éviter une surcharge. Par l'intermédiaire du diviseur de tension R225/R226 et une autre entrée analogique (broche 14), le dsPIC surveille la tension de batterie. La référence de tension (VR230) associée au TL431 permet de fournir une tension de référence de 2,5 V au convertisseur A/N du dsPIC. L'interface utilisateur se compose de quatre boutons-poussoirs (S200, S220 à S222) et d'un écran LCD à 3 lignes avec l'éclairage piloté par Q250. Le LCD se distingue par son alimentation sous 3,3 V, un haut contraste avec adaptation automatique et une très faible consommation de seulement 250  $\mu$ A (sans éclairage d'arrière-plan). Dans la section HF, on reconnaît facilement les composants décrits dans le diagramme fonctionnel. Le répartiteur de signal derrière la prise SMA à 50  $\Omega$  se compose uniquement des trois résistances R401 à R403. Cette répartition passive du signal d'entrée entre les mesures de fréquence et de niveau occasionne dans chaque branche une perte de 6 dB, d'où la présence de l'amplificateur (IC402) devant l'entrée de la PLL (IC401), dont nous n'utilisons que le compteur, nous avons expliqué pourquoi. Comme c'est au CPLD qu'il revient de programmer ce compteur à chaque démarrage du système, la PLL est en liaison avec le CPLD (IC301) par son interface Microwire (compatible SPI). La fréquence de référence pour le fréquencemètre, le CPLD l'obtient de l'oscillateur de référence X301 qui détermine la précision de manière prépondérante. Comme renseigné dans la liste des composants, le

LF TVXO009920 de la série CFPT-126 de la firme IQD Frequency Products est un oscillateur à quartz de 40 MHz en CMS, il est compensé en température dans la plage de -40 °C à +85 °C, il est compatible avec la logique à 3 V et offre une stabilité en fréquence de  $\pm 0,5$  ppm. À 40 MHz, cela représente à peine 20 Hz ! Comme cette précision se paie, si les exigences de précision du fréquencemètre sont moindres, il est possible de le remplacer par un oscillateur d'un coût moins élevé.

D'autre part, pour peu que l'on puisse disposer momentanément d'un compteur fréquencemètre d'une très haute précision, il est encore possible d'améliorer la précision du LF TVXO009920 avec les résistances R301 et R302. Sur notre deuxième prototype, construit avec des valeurs de résistance courantes (100 k $\Omega$  pour R301 et R302), nous avons mesuré une dérive de -15 Hz à 40 MHz (= -0,38 ppm). Avec une plus petite valeur (R301 = 94,68 k $\Omega$  et R302 = 100 k $\Omega$ ), nous avons pu réduire le décalage à +5 Hz (= +0,125 ppm) On programme le CPLD par l'interface JTAG sur JP301. On pose ensuite un cavalier à l'emplacement marqué « JTAG Disable » sur l'embase à picots JP302 pour faire passer le CPLD du mode de programmation à celui de service normal. Mais, une fois la programmation terminée, on peut tout aussi bien se servir de ponts de câblage au lieu de picots et cavaliers. Dans la section numérique, une interface de programmation ICD et de débogage pour le dsPIC est disponible avec JP235. Avec le cavalier JP230, on peut au besoin relancer le microcontrôleur.

### La platine

Tous les CMS se placent sur la face inférieure de la platine à double face et trous métallisés (figure 4). Sur la face supérieure, il n'y a

que les quatre poussoirs et l'affichage. Vous pouvez voir aux figures 5 et 6 la platine du laboratoire Elektor garnie de ses composants et à la figure 7 une photo du prototype construit par les auteurs. Dans les deux cas, les CMS sont installés manuellement, ce qui n'est guère facile avec le module de la PLL. Mais de cette manière, avec l'oscillateur CMS, on gagne en stabilité de fréquence par rapport à la méthode de la refusion. De toute façon, ce projet exigeant, nous le recommandons aux électroniciens réellement habitués... aux CMS. Quand la construction de la platine est terminée et vérifiée, reste la programmation. Pour le CPLD, il faut une interface Byteblaster ou USB-Blaster avec Quartus comme environnement de programmation. Pour le dsPIC, on utilise MPLAB de Microchip et un programmeur ICD. Tout le reste (le code VHDL, le code source, le code hexadécimal et les astuces de programmation) est à votre disposition au téléchargement du site Internet d'Elektor à la page de ce projet [5].

### Le menu

L'affichage des valeurs de mesure sur l'écran LCD est très ordonné : la première ligne porte les indications « Frequency/Level », la deuxième donne la fréquence en MHz et la troisième, le niveau en dBm. En outre, l'écran sert encore d'appareil de mesure pour l'étalonnage et d'indicateur d'état, comme la tension de batterie, par exemple. On indique ses choix dans le menu à l'aide des quatre boutons-poussoirs dont les fonctions sont détaillées dans le tableau 2. Le menu est conçu de façon à ce que la position actuelle dans le menu soit toujours affichée dans la ligne supérieure. La figure 8 illustre l'arborescence du menu du logiciel. Il est à remarquer que l'on peut commuter sous « Measuring/Advanced » entre « Frequency/Level », « Min/Max Frequen. » et

Tableau 2. Fonctions des poussoirs dans le menu

S200	OK (confirmer) et allumer l'appareil
S220	Retour (point précédent)
S222	Plus haut
S221	Plus bas

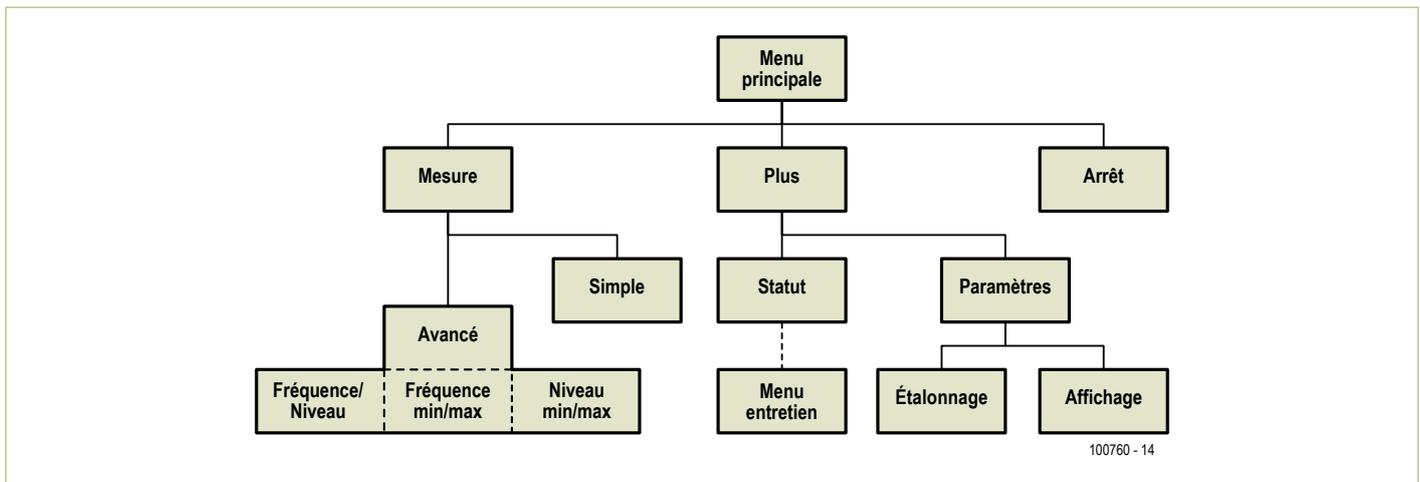


Figure 8. La structure du menu du logiciel pour le microcontrôleur.

« Min/Max Level » en se servant des poussoirs T3 et T4. Dans le menu « Status », on peut appeler le menu de service. Il faut pour cela appuyer simultanément sur T3 et T4. Dans le menu de service, on peut demander l'affichage des valeurs brutes de conversion A/N ainsi qu'arrêter ou rétablir le courant dans la section HF sur IC210 et donc aussi la mesure de niveau et de fréquence.

### Étalonnage de la mesure de niveau

Comme signalé précédemment, le détecteur de niveau utilisé, le LT5538 présente une dynamique très large, ce qui entraîne aussi une indésirable dépendance à la fréquence dans la mesure de niveau. Sur une petite largeur de bande, on peut ajuster avec grande précision la mesure de niveau, mais quand on veut couvrir une large gamme de fréquences, c'est assez imprécis. Il est cependant possible de corriger, au moins partiellement, cette corrélation, puisque, lors de la mesure, la fréquence est connue. Le microcontrôleur peut alors, avec cette valeur, recalculer la vraie valeur du niveau. C'est pourquoi il y a dans le micrologiciel une proposition de menu « Calibration » pour réaliser un étalonnage, lequel se base sur la méthode des moindres carrés. On prend un générateur de fréquence qui couvre le spectre de 100 MHz à 3 GHz et dont le niveau peut s'ajuster entre -40 dBm et +10 dBm.

Voici la marche à suivre.

1. Appeler le point du menu Calibration
2. Régler le générateur sur la fréquence et le niveau indiqués

3. Confirmer
  4. Régler sur la nouvelle fréquence et le niveau indiqués
  5. Continuer la procédure pour tous les réglages demandés
  6. Après un bref moment de calcul (de la régression polynomiale), l'étalonnage est terminé et les données sont inscrites durablement dans la mémoire Flash du microcontrôleur.
- Contrairement à la mesure de fréquence, la mesure de niveau reste malgré tout relativement imprécise, en dépit de l'étalonnage. Le plus grand écart mesuré était de 4,3 dB.

### Possibilités

Ce projet représente un stimulant pour le développement personnel en véritable haute fréquence (aussi en ce qui concerne le dessin de la platine), mais également pour la mise en œuvre des CPLD. Grâce au logiciel à source ouverte (code VHDL et code source dsPIC en C) chacun a en main toutes les possibilités de modifier la programmation ou d'y inclure des extensions en fonction de ses besoins propres. Pour le développement du micrologiciel pour le contrôleur, il faut utiliser MPLAB IDE v8.30 et comme compilateur C, MPLAB C30. On rédige et l'on télécharge la logique CPLD avec Quartus II 7.0. Pour toute extension des fonctionnalités, un CPLD disposant de plus d'unités logiques est indispensable. La platine est prête à accueillir un CPLD avec une plus grande mémoire. Les raccordements sont disponibles, il suffit d'installer aux emplacements pour R304, R305, R306 et R307 des résistances de 0 Ω.

La mesure de niveau donne aussi l'occasion

de développement supplémentaire, mais cela suppose de disposer de bons appareils de mesure de laboratoire. On peut aussi expérimenter sur le matériel pour réduire les réflexions à l'entrée de l'amplificateur avec un réseau d'adaptation. Dans le logiciel, il y a par exemple la possibilité d'ajouter d'autres points d'étalonnage (des fréquences) ou de les choisir différemment pour atteindre une meilleure approximation avec un polynôme d'ordre supérieur... (100760)

### Liens internet

- [1] <http://cds.linear.com/docs/Datasheet/5538f.pdf>  
(Cahier de caractéristiques LT5538)
- [2] [www.altera.com/literature/hb/max2/max2\\_mii5v1\\_01.pdf](http://www.altera.com/literature/hb/max2/max2_mii5v1_01.pdf)  
(Cahier de caractéristiques MAX II CPLD)
- [3] [www.national.com/ds/LM/LMX2485.pdf](http://www.national.com/ds/LM/LMX2485.pdf)  
(Cahier de caractéristiques LMX2485)
- [4] [www.avagotech.com/docs/AV02-1782EN](http://www.avagotech.com/docs/AV02-1782EN)  
(Cahier de caractéristiques ABA-31563)
- [5] [www.elektor.fr/10076](http://www.elektor.fr/10076)

### À propos des auteurs

Martin Bachmann et Daniel Schär ont étudié l'électronique à la FH (institut supérieur technique, BTS) ZHAW à Winterthur (Suisse). L'instrument de mesure décrit dans cet article a été conçu dans le cadre d'un projet pratique pendant leurs études.

# Cinq critères... ...d'achat pour son oscilloscope



Andreas Grimm (Allemagne)

Choisir un oscilloscope n'est pas vraiment devenu plus facile ces dernières années. Des fonctions aussi nouvelles qu'innovantes sont apparues, le spectre des applications destinées aux oscilloscopes à mémoire numérique (DSO en anglais) s'est élargi, et le nombre de fournisseurs a augmenté. Pour un appareil qui fera encore longtemps le quotidien des laboratoires, toute décision d'achat doit donc être mûrement réfléchie. Nous indiquons ici les points sur lesquels il convient se montrer attentif.

Les lecteurs d'Elektor placeront à n'en pas douter la bande passante et la fréquence d'échantillonnage parmi les critères les plus importants à prendre en considération lors de l'évaluation d'un oscilloscope, mais il en existe de nombreux autres, tout aussi critiques. Nous les examinerons en détail afin que chacun sache comment diriger son achat sans se disperser et en fonction de ses besoins.

## 1. Caractéristiques clés

La bande passante et la fréquence d'échantillonnage nécessaires sont déterminées par la fréquence maximale des signaux à analyser. L'importance que prennent de nos jours les signaux numériques entraîne celle du temps de montée.

Prenons l'exemple d'un processeur cadencé à 8 MHz. Le temps de montée typique est ici de 10 ns. Le temps de montée de l'oscilloscope doit toujours être inférieur à celui du signal, de 30 % en pratique. Pour notre temps de montée de 10 ns, nous choisirions ainsi pour l'oscilloscope un temps de montée  $T_m$  de 3 ns. La formule  $B = 0,3 / T_m$ , qui relie en première approximation bande passante et temps de montée, nous dit que notre oscilloscope doit avoir une bande passante de 100 MHz. La **figure 1** montre l'influence qu'a le temps de montée d'un oscilloscope de 100 MHz sur la mesure d'un signal dont le temps de montée est de 10 ns.

Une fois la bande passante requise déterminée, c'est au tour de la fréquence d'échantillonnage de l'être. Pour cela on se sert de la formule  $F$  égale 8 à 10 fois  $B$ , où  $B$  est la bande passante analogique de l'oscilloscope. D'après cette formule, la fréquence d'échantillonnage d'un instrument de 100 MHz est de 1 Géch./s. À présent doivent être pris en compte la fondamentale et un nombre suffisant d'harmoniques de l'onde carrée du signal rectangulaire – une nécessité également dictée par la théorie du signal.

Si nombre d'électroniciens qui ont choisi leur oscilloscope en fonction de ces caractéristiques ne sont malgré tout pas satisfaits de leur achat, c'est qu'ils n'ont tenu compte que des valeurs limites, en oubliant que l'on ne doit pas seulement analyser un front rapide, mais aussi les parties complexes du signal (qui contiennent plusieurs de ces fronts rapides). D'où le troisième paramètre important d'un oscilloscope à mémoire numérique : la profondeur mémoire. Une formule simple permet d'en déterminer la valeur nécessaire : la profondeur mémoire est le produit de la fréquence d'échantillonnage par l'intervalle de temps pendant lequel le signal sera observé. La durée de cet intervalle de temps est à son tour déterminée par la nature des signaux à capturer. Prenons l'exemple d'une alimentation à découpage. Pour analyser sa régulation, ce sont des centaines d'impulsions de commande de grille qu'il faudra capturer. Il faudra

donc travailler ici avec un intervalle de temps de l'ordre du millième de seconde. Pour de surcroît observer des effets dus à la fréquence du réseau, et donc être en mesure de distinguer plusieurs périodes, l'intervalle de temps devra généralement être de 100 millisecondes.

Pour analyser un circuit doté d'un microprocesseur, on s'intéresse en règle générale aux transferts de données sur plusieurs cycles mémoire. La durée d'un tel cycle étant de l'ordre de la milliseconde, l'intervalle de temps sera ici de l'ordre de la microseconde. Bref, on retiendra comme règle pratique qu'une durée d'enregistrement de 1 ms à 100 ms convient.

Reprenons les chiffres de l'exemple précédent (processeur à 8 MHz,  $T_m = 10$  ns,  $F = 1$  Géch./s) et supposons que nous ayons besoin d'une durée d'enregistrement de 1 ms :

Mémoire = 1 Géch./s \* 1 ms = 1 Mpoints, c'est-à-dire une profondeur mémoire d'un million de points (voir figure 2).

Inversement, pour une durée d'acquisition déterminée (1 ms) la formule ci-dessus donne la fréquence d'échantillonnage lorsque la profondeur mémoire est connue. Cette fréquence chute considérablement lorsque la profondeur mémoire diminue, comme le montre le tableau.

Durée d'acquisition	Profondeur mémoire	Fréquence d'échantillonnage
1 ms	2 M points	2 Géch./s
1 ms	100 k points	0,1 Géch./s = 100 Méch./s
1 ms	10k Punkte	0,01 Géch./s = 10 MSéch./s
1 ms	2,5k Punkte	0,004 Géch./s = 4 Méch./s

Souvent sous-estimée, on voit pourtant clairement ici toute l'importance de la profondeur mémoire !

## 2. Qualités métrologiques

Les applications possibles d'un oscilloscope dépendent des propriétés de l'amplificateur d'entrée analogique et de ses options de déclenchement. La voie analogique de déclenchement devrait être aussi sensible que possible, et de même à faible bruit... aussi faible que possible. La meilleure sensibilité d'entrée actuelle est de 1 mV / DIV, mais il ne s'agit en aucun cas d'une valeur standard. Pour en tirer avantage, le bruit de fond propre de l'appareil doit être proportionnellement faible, nettement inférieur à un quart de division, même dans la position la plus sensible de l'amplificateur. Seules de telles propriétés permettront par exemple de mesurer de façon pratique des ondulations (de petits écarts de tension superposés à des signaux plus grands). La sensibilité de déclenchement joue également un rôle important : c'est elle, dans l'exemple ci-

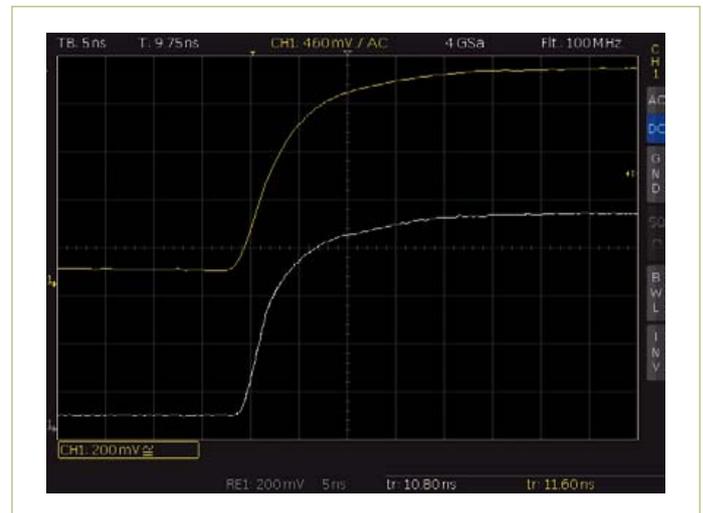


Figure 1. Influence du temps de montée d'un oscilloscope de 100 MHz sur la mesure d'un signal dont le temps de montée est de 10 ns (en blanc) ; la courbe jaune est le signal résultant.

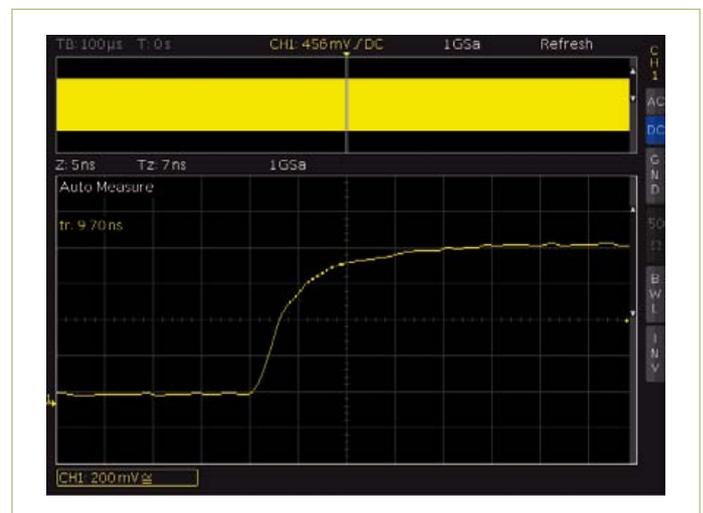


Figure 2. Avec une mémoire d'acquisition d'un million de points, une durée d'enregistrement de 1 ms permet de résoudre des variations très rapides du signal (< 10 ns).

dessus, qui rend possible la synchronisation avec les ondulations intéressantes. Cette sensibilité de déclenchement devrait pour cela être meilleure qu'une division.

L'électronique de puissance en particulier nécessite de procéder à une analyse mathématique du signal poussée. Les composantes hautes fréquences doivent ainsi souvent être éliminées par filtrage passe-bas. Pour effectuer une analyse énergétique, l'oscilloscope



Figure 3. Une FFT n'est avantageuse que si le calcul utilise un nombre suffisant de points (2048 points à gauche, 65 536 points à droite).

doit multiplier la voie « courant » par la voie « tension » et ensuite intégrer le produit. Ces « mathématiques chaînées » ne sont souvent proposées qu'en option, et la plupart du temps dans un segment de prix situé au-delà des 6000 €.

Les mesures par curseurs font partie des fonctions standard d'un oscilloscope. Il est utile de disposer de curseurs capables de suivre

la forme du signal et d'afficher simultanément temps et tensions ; cette fonction évite les va-et-vient constants entre les curseurs « temps » et « amplitude ». Les mesures automatisées de paramètres sont tout aussi utiles, par exemple pour déterminer automatiquement des largeurs d'impulsions ou une suroscillation. L'avantage de la mesure par paramètres par rapport aux mesures par curseur(s) est qu'elle n'est à activer qu'une seule fois et qu'elle fournit des résultats reproductibles.

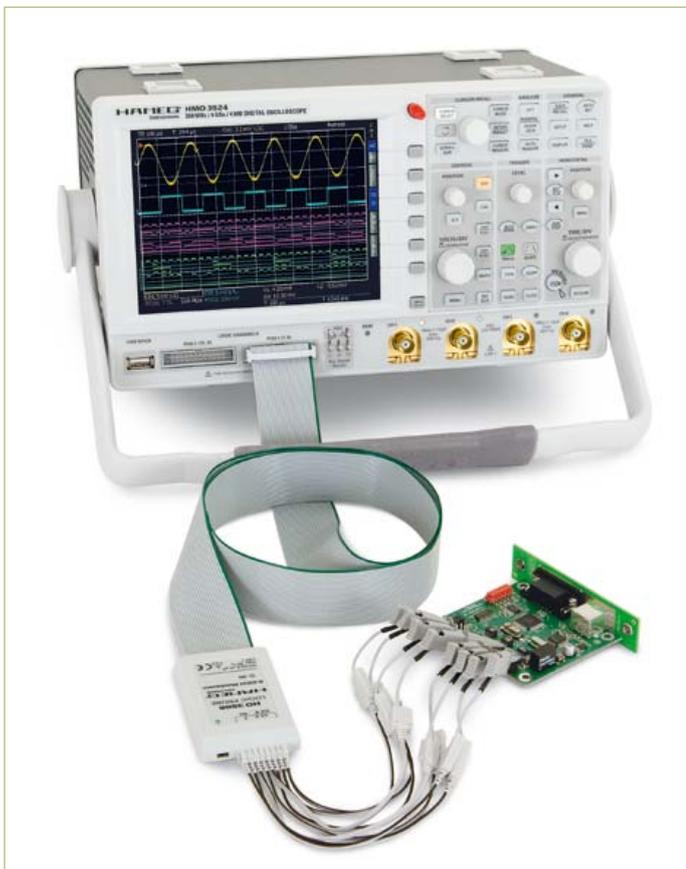


Figure 4. Oscilloscope à signaux mixtes (MSO).

Un test Pass/Fail (réussite/échec), qui repose sur une comparaison par rapport à un masque, permet le contrôle continu des formes d'onde. Un seuil de tolérance est appliqué à un signal de référence, et son dépassement déclenche un arrêt des acquisitions, la sortie d'un signal ou encore une copie d'écran.

La plupart des oscilloscopes bon marché disposent désormais d'une fonction FFT (transformée de Fourier rapide) pour représenter, par exemple, les parasites d'un certain domaine de fréquences. Cette fonction n'est toutefois guère utile en pratique, car elle repose sur un nombre insuffisant de points. Le nombre de points utilisés pour le calcul (en tenant compte de la largeur de la période considérée) détermine la résolution de la FFT. Mille points sont par exemple insuffisants pour obtenir un résultat significatif. Pour cela il faut 32 000 points ou plus (voir figure 3).

### 3. Ergonomie et confort

Outre les critères techniques « purs et durs », des caractéristiques sans rapport direct avec la mesure sont souvent mises en avant. On trouve d'abord parmi elles la taille et la résolution de l'écran. Même si les écrans LCD couleur de plus de 15 cm sont la norme aujourd'hui, une bonne résolution leur fait souvent défaut.

Le minimum devrait être un écran VGA (640 x 480 pixels) doté d'un angle de vision horizontal et vertical pratique ainsi que d'un contraste élevé. Les écrans QVGA (320 x 240 pixels) se révèlent ainsi particulièrement décevants si l'on envisage un MSO (Oscilloscope à signaux mixtes) possédant jusqu'à 20 canaux. La présence d'une connexion pour écran externe ou projecteur pourra être un critère de choix important.

Un système d'empilage et/ou une faible profondeur de l'appareil réduiront considérablement la surface occupée sur le banc de mesures. Si l'encombrement importe, le volume sonore du ventilateur ne devrait pas non plus être négligé, car généralement un oscilloscope fonctionne en continu.

#### 4. Durabilité

La tendance aux systèmes embarqués observée depuis plusieurs années se poursuit, et avec elle une demande accrue de possibilités d'analyse synchrone des signaux analogiques et numériques. Alors que la mémoire est souvent reliée au processeur par un bus parallèle, les composants périphériques tels que les FPGA, les capteurs ou encore les écrans, sont eux souvent connectés par un bus série, par exemple I<sup>2</sup>C, SPI ou UART. Lors du développement de tels circuits, l'oscilloscope utile sera celui qui propose des mécanismes de déclenchement et de décodage à la fois pour les données séries et parallèles (figure 4).

Un oscilloscope sera considéré comme durable si le mode MSO ou le décodage de protocoles série peut être mis à niveau. Lorsque ce sont les coûts d'acquisition qui ont priorité, il faut penser à regarder si le déclenchement et le décodage de protocoles série ne peuvent pas être effectués par les deux voies analogiques et l'entrée de déclenchement externe d'un appareil à deux voies.

Puisqu'il est de plus en plus nécessaire de documenter les résultats de ses mesures, l'appareil devrait disposer d'interfaces appropriées, à tout le moins d'une connexion pour clé USB, et de même devrait posséder une connexion USB pour ordinateur. Quelques environnements de test automatisés exigent que l'ordinateur de commande dispose d'un bus GPIB ou d'une liaison Ethernet. Là aussi les interfaces devraient pouvoir être mises à jour. Un bon investissement dépendra naturellement aussi du service à la clientèle. On préférera ce suivi simple, rapide, peu coûteux, et surtout garanti cinq ans ou plus.

#### 5. Rapport qualité/prix

On voit que de nombreux autres facteurs s'ajoutent aux caractéristiques a priori les plus importantes et au prix d'achat. La liste suivante reprend les critères de choix les plus importants :

- Bande passante (temps de montée), sensibilité, bruit des voies d'entrée
- Fréquence d'échantillonnage, profondeur mémoire
- Modes et sensibilité du déclenchement
- Dimensions, résolution et angle de vision de l'écran ; écran externe
- Possibilités de mesures par curseurs ou paramètres, « voies » mathématiques
- Test Pass/Fail
- Option signaux mixtes (avec mise à niveau le cas échéant)
- Déclenchement et décodage des protocoles série (avec mise à niveau le cas échéant)
- Interfaces du type USB, LAN, GPIB (optionnelles, au besoin)
- Suivi après-vente, garanti plusieurs années après l'achat

La plupart de ces paramètres peuvent être déterminés en se référant à la fiche technique ou au manuel de l'instrument en question ; les autres, comme le volume sonore du ventilateur ou l'angle de vision de l'écran, peuvent souvent être obtenus auprès du vendeur. Et il reste toujours la possibilité de tester l'instrument avant son achat.

(100896)

Andreas Grimm est directeur de la gestion des produits chez HAMEG Instruments ([www.hameg.com](http://www.hameg.com)).

Publicité

## Spécialiste prototypes & petites séries

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

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

### Tous services

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

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

# Tests par l'interface JTAG

## Vérification des connexions sans points-tests

Rob Staals, JTAG Technologies (Pays-Bas)

Le test manuel des circuits imprimés est difficile, pour ne pas dire impossible, avec les circuits intégrés à grande échelle et les cartes multicouches. Heureusement, la plupart des circuits intégrés actuels contiennent une logique spéciale pour le test approfondi des connexions internes de la puce et des connexions sur la carte. On utilise pour cela l'interface au standard international JTAG.



Après la construction d'un prototype ou d'un produit fini, nous voulons vérifier aussi tôt que possible le fonctionnement du circuit. On raccorde l'alimentation et on observe avec inquiétude ce qui va se passer. Le plus souvent, un prototype ne fonctionne pas la première fois, ou il ne fonctionne que partiellement. D'où vient le problème, est-ce un défaut de conception ou un composant donné est-il mal monté ? On empoigne aussitôt l'oscilloscope ou le multimètre pour vérifier si les signaux sont bons et pour tester les connexions. Avec les platines multicouches actuelles et les composants à pas fin et/ou à BGA (Ball Grid Array), c'est en fait pratiquement impossible. Comment les tester malgré cela ?

Une méthode très usitée est le **test fonctionnel**. Des routines de test logiciel permettent d'examiner la fonctionnalité de la carte. Une condition importante ici est que le noyau du circuit fonctionne, faute de quoi on ne peut pas passer au stade du test de fonctionnalité. Le diagnostic des erreurs est difficile lors du test fonctionnel. Le test peut par exemple indiquer qu'il y a une erreur dans la partie mémoire, mais on ne sait pas quelle broche la provoque. On peut aussi opter pour le **test structurel**.

De l'instant où les composants d'une carte sont correctement reliés les uns aux autres, le circuit doit fonctionner, à moins qu'il y ait une erreur dans la conception. On suppose ici que les composants utilisés sont en bon état. En d'autres termes, il s'agit de montrer qu'ils sont soudés correctement. La façon la plus simple de le faire est

d'effectuer avec un multimètre un test de continuité entre tous les composants (voir **figure 1**).

Le gros avantage d'un tel test structurel est qu'il signale la position exacte du problème. Une broche mal soudée ou en court-circuit avec une autre se révèle immédiatement. Pour obtenir une grande couverture du test et pouvoir poser un diagnostic solide, il faut tester un grand nombre de points. On prévoit souvent pour cela des points tests sur la carte. Toutefois les points tests sont coûteux et occupent de la place.

Un problème se pose tout de suite dans les projets modernes à forte densité. Il n'y a pas de place pour les pointes de touche sur une carte multicouches avec des composants à pas fin ou à BGA. Pire encore, les pointes de touche peuvent facilement créer un court-circuit entre les broches (**figure 2**).

C'est pour résoudre ce problème que la technique Boundary-scan (Bscan) a été développée dans les années quatre-vingt.

### L'architecture Boundary-scan

Prenons comme exemple un microcontrôleur. Le silicium intègre, en plus du noyau qui remplit les fonctions propres de la puce, le matériel supplémentaire nécessaire pour le Bscan. Ce matériel se compose entre autres des registres Bypass, Instruction et Boundary-scan, en plus d'un contrôleur. Le registre Bscan (BSR) est formé de cellules transparentes situées entre le noyau et les broches. Des

broches supplémentaires sont ajoutées : TDI (Test Data In), TDO (Test data out), TCK (Test Clock), TMS (Test Mode Select) et facultativement TRST (Test Reset), voir la **figure 3**.

Les bits peuvent entrer par TDI et sortir par TDO au rythme de l'horloge TCK. Le chemin suivi par ces bits est déterminé par TMS et l'entrée d'une instruction spécifique dans le contrôleur. Il existe des instructions pour insérer dans le chemin TDI -> TDO les registres Bypass, Instruction ou BSR. Les broches TI, TDO, TMS, TCK et TRST constituent le Test Access Port (TAP), connu sous le nom d'interface JTAG. Un grand nombre de composants disposent déjà de cette interface et sont prévus en standard pour l'application de Bscan.

### Comment fonctionne le Boundary-scan ?

En insérant le registre BSR dans le chemin TDI -> TDO, on peut injecter une séquence arbitraire de bits dans les cellules Bscan. Au moyen d'une instruction Update, les données qui se trouvent dans le BSR sont reportées sur les broches de connexion.

Dans le sens opposé, une instruction Capture transfère dans le BSR les données présentes sur les broches de connexion. Ensuite le contenu du BSR peut être poussé vers l'extérieur par TDO. Ces deux actions de « lecture » et « écriture » sont utilisées pour tester les liaisons entre les composants.

### Exemple 1

La liaison entre la broche TDO d'une puce Bscan et la broche TDI d'une autre établit une chaîne Bscan. Une synchronisation correcte est assurée par une connexion directe de chaque puce aux signaux TCK et TMS du TAP (**figure 4**). En principe la chaîne peut comporter un nombre illimité de composants Bscan. Pour des raisons pratiques, ce nombre est limité le plus souvent à une dizaine de composants Bscan.

La figure 4 suppose une chaîne de deux composants Bscan, un microcontrôleur et un FPGA. Cette chaîne est constituée par les cellules Bscan de IC1 plus celles de IC2. Selon le schéma, les deux circuits intégrés sont reliés par les lignes Net\_1 à Net\_5. Le but est maintenant de vérifier si c'est vrai sur la carte aussi. En d'autres termes : nous devons vérifier si les broches de IC1 et IC2 sont bien soudées et s'il n'y a ni coupure ni court-circuit.

Derrière chacune des broches qui sont reliées par les lignes Net\_1 à Net\_5 se trouve une cellule Bscan. Ces cellules sont utilisées pour le test des connexions. La première étape consiste à placer la chaîne combinée dans le chemin TDI->TDO. Ensuite on pousse dans le BSR via TDI un vecteur qui contient des « 1 » logiques dans les cellules Bscan qui appartiennent aux lignes Net\_1 à Net\_5. Attention, l'état des broches n'est pas affecté pendant le décalage. C'est seulement au moment d'une instruction Update que les données qui se trouvent dans les cellules Bscan sont placées sur les broches de sortie. Maintenant le vecteur « 11111 » se trouve sur les Net\_1 à Net\_5 (**figure 5**).

Ensuite par une instruction Capture on saisit le vecteur qui se trouve sur Net\_1 à Net\_5 dans les cellules Bscan correspondantes de IC2 (**figure 6**).

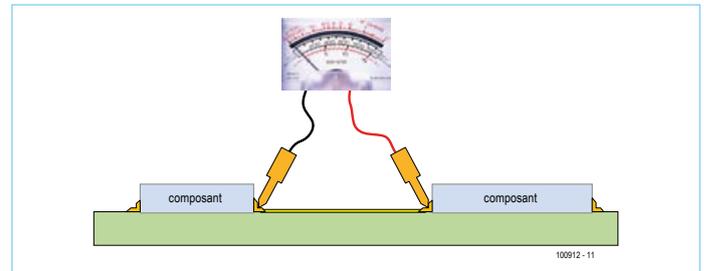


Figure 1 – La méthode la plus simple pour vérifier si tous les composants sont reliés correctement entre eux est le test de continuité au multimètre.

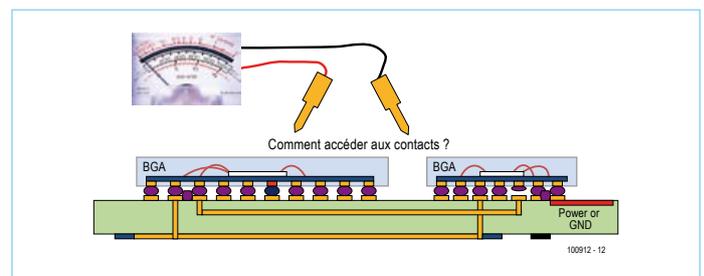


Figure 2 – Sur une carte multicouche avec des composants à pas fin ou à BGA, il n'y a pas de place pour les pointes de touche.

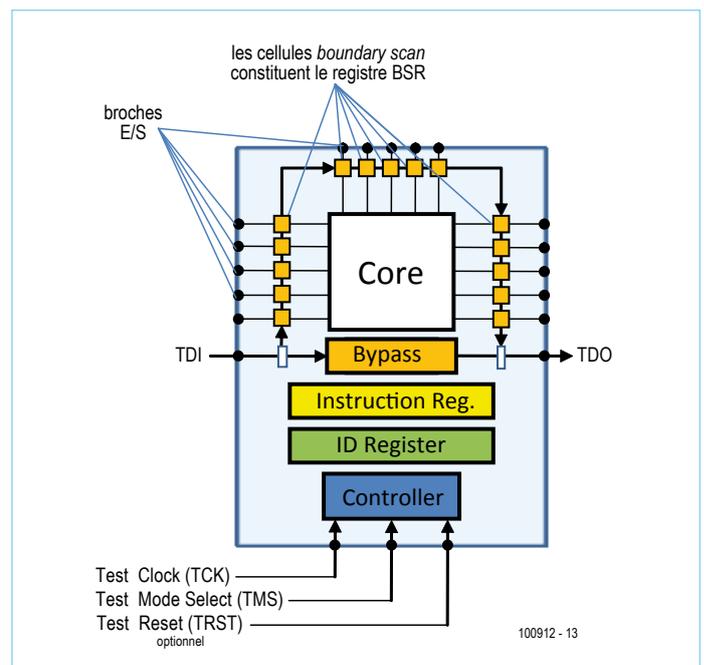


Figure 3 – Une puce Bscan contient du matériel supplémentaire. Il est constitué entre autres des registres Bypass, Instruction et Boundary-scan et d'un contrôleur.

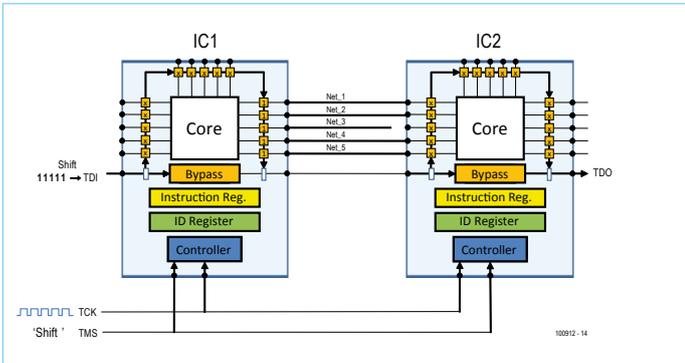


Figure 4 – Deux composants Bscan sont reliés entre eux, un µC et un FPGA.

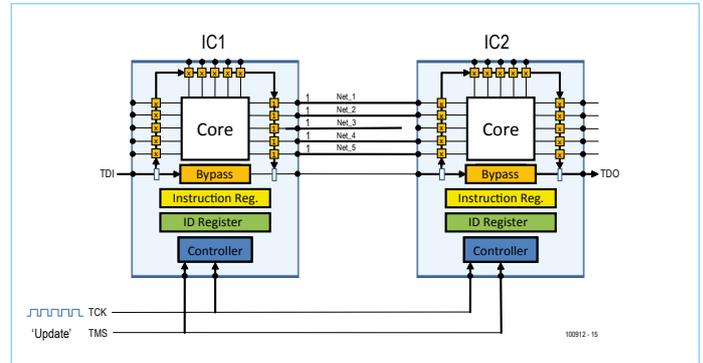


Figure 5 – Le vecteur « 11111 » est affecté aux lignes Net\_1 à Net\_5.

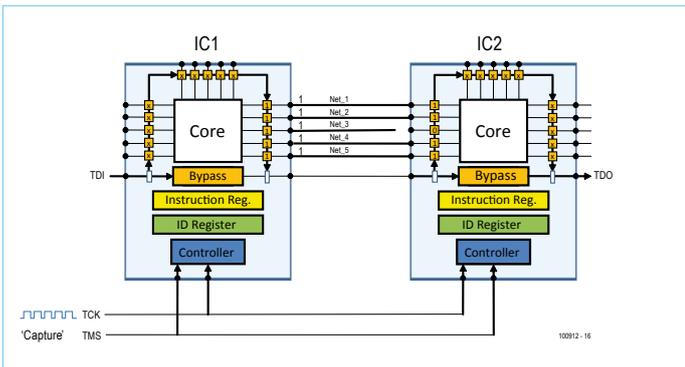


Figure 6 – Le vecteur présent Net\_1 à Net\_5 est saisi dans les cellules Bscan correspondantes de IC2.

Après l’acquisition du vecteur, le contenu entier du BSR est poussé vers l’extérieur. Un logiciel permet de comparer le vecteur acquis au vecteur attendu. Ce dernier doit être « 11111 », le vecteur lu se révèle en fait « 11011 ». Le bit lu pour Net\_3 est 0, alors qu’on attendait un 1. Cela signale un problème sur la ligne Net\_1. Par le biais d’un certain nombre de vecteurs judicieux, on peut diagnostiquer qu’une coupure se trouve sous la broche de IC2. On est en mesure ainsi de repérer les liaisons ouvertes, les courts-circuits des lignes entre elles et avec Vcc et la masse. On envisage dans l’exemple cinq lignes seulement, mais dans la pratique on peut tester rapidement de cette manière quelques dizaines à quelques centaines de liaisons. Cet exemple explique comment sont testées les liaisons entre composants Bscan. Il est important de remarquer dans ce cadre que la méthode fonctionne avec des composants conformes à la norme IEEE 119.1 Boundary-scan (Bscan compliant). Une carte moyenne contient, en plus d’une ou plusieurs puces conformes au Bscan, un grand nombre d’autres composants tels que résistances, mémoires, flash, E/S, connecteurs, etc. Ici aussi le Bscan peut s’appliquer.

**Exemple 2**

La figure 7 représente une carte avec µC, FPGA, RAM, mémoire flash et E/S. Seuls le µC et les FPGA sont conformes au Bscan. Pour la clarté, la chaîne Bscan est symbolisée par un trait gras dans les composants. La chaîne Bscan accède directement aux broches d’E/S du µC et du FPGA, et par là au bus avec les lignes de données, adresses et commandes. L’interface JTAG donne ainsi un accès direct aux broches de la mémoire RAM par exemple.

Pour vérifier si la mémoire RAM est connectée correctement, on pousse dans le BSR des séquences de données spéciales par l’interface JTAG. Ces séquences de données sont composées de bits d’adresses, données et commandes. Par un choix judicieux des séquences envoyées, des données sont écrites et relues dans la mémoire. À l’aide des résultats, on peut déduire si une broche de la mémoire n’est pas connectée correctement, et laquelle. Il est possible aussi d’une manière similaire de programmer la mémoire flash. Les données à écrire dans la mémoire flash sont intégrées dans les séquences poussées dans le BSR. Pour le test des E/S et des connecteurs, on recourt à un module Bscan externe avec un grand nombre de broches d’entrées-sorties. Ces broches sont reliées aux connecteurs de la carte. Le BSR du module E/S est mis en série avec la chaîne de la carte (figure 8). Ainsi le Bscan a un accès complet aux connecteurs et au bloc E/S de la carte, et tous peuvent être inclus dans le test. Après que la carte a été testée pour d’éventuels défauts de fabrication, l’interface JTAG sert à charger le logiciel dans la mémoire flash du microcontrôleur et à configurer le FPGA.

**Conclusion**

Le Boundary-scan se prête parfaitement au test et à la programmation in situ des cartes numériques. Il peut être utilisé aussi en combinaison avec des composants non conformes Bscan. Grâce au fait que de nombreux projets mettent en œuvre dès le départ des µC et FPGA conformes Bscan, le nombre de points tests peut être fortement réduit. De ce fait, les adaptateurs de test coûteux deviennent

## Répertoire des annonceurs

BETA LAYOUT	www.pcb-pool.com	27
EUROCIRCUITS	www.eurocircuits.fr	67
HAMEG	www.hameg.com	55
JACKALTAC	www.jackaltac.com	13
L'IMPULSION	www.limpulsion.com	55
LEXTRONIC	www.lextronic.fr	2
LINEAR AUDIO	www.linearaudio.net	55
MIKROELEKTRONIKA	www.mikroe.com	29
NATIONAL INSTRUMENTS	www.ni.days.fr	23
NXP PRODUCT	www.nxp.com/microcontrollers	33
RF HYPER	www.rfhyper.com	39

### Réservation d'espaces publicitaires

Réservez dès aujourd'hui votre espace publicitaire dans le magazine Elektor du mois de Juin 2011 !  
Date limite de réservation : le 19 Avril 2011

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

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

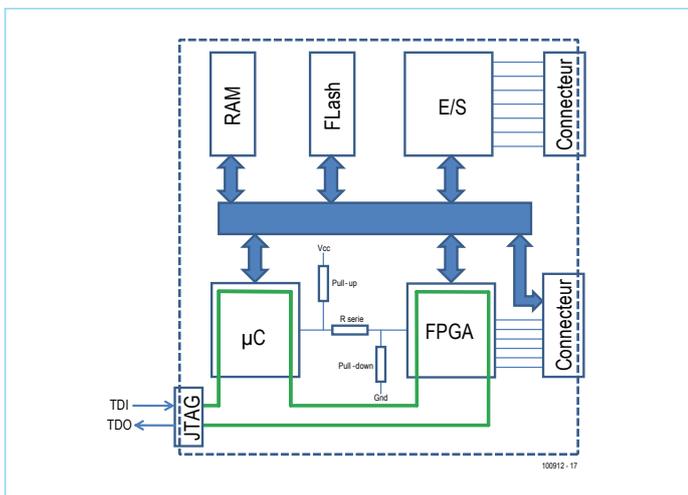


Figure 7 – On considère ici une carte portant µC, FPGA, RAM, mémoire flash et E/S. Seuls le µC et le FPGA sont conformes Bscan.

inutiles ou peuvent être grandement simplifiés. Un bon diagnostic permet de détecter rapidement un problème. Beaucoup d'entreprises de conception et de fabrication reconnaissent ces avantages et appliquent le Boundary-scan avec succès.

(100912, trad. Brodier)

### Liens internet

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

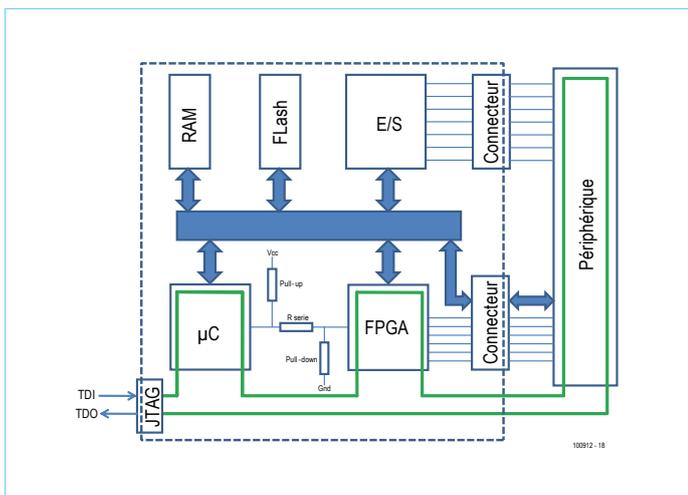
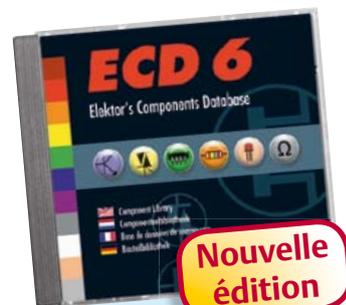


Figure 8 – Pour le test des E/S et des connecteurs, on a recours ici à un module Bscan externe avec un grand nombre de broches d'entrées-sorties. Ces broches sont reliées au connecteur de la carte.

## ECD 6

Base de composants  
d'ELEKTOR



ISBN 978-90-5381-258-7  
29,50 € • 40,20 FS

Cet ensemble consiste en une quadruple banque de données (circuits intégrés, transistors, diodes et optocoupleurs) complétée par neuf applications satellites, au nombre desquelles on trouvera notamment de quoi calculer la valeur de la résistance associée à une diode zener, à un régulateur, à un diviseur, ou un multivibrateur astable, mais aussi le code de couleur de la résistance et de l'inductance.

Avec ce CD-ROM, vous disposez donc de données fiables sur plus de 7.800 circuits entiers ; plus de 35.600 transistors, FET, thyristors et triacs ; environ 25.000 diodes et plus de 1.800 optocoupleurs.

Le clou, c'est que vous allez pouvoir rajouter dans la base de données ce qui y manque encore, car elle est interactive ! Ainsi chaque utilisateur pourra lui-même rajouter des composants, en modifier les caractéristiques déjà enregistrées ou les compléter.

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

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

# Filtres coupe-bande pour fréquences intermédiaires

## Efficaces et sélectifs

Michael A. Shustov (Russie)

Dans les radios conçues pour les communications sur longue distance, un filtre coupe-bande sert à supprimer, ou au moins à nettoyer, les bruits, sifflements, bourdonnements, interférences, pialements, moulinettes à caviar et autres dégradations du signal utile. Nous présentons ici deux filtres coupe-bande simples pour fréquences intermédiaires (FI).



Les filtres coupe-bande, aussi appelés filtres *notch* (à encoche), doivent évidemment être suffisamment sélectifs pour ne pas affecter le signal utile ; cette situation idéale est toutefois rare.

Dit sans craindre le jargon, il faut donc rester très attentif à l'accord du filtre coupe-bande, à la largeur de bande et à la raideur de la réponse en fréquence. On rencontre les filtres coupe-bande

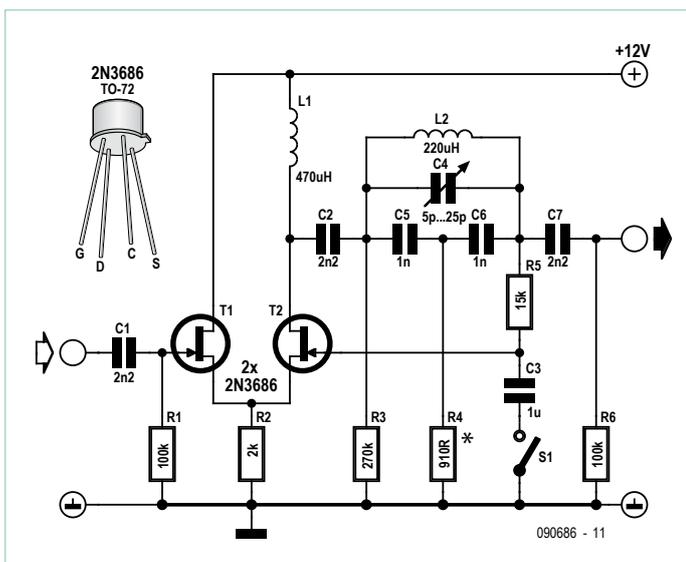


Figure 1. Filtre LC « en cloche » pour fréquence intermédiaire de 500 kHz. Jouez sur la valeur de R4 pour en régler l'efficacité. S1 « neutralise » le filtre et C4 sert à son accord précis.

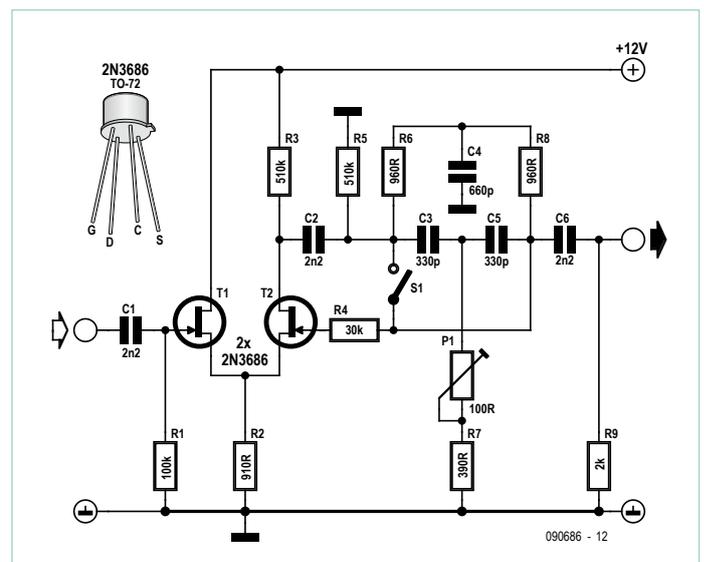


Figure 2. Le réseau RC sur le parcours de la contre-réaction positive permet d'obtenir une vraie réjection de bande.

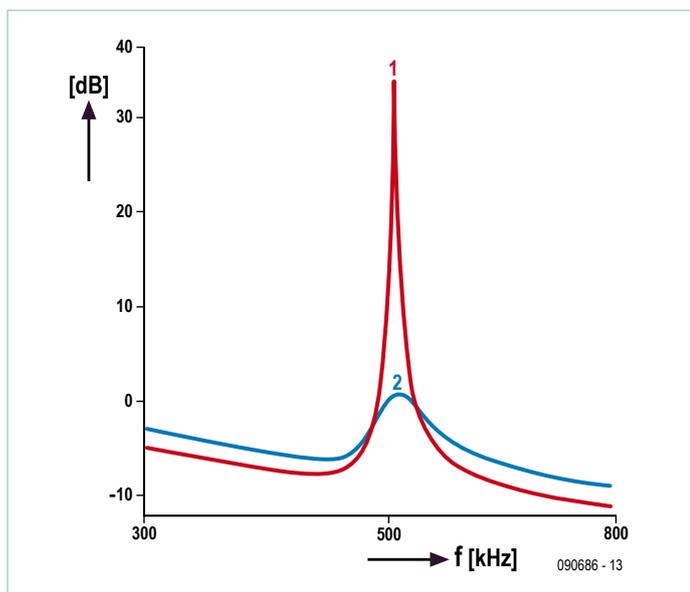


Figure 3. Réponse en fréquence du filtre LC (courbe 1 : S1 ouvert, courbe 2 : S1 fermé).

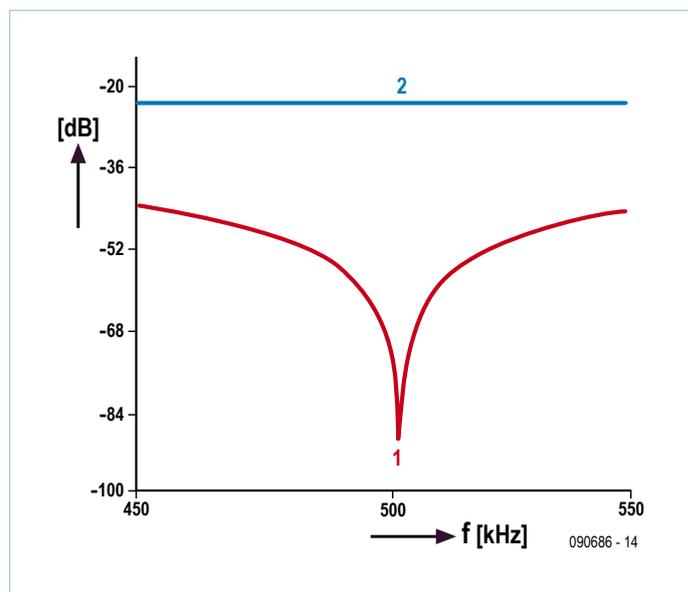


Figure 4. Réponse en fréquence du filtre RC (courbe 1 : S1 ouvert, courbe 2 : S1 fermé).

dans les domaines RF (antenne), FI (fréquences intermédiaires ; typiquement 10,7 MHz, 9 MHz, 500 kHz ou 455 kHz) ou AF (audiofréquences, qui ont maintenant leur place dans les DSP). Un bon opérateur radio saura jongler avec ses filtres en RF, IF et AF (si disponibles) et éviter tous les types d'interférences susceptibles de brouiller le signal qu'il cherche à entendre, décoder ou traiter. Une oreille entraînée et un grand savoir-faire sont nécessaires pour adapter en permanence ces filtres aux rapides changements des motifs de bruit, aux interférences dues au trafic sur un canal, ou encore aux brouillages des stations locales.

Même si techniquement parlant il ne s'agit pas d'un coupe-bande, un filtre passe-bande à pente très raide a les mêmes effets qu'un coupe-bande sur les faibles signaux des émissions à ondes entretenues ou à bande latérale unique (BLU) – en « zoomant » sur le signal utile affecté par le bruit, au lieu de supprimer les composantes individuelles du bruit.

### L, C, R et FET, ou la lutte antibruit

Les filtres coupe-bande décrits ici sont du type LC et RC et peuvent traiter les fréquences intermédiaires (FI) d'un récepteur radio. Leur fonctionnement est semblable, mais le circuit de la **figure 1** est un filtre à coupure brusque ajusté au signal utile, et celui de la **figure 2** est un coupe-bande supprimant les composantes sélectionnées du bruit. Les deux incluent une commande on/off et un contrôle du « pic ». Pour ce qui est de la détermination de fréquence, ils sont conçus pour fonctionner

à 502,7 kHz (500 kHz de FI + 2,7 kHz de bande latérale). Les filtres sont composés d'une source suivieuse T1 en entrée et d'un étage amplificateur T2 doté d'une certaine contre-réaction positive. Leur fréquence de fonctionnement est définie par les réseaux LC (**fig. 1**) ou RC (**fig. 2**) situés sur le parcours de la contre-réaction. L'intensité de la contre-réaction et avec elle l'efficacité des filtres est déterminée par le choix de R4 dans le circuit LC (**fig. 1**), ou par le réglage de P1 dans le circuit RC (**fig. 2**). L'accord précis de la fréquence de réjection du filtre LC se fait par le potentiomètre C4. À sa place, vous pouvez utiliser une diode à capacité variable de 25 pF. Le bouton S1 active ou « neutralise » les filtres.

### Performance

La **figure 3** montre que le filtre LC donne une réponse « inversée », à pente raide et avec un pic à 37 dB. En fermant S1, le signal FI est transmis sans action du filtre et avec une atténuation minimale. Comparé au filtre LC, la variante RC permet une suppression efficace et sélective des signaux d'interférence dans la bande passante FI (fig. 4). À une fréquence de réjection de 504,0 kHz, et selon l'accord du filtre, la suppression du bruit peut atteindre de 83 à 90 dB, avec une atténuation totale d'environ 40 dB pour l'ensemble des autres signaux. Lorsque S1 est fermé, le filtre est désactivé et l'atténuation totale est d'environ 22 dB.

Puisque nous traitons un signal FI de 500 kHz, il devrait être aisé de revenir au niveau d'origine en ajoutant un étage de gain.

(090686)

# Altimètre pour microfusée

## Aller plus haut !

Anthony le Cren (France)

Connaitre l'altitude est souvent difficile lorsqu'il s'agit de microfusée ou de modèles réduits. En effet, le principal problème est le poids du système électronique embarqué qui doit être le plus faible possible. Cet altimètre monté en CMS est aussi léger qu'une lettre (16 g) et il possède un enregistreur de données qui permet d'enregistrer la pression atmosphérique toutes les 25 ms jusqu'à 16 384 valeurs. Une fois le vol terminé, les données sont récupérées par une connexion série sur un ordinateur et affichées dans un tableur. Celui-ci effectue la conversion de la pression en mètres et trace la trajectoire de la fusée.



### Caractéristiques techniques

- Entièrement en CMS
- PIC16F88, programmé en Flowcode V4
- Utilisation de Tiny PIC Bootloader [2]
- Convertisseur A/N à 16 bits I<sup>2</sup>C ADS1100
- Mémoire EEPROM I<sup>2</sup>C 32 ko pour 5 min environ d'enregistrement
- Capteur de pression MPXH6115A6U
- Alimenté par pile 12 V
- Poids : 16 à 20 g

L'ensemble s'articule autour d'un capteur de pression MPXH6115A6U de Freescale. La tension analogique de sortie du capteur est convertie en une valeur numérique de 16 bits grâce au convertisseur analogique numérique (CAN) sigma delta ADS1100 de Texas Instruments. Ce composant à 6 broches possède un bus I<sup>2</sup>C ce qui permet de réduire considérablement l'encombrement sur le circuit imprimé. Un microcontrôleur PIC16F88 gère l'acquisition des valeurs numériques de la pression et les enregistre dans une mémoire EEPROM I<sup>2</sup>C 24LC256. Le schéma est présenté dans la **figure 1**. Les quatre LED servent à vérifier le bon fonctionnement de l'altimètre entre la phase d'acquisition et de lecture des don-

nées avec l'ordinateur.

L'alimentation est fournie par une pile alcaline 12 V/50 mAh P23GA de faible encombrement. La consommation moyenne de l'altimètre est de 12 mA ce qui lui donne une autonomie d'environ quatre heures. La durée d'un vol étant de quelques minutes, cela ne pose aucun problème. Dans le cas d'un vol prolongé, il peut être envisagé de placer deux piles en parallèle. Le régulateur IC2 78L05 en boîtier SOT89 est vital, car il assure une régulation 5 V nécessaire à l'alimentation de tous les circuits intégrés. Ne pas négliger le découplage avec les condensateurs C1 et C2 autour du régulateur. Il n'y a pas d'interrupteur, un cavalier suffit, toujours pour la contrainte de légèreté.

Le capteur de pression absolu MPX-H6115A6U (**figure 2**) a une sensibilité de 45,9 mV/kPa. La caractéristique sur la **figure 3** montre la relation mathématique entre la tension de sortie du capteur et la pression. On constate une phase linéaire entre 15 et 115 kPa. Ne pas confondre  $V_{out}$  qui est la tension de sortie du capteur et  $V_s$  (supply), l'alimentation de 5 V.

L'expression de la pression (kilopascal, kPa) en fonction de la tension devient :

$$P_{kPa} = \frac{V_{out} + V_s \times 0,095}{V_s \times 0,009}$$

Le CAN (**figure 4a**) possède déjà tout ce qu'il faut en interne : horloge, amplificateur programmable, tension de référence, interface I<sup>2</sup>C. Aucun composant externe n'est nécessaire. Seules les résistances de rappel R2, R3 du bus I<sup>2</sup>C sont présentes ainsi qu'un condensateur de découplage. Ici l'extension A0 de la référence du composant (ADS1100-A0) correspond aux trois bits de poids faible de l'adresse I<sup>2</sup>C, qui est 1001000 dans ce cas. La configuration des registres internes par défaut sera utilisée : Gain = 1, 15SPS : échantillons par seconde (*samples per seconds*, **tableau 1**) ce qui offre une conversion en 15 bits étant donné que la tension convertie est constamment positive.

La formule qui permet de connaître la tension d'entrée en fonction de la valeur numérique N est :

$$V_{out} = \frac{N}{32768} \times V_s$$

En utilisant les deux relations précédentes, on obtient l'équation de la pression en fonction de la valeur numérique.

$$P_{kPa} = \frac{N \times V_s + V_s \times 0,095 \times 32768}{V_s \times 0,009 \times 32768}$$

En éliminant  $V_s$  l'équation devient pour une pression en **décipascal** (dPa) :

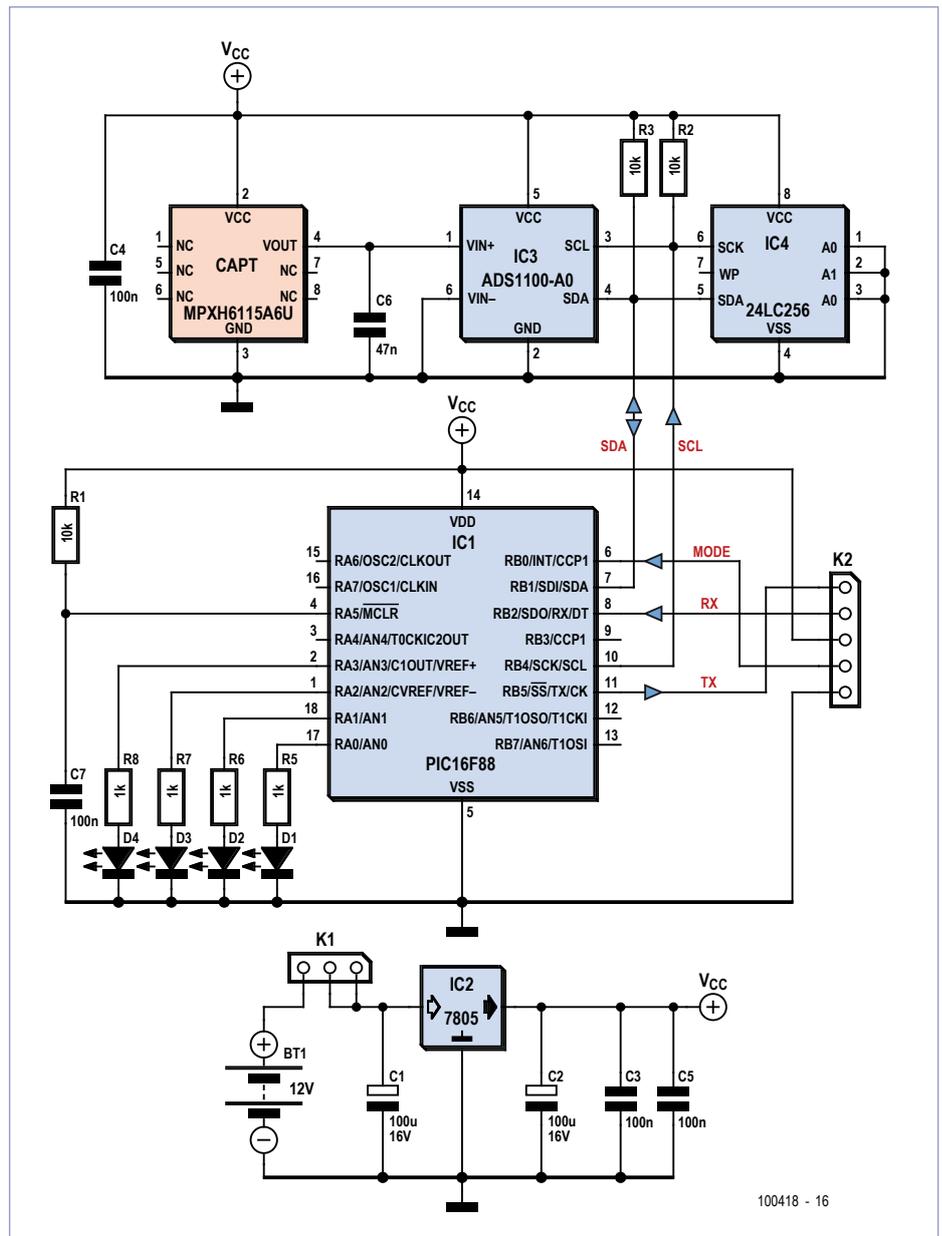


Figure 1. Schéma de l'altimètre.

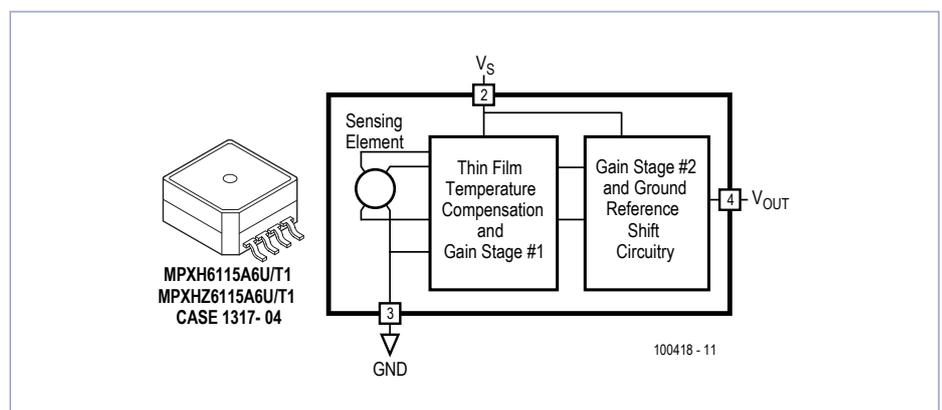


Figure 2. Synoptique et orientation du capteur de pression.

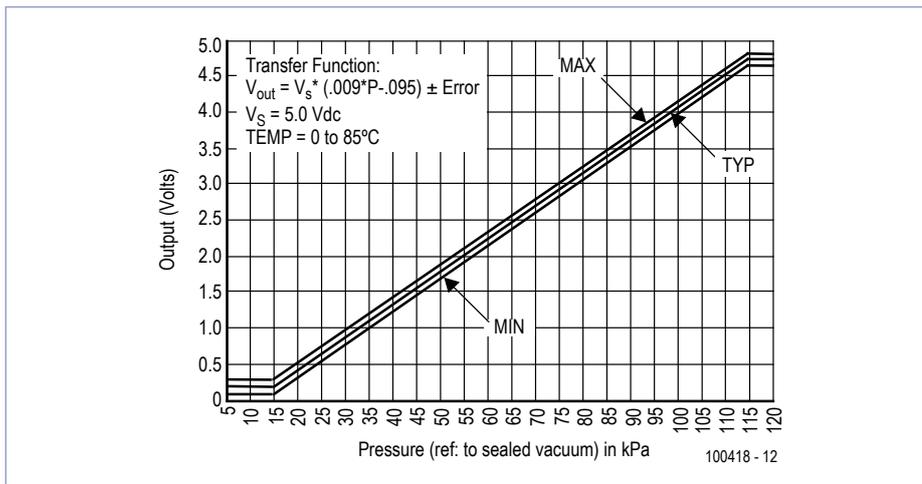


Figure 3. La relation entre la tension de sortie du capteur et la pression atmosphérique.

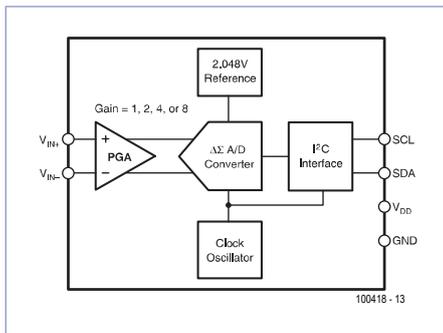


Figure 4a. Synoptique du convertisseur analogique numérique.

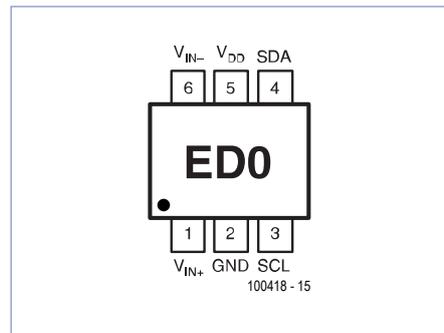


Figure 4b. Utilisez une loupe pour localiser la broche 1.

$$P_{dPa} = \frac{N + 3113}{295} \times 100$$

C'est cette équation qui sera utilisée pour le logiciel du microcontrôleur de l'altimètre. Aucun étalonnage n'a été effectué puisque c'est un écart de pression qui nous intéresse et non la pression absolue. Cependant, il est possible de modifier l'équation en ayant un baromètre de référence à disposition.

Le microcontrôleur PIC16F88 IC1 est cadencé par son horloge interne de 8 MHz, il n'y a donc pas de quartz externe. Il gère principalement le bus I²C entre la lecture des valeurs de pression et l'écriture dans l'EEPROM IC4. On remarque la liaison série sur les connecteurs K2 et K3 permettant de récupérer les données stockées dans la mémoire, ainsi qu'un cavalier de configuration (Mode)

À la mise sous tension, un test du niveau logique de RBO est effectué afin de

Tableau 1. Configuration du convertisseur A/N ADS1100.			
Échantillons/s (SPS)	Nombre de bits	Code minimum	Code maximum
15	16	-32 768	32 767
30	15	-16 384	16 383
60	14	-8 192	8 191
240	12	-2 048	2 047

connaître le mode de fonctionnement du programme :

- RBO relié aux 5 V : mode Run, acquisition des pressions et stockage en mémoire.
- RBO relié à la masse : mode Lecture, lecture des pressions enregistrées et configuration (dialogue entre l'ordinateur et l'altimètre par la ligne série RS-232).

Pour minimiser le poids du montage, l'interface (composée d'un ICL232, IC5) qui réalise l'adaptation de niveau RS-232 pour l'ordinateur est connectée sur l'altimètre seulement lors de la récupération des données enregistrées dans la mémoire I²C ou la reprogrammation du microcontrôleur (figure 5). L'alimentation de cette carte est fournie par la pile de l'altimètre.

### Réalisation

Attention, il faut programmer le PIC16F88 avec son micrologiciel avant de le souder sur la carte ! (fichier « firmware\_altimetre.hex » disponible sur la page internet de l'article [1].) Utilisez un adaptateur DIL/SOIC pour votre programmeur.



Utilisez un fer à souder avec une panne très fine. Vous avez des composants à souder sur les deux faces du circuit imprimé. Il faudra commencer par implanter tous les composants sur le côté cuivre, IC3 (le CAN) le premier, car il est le plus difficile à souder. Afin d'éviter une inversion, il est préférable de regarder à l'aide d'une loupe le point indiquant la broche 1 du composant (figure 4b). Pour limiter un éventuel dépannage, il est utile de faire un test de non-continuité entre chaque broche, et surtout de vérifier fréquemment qu'il n'y a pas de court circuit entre

le 5 V et la masse. Puis viennent les deux circuits intégrés IC4 et IC1 (attention au sens), le régulateur, les résistances CMS de 1 k $\Omega$  (marquées 102) et de 10 k $\Omega$  (marquées 1002 ou 103) et, pour finir la première face, les condensateurs CMS.

En ce qui concerne la deuxième face (côté composants), commencez par souder le microcontrôleur, les quatre LED et les deux condensateurs. Le sens du capteur de pression est difficile à repérer. Quand on regarde attentivement le capteur, il y a un biseau en bas à gauche indiquant la broche 1 (figure 2).

Il reste maintenant les deux condensateurs de découplage du régulateur et la barrette sécable.

La pile de 12 V ne possède pas de compartiment, il suffit de la souder comme une résistance classique au milieu du circuit imprimé. L'implantation des composants sur la carte RS-232 ne pose aucun problème. On veillera cependant à souder le connecteur

femelle sur le côté cuivre afin de faciliter la connexion entre les deux cartes.

### Logiciel

Le programme est réalisé avec Flowcode V4. Le fichier hex contient le chargeur d'amorçage (*bootloader*) Tiny PIC Bootloader [2]. Celui-ci sera très utile pour reprogrammer le microcontrôleur à votre guise. Pour cela, lancez le logiciel tinyblWin.exe. Sélectionnez le fichier Altimetre.hex, la vitesse de 19200 Bauds, ainsi que le port COM que vous utilisez. Cliquez sur Write-Flash tout en mettant la carte munie de l'interface RS232 sous tension. L'écriture du programme dans le pic doit s'effectuer immédiatement (figure 6).

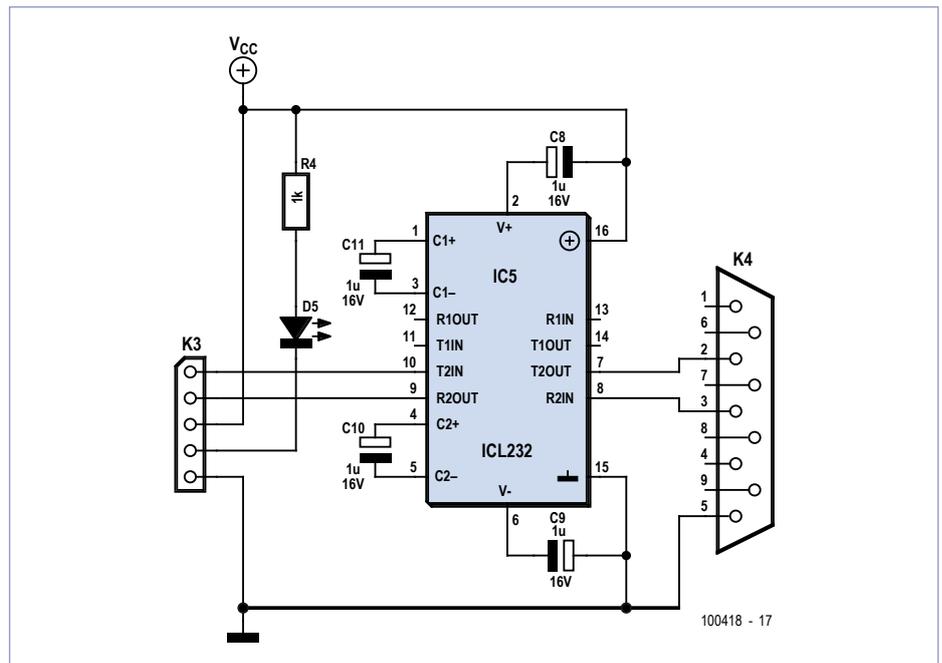
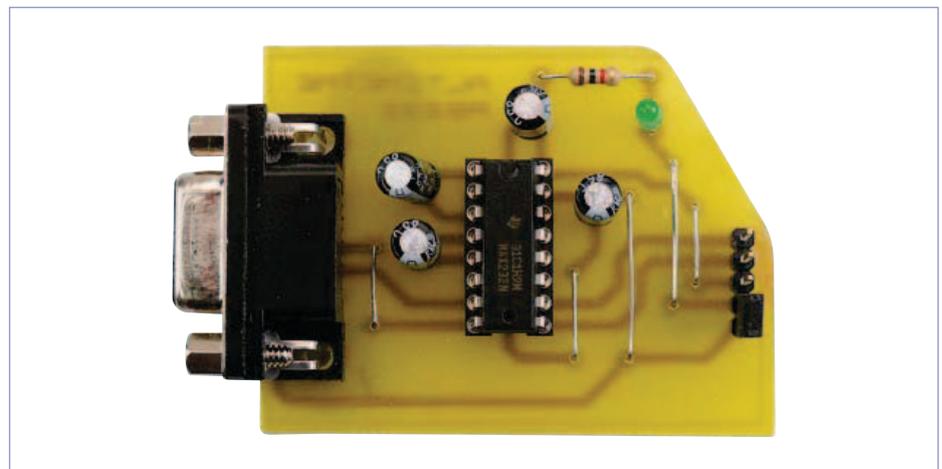
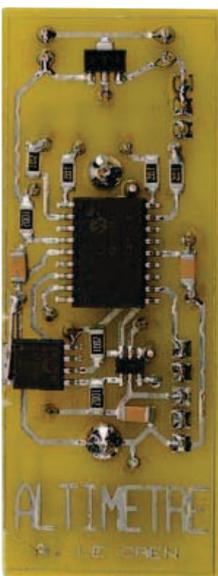


Figure 5. L'interface RS-232 reste toujours au sol et elle a donc sa propre platine.



Après la mise à feu et le décollage de la fusée, l'altitude augmente (si tout va bien) et la pression atmosphérique diminue. Dès que le logiciel détecte un écart de pression assez gros, il lance automatiquement l'acquisition pendant une durée d'un multiple de 3,2 s.

Vous pouvez configurer le seuil de pression qui déclenche l'enregistrement et la durée d'acquisition avec HyperTerminal (figure 7). Dans le mode configuration, la LED D4 reste allumée. Appuyez sur la barre d'espace pour afficher le menu. Sélectionnez le menu configuration, puis saisissez trois chiffres pour la durée d'acquisition (ici 010, soit  $10 \times 3,2 = 32$  s). Procédez ensuite au réglage du seuil de déclenchement entre

1 et 9 dPa, 5 dans la figure correspond à une élévation de 4 m environ (1 dPa = 0,83 m).

### Lancement et exploitation des données

Pour les tests, il est tout à fait possible d'utiliser cet altimètre dans un ballon en mousse, sur un cerf-volant, un modèle réduit d'avion, etc. La seule difficulté sera d'ajuster le seuil de déclenchement en fonction de la situation météorologique. Si le capteur est à l'air libre, le vent peut très bien déclencher l'acquisition sans avoir une élévation de l'altitude. L'astuce consiste à protéger le capteur comme un microphone, avec de la mousse, ou à protéger l'ensemble dans un boîtier. Mais cela augmente le poids global. Une fois l'altimètre configuré et installé



Figure 6. La reprogrammation du microcontrôleur est facile grâce à Tiny PIC Bootloader.

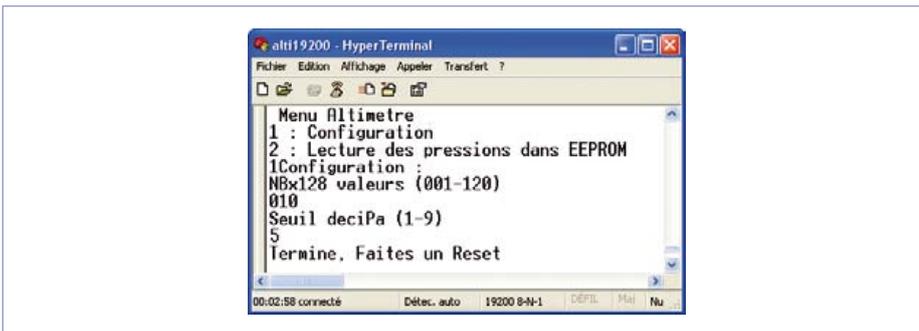


Figure 7. La configuration de l'altimètre à l'aide de HyperTerminal.

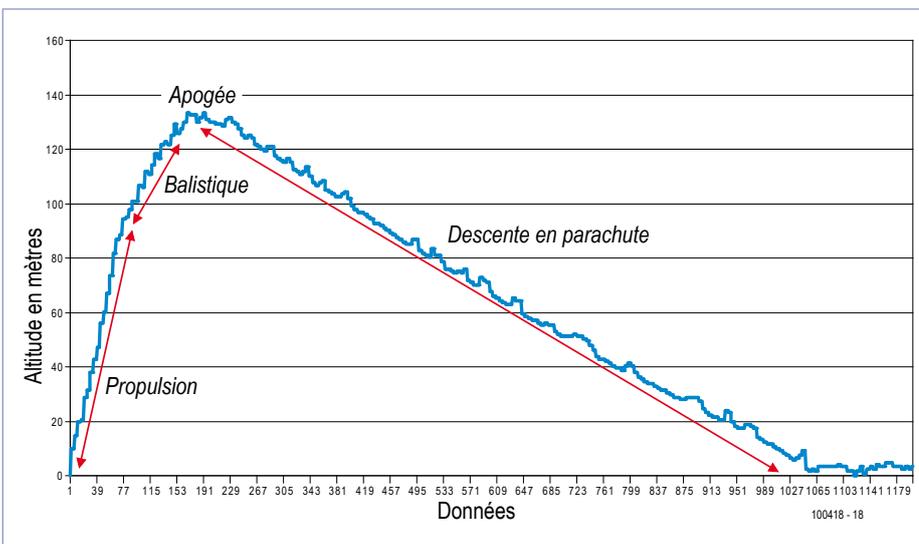


Figure 8. Les valeurs de pression captées pendant le vol transformées en altitudes. On distingue bien les différentes phases du vol.

dans votre engin volant, mettez celui-ci sous tension à l'aide du cavalier K1. La LED D1 s'allume pendant 3 s afin d'effectuer une mesure de la pression au sol qui servira de référence pour le tracé avec le tableur. Ensuite la LED D2 s'allume indiquant que l'altimètre est prêt à déclencher l'acquisition. Si vous tapotez légèrement sur le capteur, vous simulerez une brusque variation de pression et vous verrez que les deux LED D1 et D2 clignotent pendant toute la phase d'acquisition.

Pour récupérer les données avec HyperTerminal, allez dans le menu transfert pour capturer le texte affiché à l'écran avant de lancer la lecture des pressions depuis l'EEPROM.

Ouvrez une nouvelle feuille de calcul avec votre tableur préféré, puis collez les données texte récupérées précédemment. Il ne reste plus qu'à calculer l'altitude à l'aide de la formule ci-dessous et tracer la courbe (figure 8). Un exemple de calcul se trouve dans le fichier « trace.ods » [1]

$$Altitude = \frac{288,15}{0,0065} \times \left( 1 - \left( \frac{P_h}{P_a} \right)^{0,19} \right)$$

avec :

- Ph : pression à l'altitude
- Pa : pression de référence mesurée au sol (première mesure)
- 288,15 : température de l'air en Kelvin

(100418)

## Liens internet

[1] [www.elektor.fr/100418](http://www.elektor.fr/100418)

[2] [www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm](http://www.etc.ugal.ro/cchiculita/software/picbootloader.htm)

## La Réglementation

Tous les appareils électriques doivent être construits de telle manière à ce qu'ils respectent les normes définies par le pays dans lequel ils sont utilisés. Les normes ont pour effet de protéger contre un choc électrique tant lors d'une utilisation dans des conditions normales qu'en cas de panne. Il faut de ce fait que soit exclu tout risque d'entrée en contact avec des pièces de l'appareil véhiculant normalement une tension dangereuse ou pouvant être amenées à en véhiculer une en cas de panne par enrobage ou mise en place de capots voire leur implantation à des endroits inaccessibles. Il est également possible d'opter par une limitation des tensions et courants à des endroits accessibles à dessein voire involontairement par un dispositif de limitation de courant et/ou tension ou par une mise à la terre. L'intensité du courant présentant un danger pour le corps humain varie d'un individu à l'autre et dépend du mode de contact au corps, de la fréquence et de la durée d'application du courant. Il faut prendre les mesures de protection adéquates pour éviter un courant traversant le corps de plus de 30-mA. Les appareils dotés d'une connexion au secteur sont subdivisés en 3-classes d'isolation, les alimentations devant, outre l'isolation de base, être dotées de dispositifs de protection adaptés à la classe d'isolation.

### Classe I

Les appareils de classe-I se caractérisent par le fait que leurs pièces sous tension accessibles qui pourraient devenir, au cas où l'isolation basique s'avérait défectueuse, dangereuses en cas de contact sont reliées à la ligne de masse du secteur (le cas échéant par le biais d'un câble flexible). Ainsi, en cas de défaillance de l'isolation primaire aucune pièce ne peut se mettre à véhiculer de tension. Si l'appareil est doté d'un câble secteur déconnectable, l'embase secteur de l'appareil doit être dotée d'un contact de terre en saillie. Le conducteur de terre (vert/jaune) ne doit jamais servir à une autre fonction que celle de mise à la terre et sa section ne doit pas être inférieure à celle des fils de phase et de neutre (bleu). Outre cela, les appareils de classe-I peuvent être pourvus d'une isolation double ou renforcée. On peut également rencontrer des parties protégées par TBTS (Très Basse Tension de sécurité) ou impédance différentielle (au cas où il a risque de contact avec des pièces sous tension).

### Classe II

Les appareils de classe-II ne comportent pas de connexion de terre. La protection ne repose pas uniquement sur l'isolation de base mais aussi sur des dispositions constructives, à savoir :  
**Enveloppe en matériau isolant** : Toutes les pièces sous tension accessibles sont englobées par un matériau isolant durable. Toutes les pièces conductrices ou non (vis, agrafes, etc.) qui traversent l'enveloppe d'isolation doivent, à l'intérieur de celle-ci, être doublement isolées. Si l'on remplaçait une vis en plastique par sa version métallique, l'isolation serait sinon réduite à néant.  
**Coffret métallique** : Dans ce cas le coffret durable est en métal, l'isolation supplémentaire étant obtenue une isolation interne complète double ou renforcée.  
 Il se peut qu'un appareil combine ces deux variantes.

### Classe III

Les appareils de Classe-III sont alimentés uniquement par le biais de sources de courant à tension de sécurité extrêmement fiables. Les transformateurs locaux alimentant ce type d'appareil doivent comporter une isolation de sécurité selon les normes. Les parties sous tension de service lors du fonctionnement ne doivent pas être en liaison avec la ligne de terre ou quelque autre ligne active d'autres boucles de courant. Les fiches des appareils de classe-III ne doivent pas comporter de contact de terre; il doit de plus, physiquement être impossible de les enficher dans des prises pour tensions plus élevées. Si la tension d'alimentation se situe en-deçà de 25-V en alternatif ou de 60-V en continu, il n'est pas nécessaire de prévoir de protection anti-contact. Les appareils de classe-III où l'on rencontre des tensions supérieures à 50-V CA ou

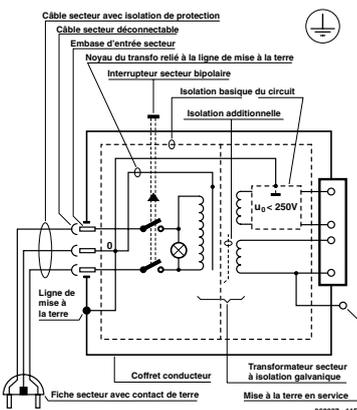


Figure 1. Appareil isolé en classe I.

120-V CC au maximum (valeurs maximale de la classe-III) doivent eux être dotés d'une protection empêchant tout contact direct avec les pièces en question.

## Dans la pratique

### Entrée secteur

Dans la pratique, ces règles de sécurité concernent plus spécifiquement l'utilisation de la tension du secteur de 230-V. La règle numéro-1 est de veiller à concentrer autant que possible les pièces véhiculant la tension du secteur, ce que l'on peut réaliser à l'aide d'une embase secteur de châssis (cf. figure 3). On trouve ce type d'embase avec et sans contact de terre, sur certains modèles à fusible et interrupteur secteur intégré ou encore avec filtre secteur. Si l'on n'utilise pas ce type d'embase le câble secteur doit être doté d'un dispositif anti-arrachement. Sur les appareils de classe-I la ligne de mise à la terre vert-jaune est à connecter directement au niveau de l'entrée du contact PE ce dernier ayant une connexion conductrice avec le coffret et -si possible- avec le noyau du transformateur.



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

### L'interrupteur

L'interrupteur secteur doit avoir une tension de service de 250-V-CA, caractéristique souvent indiquée sur le dos de l'interrupteur à côté du courant de mesure. Il est souvent indiqué (entre parenthèses) la valeur du courant de mesure dans le cas d'une charge inductive ou capacitive. En cas de connexion d'un moteur il faut donc tenir compte de la valeur entre parenthèses. Il faudra se limiter d'utiliser, à proximité de l'alimentation que des composants respectant les normes (interrupteur secteur, porte-fusible, etc.). Tous les interrupteurs secteur devraient être bipolaires. Il existe des exceptions à cette règle (adaptateurs secteur, etc.), qui, dans le cas d'une réalisation personnelle ne permettent que peu de gain en encombrement. Les fusibles et composants des filtres anti-parasitage ne doivent pas être mis hors tension par leur biais, mais peuvent et devraient l'être si possible.

### Câblage

Le câblage interne de parties se trouvant à la tension du secteur requiert un soin particulier. Les lignes actives doivent avoir une section d'au moins 0,75-mm<sup>2</sup>, section fonction du courant nominal de l'appareil. La ligne de terre aura la même section. Pour des raisons de sécurité on préférera le câble secteur à isolation double (H05VV-F) à sa version simple isolation (H05V-F). Les âmes doivent être connectées aux contacts à vis ou à cosses de l'embase secteur. Il ne saurait en aucun cas être question de souder le câble secteur directement à la platine ou lui faire subir quelque effort mécanique que ce soit. Les extrémités de câble devant être vissées à une borne doivent être dotées d'une protection anti-usure sous forme d'enveloppe métallique. Il est hors de question de torsader et de souder le fil car il se peut que l'on ait affaire à une soudure froide. Il faut veiller, dans le cas d'appareils de classe-I, à ce que la ligne de terre soit reliée à toutes les pièces potentiellement conductrices avec lesquelles il y a un risque de contact, et donc aussi aux axes de potentiomètres et radiateurs. Il faut en outre veiller à une ventilation adéquate des différents sous-ensembles électroniques.

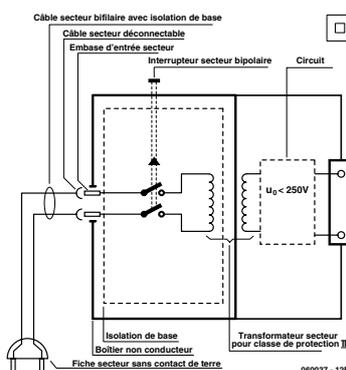


Figure-2. Appareil isolé en classe II.

N'omettez jamais un fusible se trouvant sur le schéma. Dans le cas de réalisations-maison on optera comme courant maximal du fusible retardé au primaire, pour une intensité de courant supérieure de 25% au courant mesuré. S'il faut protéger le secondaire il faudra choisir comme courant pour le fusible rapide (qui sera mi-retardé ou retardé dans le cas de charges inductives ou capacitives) pour l'intensité du courant de fonctionnement de l'appareil.

### Transformateurs

Pour des raisons de sécurité, on optera toujours, pour des réalisations personnelles, pour des transformateurs de sécurité ou des transfo à isolation galvanique. Ces transfo portent le symbole suivant :



Transfo de sécurité protégé contre les courts-circuits



Transfo de séparation non-protégé contre les courts-circuits

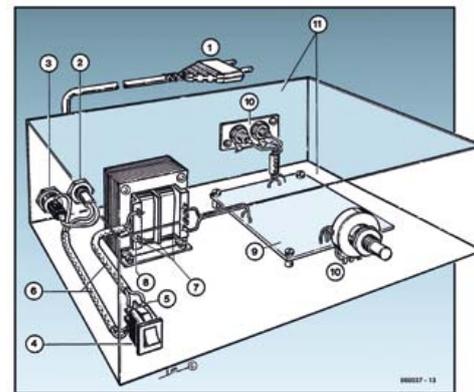
Les transfo prétendus protégés contre les courts-circuits comportent une protection en température intégrée (limitation en température) ou doivent être protégés à l'aide d'un fusible calibré.

Les transfo non-protégés contre les courts-circuits doivent, en fonction des données du fabricant, être protégés soit en entrée soit en sortie. Lors du câblage côté entrée (côté secteur) d'un transformateur il faut effectuer une fixation supplémentaire des lignes actives de manière à ce qu'elles ne puissent jamais entrer en contact avec la partie secondaire (voir large quant aux écartements de sécurité >1-cm). Ne pas utiliser d'autotransformateur pour l'alimentation d'appareil vu qu'ils ne possèdent pas d'isolation galvanique entre le côté «-entrée-» et le côté «-sortie-».

En fonction de leur construction, les transformateurs se laissent catégoriser dans les classes de sécurité-I à III, ce qui simplifie la réalisation d'appareils.

## Vérifier, mesurer et tester

Il faut, à intervalle régulier fonction de la fréquence d'utilisation, vérifier le niveau de sécurité des appareils électriques. Citons au nombre de ces vérifications la continuité du système de mise à la terre (courant de test de 25-A, résistance de boucle >0,1-Ω) mais aussi l'état et la fixation du câblage interne. Lors d'une intervention sur un appareil à des fins de mesure, de test ou de réparation il faut prendre des mesures de sécurité spéciales. On alimente l'appareil par le biais d'un autotransformateur (variac). On ne connecte jamais qu'un seul appareil (16-A max.) à un variac. Tout emplacement de travail doit être doté d'un interrupteur de sécurité de personne. Un interrupteur-disjoncteur activé à un courant de fuite de 30-mA constitue une sécurité suffisante.

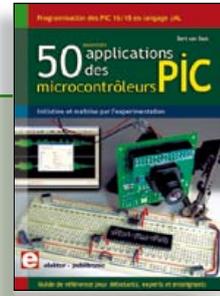


### Exemple d'appareil de classe-II

1. Câble secteur à prise moulée bipolaire
2. Dispositif anti-arrachement
3. Porte-fusible
4. Interrupteur secteur bipolaire (normé pour classe-II)
5. Connexion à l'interrupteur secteur par cosse et dispositif anti-arrachement
6. Câble secteur à double isolation
7. Écart entre bornes du primaire vers le corps du transformateur ou autres pièces de 6-mm au minimum (pour tension au secondaire <250-V)
8. Câble de section cuivre minimale de 0,75-mm<sup>2</sup> pour intensité <6-A
9. Fixation solide de la platine au fond du coffret avec respect d'un écart suffisant (>6-mm, compte tenu des picots et de la flexion)
10. Les pièces pouvant être touchées (axes de potentiomètre, embases) peuvent être mises en contact galvanique avec le coffret
11. Boîtier plastique. Dans le cas de boîtiers métalliques, une double isolation des boucles du primaire et du secondaire est nécessaire

# Morceaux choisis

La bibliothèque des passionnés d'électronique



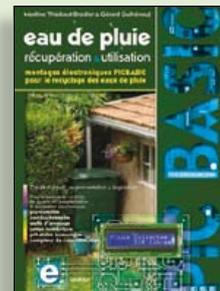
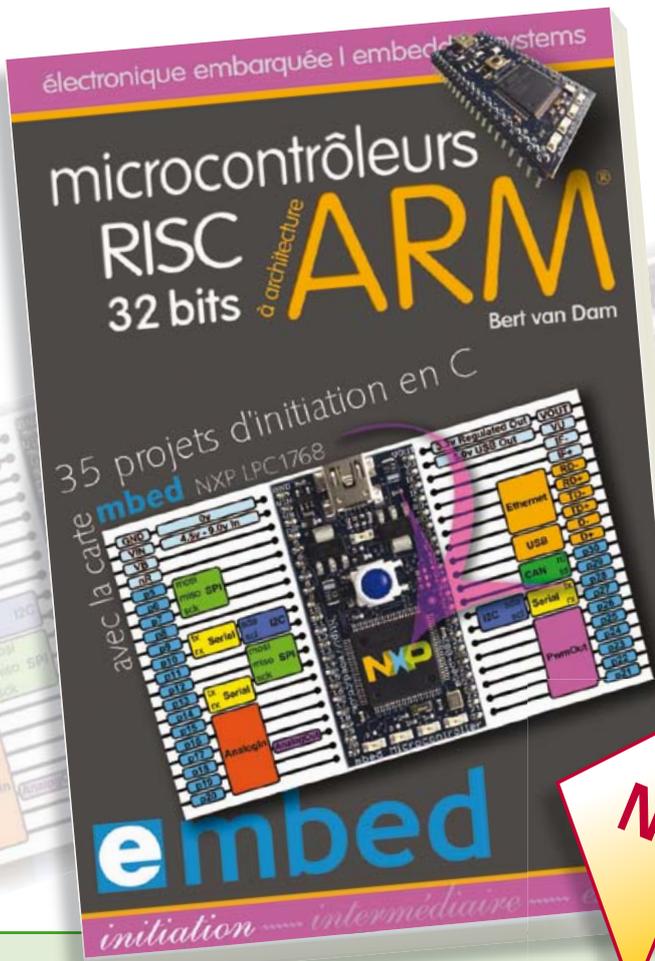
Initiation et maîtrise par l'expérimentation

## 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 €



Les microcontrôleurs au service de l'écologie

## Eau de pluie

Cet ouvrage aborde le thème de l'eau sous ses aspects quantitatif (cycle de l'eau, précipitations, prix) et qualitatif (traitement de l'eau potable, assainissement des eaux usées). Il détaille ensuite les différents éléments d'une installation de récupération des eaux de pluie : système aérien, cuve enterrée, pompe, filtres... Récupération et utilisation des eaux de pluie ne sont autorisées que sous certaines conditions et pour certains usages.

160 pages • ISBN 978-2-86661-176-7 • 27,50 €

livres

35 projets d'initiation en C avec la carte mbed NXP LPC 1768

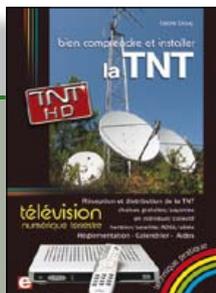
## Microcontrôleurs RISC 32 bits à architecture ARM

Peu importe que vous débutiez avec les ARM, les contrôleurs en général ou même avec le langage C, les projets de ce livre conviennent aussi aux débutants. Il ne sont pas simplistes, mais faciles à comprendre. Vous utiliserez même la communication USB, sujet a priori complexe mais que la carte mbed rend si facile à comprendre qu'il avait sa place ici.

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 et de servomoteurs, d'interrupteurs et même de LED bleues !

232 pages • 17 x 23,5 cm • ISBN 978-2-86661-178-1 • 39,50 €

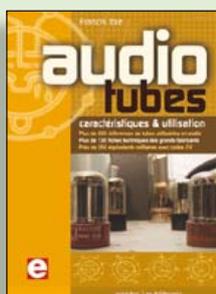


Télévision Numérique Terrestre : y voir clair !

## Bien comprendre et installer la TNT

Le compte à rebours est lancé, la TV analogique va disparaître. Place au numérique ! À la place des 6 chaînes analogiques actuelles, nous recevrons 19 chaînes numériques gratuites. Avec ce livre vous saurez tout sur le déploiement de la TNT : calendrier pour la simple définition (SD) et la haute définition (HD), chaînes payantes et gratuites etc. Que vous habitiez un pavillon ou que vous soyez membre du conseil syndical de votre immeuble, vous devrez choisir un mode de réception de la TNT, et éventuellement effectuer des travaux, ou bien les commander auprès d'un antenneur. Peut-on garder la vieille antenne râteau ? Faut-il modifier son orientation ? La remplacer ?

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

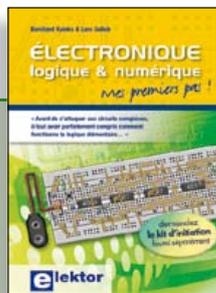


Complet, robuste et donc indispensable

## Audio Tubes

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

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

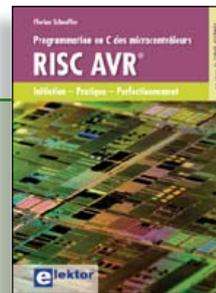


Mes premiers pas !

## Électronique logique & numérique

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

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

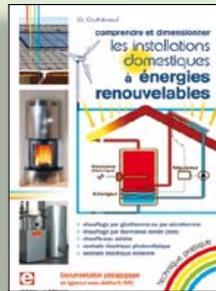


Initiation - Pratique - Perfectionnement

## Programmation en C des microcontrôleurs RISC AVR

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

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



Comprendre et dimensionner

## Les installations domestiques à énergies renouvelables

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

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

Informations complémentaires et gamme complète sur notre site

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

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





**NOUVEAU**

Tous les articles de 2010 sur DVD-ROM

## DVD Elektor 2010

Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR, le mensuel d'électronique et de micro-informatique appliquées, parus au cours de l'année 2010. 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 978-90-5381-267-9 • 27,50 €



Plus de 75 projets d'alimentation

## CD The Power Supply Collection 1

Ce CD-ROM contient plus de 75 montages d'alimentation publiés dans Elektor, le magazine de l'électronique créative, au cours des années 2001-2005. Avec entre autres : Le « convertisseur Cuk » et d'autres convertisseurs, alimentation haute tension, alimentation numérique etc.

ISBN 978-90-5381-265-5 • 21,50 €



**NOUVEAU**

## SatFinder

(Elektor mars 2011)

Une personne qui doit réaligner régulièrement une antenne parabolique (par exemple si une caravane ou un bateau en est équipé) se heurte toujours au problème de déterminer la position correspondante du satellite. SatFinder, basé sur un GPS, possède une base de données des satellites de télévision les plus populaires. Il calcule, à partir des données de localisation GPS, tout ce qui est nécessaire pour orienter l'antenne en direction du satellite.

*Kit de montage comprenant le contrôleur programmé, display et une carte*

Réf. : 100699-71 (Version Europe) • 79,95 €

Réf. : 100699-72 (Version Amérique du Nord) • 79,95 €



## Module réseau universel

(Elektor janvier 2011)

Raccorder vos propres montages électroniques à l'internet pour les commander ensuite à distance, où que vous soyez dans le monde, par l'intermédiaire de cette liaison, est une fonction impressionnante. Pourtant de nombreux électroniciens reculent encore devant ce défi. Voici pour vous, même si vous êtes débutant, un module de réseau universel – composé d'un circuit compact, d'une bibliothèque de logiciels libres et d'un microcontrôleur utilisable immédiatement comme serveur web. Les concepteurs chevronnés eux aussi apprécieront à leur juste valeur les puissantes fonctions de ce module, comme la communication SPI, PoE, et bien d'autres encore !

*Platine montée et testée*

Réf. : 100552-91 • 59,95 €



## Boîte à effets numériques

(Elektor septembre 2010)

Réverbération, chorus, flanger et autres effets sonores numériques peuvent être réalisés sans programmer soi-même un DSP. Ce nouveau générateur d'effets stéréophonique (16, dont 8 en PROM et 8 reprogrammables en EEPROM) est construit autour d'une puce numérique spécialisée, et dispose d'une élégante interface à LCD.

*Tous les composants, platines et micro-contrôleurs/EEPROM programmés*

Réf. : 090835-71 • 185,00 €



## La radio DSP d'Elektor

(Elektor juillet/août 2010)

Un récepteur de radio mondial qu'il ne faut pas aligner ? Oui, le traitement numérique du signal (DSP, digital signal processing outre-Manche) le permet ! Tout le nécessaire est fondu dans une puce radio DSP, elle s'appelle Si4735 et ne mesure que 3 mm x 3 mm. Ajoutons-y une interface de commande avec écran LCD, un amplificateur stéréo à BF et l'interface USB désormais inéluctable pour ceux qui préfèrent piloter le récepteur par leur PC.

*Platine montée et testée*

Réf. : 0100126-91 • 164,00 €

**F394 avril 2011** €  
+++ Retrouvez sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) toutes les références disponibles +++

**F393 mars 2011**

**SatFinder**

100699-1	..... Platine.....	12,95
100699-41	..... Microcontrôleur programmé ATMEGA8A-PU (Version Europe).....	9,95
100699-42	..... Microcontrôleur programmé ATMEGA8A-PU (Version Amérique du Nord).....	9,95
100699-71	..... Kit de montage comprenant le contrôleur programmé, display et une carte (Version Europe).....	79,95
100699-72	..... Kit de montage comprenant le contrôleur programmé, display et une carte (Version Amérique du Nord).....	79,95

**Une guirlande de 160 LED RVB**

071035-91	..... Platine dotée de certains composants module contrôleur ATM18.....	12,50
071035-92	..... Platine dotée de certains composants ATM18-Testboard.....	37,50
071035-93	..... Platine du module LCD montée et testée : platine dotée des CMS montés + reste des composants et connecteurs.....	29,95
100743-1	..... Platine.....	12,90

**F392 février 2011**

**Réveil lumineux**

080850-1	..... Platine sans composants.....	32,50
080850-41	..... Microcontrôleur programmé ATmega168-20PU.....	9,95

**Miniserveur internet avec BASCOM-AVR**

090773-91	..... Minimod 18 : Carte câblée et testée, programme d'amorce préprogrammé.....	62,95
-----------	---	-------

**Manipulateur CW Ultimatic**

100087-41	..... Microcontrôleur programmé PIC16F688-I/P.....	9,95
-----------	--	------

**TimeClick - intervallo-mètre programmable**

100371-1	..... Platine sans composants.....	64,75
100371-41	..... Microcontrôleur programmé ATtiny861-20SU.....	11,95

**Thermomètre sans contact**

100707-1	..... Platine sans composants.....	22,95
100707-41	..... Microcontrôleur programmé PIC16F876A-I/SP.....	15,00

**Téléphonie IP : la voie Linux**

100761-1	..... Platine sans composants.....	9,15
100761-41	..... Microcontrôleur programmé PIC18F2550-I/SO.....	15,00

**Chauffage au sol contrôlé par automate**

MI0235	..... MIAC + logiciel 'Flowcode 3 pour PIC'.....	185,00
MI1472	..... MIAC + logiciel 'Flowcode 4 pour PIC'.....	309,00
MI3487	..... 3x MIAC + logiciel 'Flowcode 4 pour PIC'.....	669,95

**F391 janvier 2011**

**ECG sans fil**

080805-1	..... Platine sans composants.....	9,95
----------	------------------------------------	------

**Thermomètre à tubes Nixie**

090784-1	..... Platine sans composants.....	13,95
090784-41	..... Microcontrôleur programmé AT89C2051/24PU.....	9,95

**Carte support pour Arduino Nano**

100396-1	..... Platine sans composants.....	19,95
----------	------------------------------------	-------

**Amplificateur casque**

100500-71	..... Boîtier ProjectCase.....	17,80
100701-1	..... Platine sans composants.....	9,95

**Module réseau universel**

100552-91	..... Platine montée et testée.....	59,95
-----------	-------------------------------------	-------

**Carte d'extension didactique**

100742-1	..... Platine sans composants.....	29,95
----------	------------------------------------	-------

**F390 décembre 2010**

**Calorimètre de chauffage**

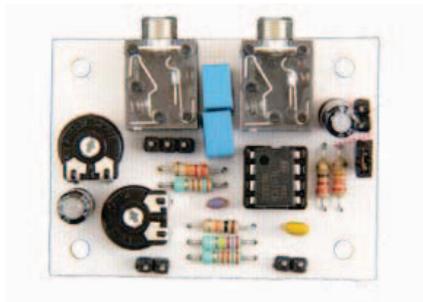
090328-41	..... Microcontrôleur programmé.....	12,95
-----------	--------------------------------------	-------

# vos favoris

livres	1	↻	<b>Électronique logique &amp; numérique</b> ISBN 978-2-86661-175-0.....	29,50 €
	2	↻	<b>50 applications des microcontrôleurs PIC</b> ISBN 978-2-86661-177-4.....	44,50 €
	3	↻	<b>Bien comprendre et installer la TNT</b> ISBN 978-2-86661-172-9.....	24,50 €
	4	↻	<b>Eau de pluie</b> ISBN 978-2-86661-176-7.....	27,50 €
	5	↻	<b>Audio Tubes</b> ISBN 978-2-86661-174-3.....	59,00 €
cd & dvd-rom	1	↻	<b>DVD Elektor 2010</b> ISBN 978-90-5381-267-9.....	27,50 €
	2	↻	<b>CD ECD 6</b> ISBN 978-90-5381-258-7.....	29,50 €
	3	↻	<b>DVD Wireless Toolbox d'Elektor</b> ISBN 978-90-5381-268-6.....	32,50 €
	4	↻	<b>DVD Elektor 1990-1999</b> ISBN 978-2-86661-173-6.....	89,00 €
	5	↻	<b>DVD The Audio Collection 3</b> ISBN 978-90-5381-263-1.....	21,50 €
kits & modules	1	↻	<b>SatFinder</b> Réf. : 1000699-71/-72.....	79,95 €
	2	↻	<b>Module réseau universel</b> Réf. : 100552-91.....	59,95 €
	3	↻	<b>Alimentation à découpage 0 à 30 V / 3 A</b> Réf. : 090786-71.....	71,50 €
	4	↻	<b>Module Bluetooth pour Analyseur OBD2 NG</b> Réf. : 090918-71.....	29,95 €
	5	↻	<b>La radio DSP d'Elektor</b> Réf. : 100126-91.....	164,00 €

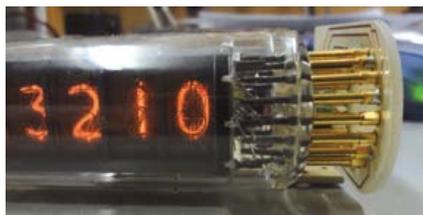
Commandez tranquillement sur [www.elektor.fr/e-choppe](http://www.elektor.fr/e-choppe) ou à l'aide du bon de commande encarté à la fin de la revue. Les commandes en ligne de livres ou de CD & DVD-ROM bénéficient d'une remise spéciale de 5%.

**elektor**  
Elektor / Publitrionic 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



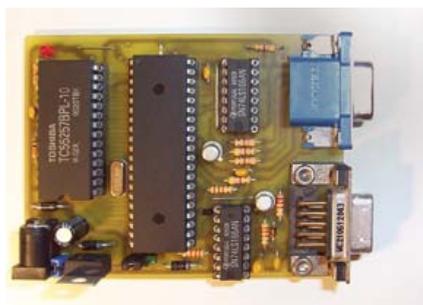
## Microphone pour réunions en ligne

De plus en plus d'entreprises utilisent l'internet pour des réunions avec des employés détachés. Un problème de ce genre de réunions est souvent le son. Quand un group de personnes partage le microphone (d'un ordinateur portable), les collègues en ligne ont beaucoup de mal à suivre les discussions. La qualité du microphone a bien sûr son importance, mais quand la salle possède des qualités acoustiques médiocres, un seul microphone ne suffit pas. Une solution sera présentée dans le prochain numéro.



## Les tubes Nixie

Avec leur petit air de chandelles élect(ron)iques, les tubes Nixie allumés créent une ambiance très appréciée par beaucoup de lecteurs, et suscitent la nostalgie chez de nombreux électroniciens. Le numéro de mai comportera un article informatif sur les tubes Nixie et leurs applications. L'auteur Jens Boos, collectionneur de tubes Nixie et de raretés sous bulbe de verre, vous racontera l'histoire du petit tube lumineux et il expliquera comment le mettre en œuvre dans vos propres projets. (photo : Hans Michielsen)



## Carte graphique pour microcontrôleurs

Les petits systèmes à microcontrôleur sont souvent équipés d'un afficheur à cristaux liquides alphanumérique, même si on avait préféré quelque chose de plus performant. Un alternatif intéressant est votre vieil écran d'ordinateur avec entrée VGA que vous avez remplacé par un écran plat, mais qui traîne encore dans le grenier. La carte graphique du prochain numéro permet d'afficher du texte et des objets graphiques sur cet écran à travers une interface série. Le montage compact a été construit autour d'un dsPIC 30F3011.

*Il arrive que la publication de certains articles soit retardée par des impératifs rédactionnels. Attention, le numéro de mai 2011 devrait être en kiosque à partir du 20 avril.*



## Tarif & abonnements

### Prix au numéro

France	6,90 €
DOM Surface	7,95 €
DOM Avion	9,95 €
Belgique	7,60 €
Suisse	12,90 FS
Canada	9,50 \$Can

### Abonnement standard d'un an

France	72,00 €
Belgique	82,00 €
Suisse	92,00 €
DOM Surface	95,00 €
DOM Surface Priorité	123,00 €

Étudiant - 20%

### Abonnement standard de 2 ans

France	128,00 €
Belgique	143,00 €
Suisse	158,00 €
DOM Surface	170,00 €
DOM Surface Priorité	222,00 €

Étudiant - 20%

### Abonnement Elektor PLUS d'un an

France	89,50 €
Belgique	99,50 €
Suisse	109,50 €
DOM Surface	112,50 €
DOM Surface Priorité	140,50 €

Étudiant - 20%

### Abonnement Elektor PLUS de 2 ans

France	163,00 €
Belgique	178,00 €
Suisse	193,00 €
DOM Surface	205,00 €
DOM Surface Priorité	257,00 €

Étudiant - 20%

*Sous réserve de modification de prix.*

**Abonnements :** abonnements@elektor.fr

**Commandes/Ventes :** ventes@elektor.fr

### Pour vous abonner :

Passez par notre site [www.elektor.fr/abo](http://www.elektor.fr/abo), c'est plus rapide et moins cher. Vous pouvez aussi utiliser le bon de commande encarté en fin de magazine.

**Début et fin :** Un abonnement peut démarrer à tout moment. Nous vous rappellerons en temps utile l'approche de la fin de votre abonnement.

**Anciens numéros :** Les anciens numéros peuvent être commandés dans la limite de leur disponibilité (cf. le bon de commande, leur prix est celui d'un numéro à l'unité).

**Changement d'adresse :** Veuillez compter au moins 3 semaines avant l'entrée en vigueur de votre nouvelle adresse. Mentionnez votre numéro d'abonné (cf. l'étiquette d'envoi de votre magazine) sans oublier ni l'ancienne ni la nouvelle adresse.

**Horaires :** Notre service Clients est ouvert du lundi au jeudi, de 8h30 à 17h00, et le vendredi, de 8h30 à 12h30.

Pour vos questions concernant votre abonnement, appelez le 01.49.19.26.19.

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



**POUR VOS COMMANDES** (kits, modules, livrés, CD & DVD-ROM etc.)  
**VEUILLEZ INDIQUER ICI VOS COORDONNÉES COMPLÈTES :**

Je commande les références indiquées au verso  
pour un montant de

**Mode de paiement** (cochez la case de votre choix) :

- Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR  
 Virement bancaire pour la France : RBS Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03  
 Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton

Virement bancaire International : RBS Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (BIC : ABNAFRPP)

Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous s.v.p.) :

Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)      Date de validité

Signature \_\_\_\_\_

**Voici mon adresse :**

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Date de naissance

**FR**

Le cas échéant, veuillez indiquer votre numéro d'abonné

Société \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Localité \_\_\_\_\_

E-mail \_\_\_\_\_

Pays DOM/TOM \_\_\_\_\_

04/2011

**Oui,**

**je souscris un abonnement d'un an à Elektor (11 numéros).**  
Dès l'enregistrement de mon paiement, je recevrai automatiquement  
et sans aucun engagement de ma part le CD-ROM « ECD 6 ».\*

Cochez la case correspondant à l'abonnement de votre choix :

- Abonnement standard d'un an pour 72,00 € (Belgique : 82,00 €)  
 Abonnement ELEKTOR PLUS d'un an pour 89,50 € (Belgique : 99,50 €)  
(le DVD-ROM annuel 2011 compris \*\* + ainsi que votre accès exclusif  
à Elektor-Plus.fr)

**Mode de paiement** (cochez la case de votre choix) :

- Chèque bancaire / CCP à l'ordre de ELEKTOR  
 Virement bancaire pour la France : RBS Paris  
Compte : 18739-00001-00200797026-03  
 Virement bancaire pour la Belgique :  
CCP 000-1347214-78 à Warneton

Virement bancaire International : RBS Paris  
IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603 (BIC : ABNAFRPP)

Carte de crédit (complétez et signez ci-dessous s.v.p.) :

Numéro de carte de crédit (MasterCard ou VISA)      Date de validité

Signature \_\_\_\_\_

**Voici mon adresse :**

Nom \_\_\_\_\_

Prénom \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

Code Postal \_\_\_\_\_

Pays DOM/TOM \_\_\_\_\_

Localité \_\_\_\_\_

04/2011

Envoyez cette carte  
accompagnée du paiement  
sous enveloppe affranchie à :

**Elektor / Publitrionic SARL**  
**c/o Regus Roissy CDG**  
**1, rue de la Haye**  
**BP 12910**  
**95731 Roissy CDG Cedex**  
**FRANCE**

Envoyez cette carte  
accompagnée du paiement  
sous enveloppe affranchie à :

**Elektor / Publitrionic SARL**  
**c/o Regus Roissy CDG**  
**1, rue de la Haye**  
**BP 12910**  
**95731 Roissy CDG Cedex**  
**FRANCE**





# Sélection spéciale

à l'occasion de la participation d'Elektor à la  
« 22<sup>e</sup> semaine de la Presse et des Médias dans l'école »  
du 21 au 26 mars 2011

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

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



## Eau de pluie Récupération & Utilisation

ISBN : 978-2-86661-176-7

Auteurs : Gérard Guihéneuf &  
Mariline Thiebaut-Brodier

Prix : 27,50 €

Chaque réalisation est documentée : schéma électronique commenté, dessin de circuit imprimé simple à reproduire, implantation des composants, procédure de mise en service détaillée et progressive. Grâce à la simplicité des micro-contrôleurs PICBASIC programmables en langage BASIC, l'électronique numérique programmable est désormais à la portée de tous.

*Le module programmable PICBASIC PB-3B ne coûte que quelques dizaines d'euros et l'environnement de développement PICBASIC Studio est disponible en téléchargement libre et en version complète.*

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

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

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



## Électronique logique & numérique Mes premiers pas !

ISBN : 978-2-86661-175-0

Auteurs : B. Kainka & L. Gollub

Prix : 29,50 €

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

**Attention : le livre et le kit forment un tout mais ils doivent être commandés séparément (code Elektor du kit : 099004-71). Le kit est constitué d'une plaque d'essais sans soudure grand format, de circuits intégrés et d'autres éléments.**

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



## DVD Elektor 1990-1999

ISBN : 978-2-86661-173-6

Prix : 89,00 €

Elektor perdu, Elektor prêté jamais rendu, Elektor décousu... Collection incomplète...

Ce DVD-ROM permet de retrouver les articles manquants et de parfaire sa schémathèque. Il contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999.

Elektor propose à ses lecteurs des montages électroniques de conception professionnelle et aisément reproductibles, dans les domaines de l'électronique et de l'informatique appliquées. Il leur apporte également des informations sur l'évolution technologique et les nouveaux produits.

Les 2.200 articles d'Elektor réunis sur ce DVD-ROM sont présentés par ordre de parution (mois/année). Ils sont également classés par ordre alphabétique et par rubriques. Un index général permet d'effectuer des recherches dans tous les fichiers PDF du DVD-ROM même quand ils ne sont pas ouverts (31.000 liens hypertexte).

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



## Comprendre et dimensionner les installations domestiques à énergies renouvelables

ISBN : 978-2-86661-170-5

Auteur : Gérard Guihéneuf

Prix : 32,50 €

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

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

**Bonus** L'auteur n'a pas oublié ses collègues de l'Éducation Nationale : en complément du livre, il propose un dossier pédagogique constitué de sept diaporamas et questionnaires d'évaluation pour les élèves.

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

# elektor

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

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

# Abonnez-vous à la meilleure revue américaine sur les microcontrôleurs et leurs applications !



La formule d'abonnement qui vous conviendra est sur [www.elektor.com/cc-subs](http://www.elektor.com/cc-subs)

**12 parutions par an**

Édition numérique (PDF) : 38 \$

Édition imprimée : 63 \$

Les deux éditions : 90 \$

**CIRCUIT  
CELLAR®**  
THE MAGAZINE FOR COMPUTER APPLICATIONS