



# elektor

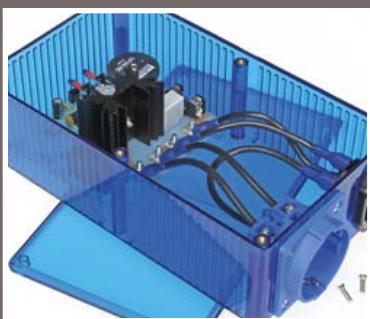
DÉCOUVRIR • CRÉER • PARTAGER



**Raspberry Pi 2 :**  
mise à niveau  
de la carte micro-SD



**PLATINO** : commande  
à distance de **caméras**  
de **surveillance** PELCO



**gradateur** à  
commande infrarouge  
**programmable**

## clavier capacitif

**12 touches tactiles**  
**faciles à utiliser**



### intercepteur de données 2.0 pour Märklin Digital

- Platino apprend à parler Pelco-D et fait tourner les caméras de surveillance
- **émetteur IR en CMOS**
- **climatiseur réglable** : température et humidité régulées par un PIC
- **e-BoB BL600 – Bluetooth Low Energy** – 4<sup>e</sup> partie
- **rétronique** : deux générateurs de

signaux audio Philips GM2308 (1950, 1964)

- **μC ARM pour néophytes** : de 8 bits à 32 bits - 5<sup>e</sup> partie
- **SmartScope : oscillo USB multiplateforme** (subtil et effronté)
- trucs & astuces : **DesignSpark Mechanical/CAD**

**numéro double  
riche en vitamines :**  
5 projets .LABS  
1 projet de lecteur  
1 cours de programmation  
1 banc d'essai  
+ trucs & astuces



# KCS TraceME

2G 3G 4G LBS

LoRa™ BLE M2M

Iridium Sensor



iBeacon™

Glonass GPRS

RF GPS

Bluetooth®

SMS

Internet of Things



## L'Internet des Objets avec LoRa™

KCS enrichit sa gamme de produits TraceME avec un puissant module conçu pour la mobilité planétaire et l'Internet des Objets. Dans sa dernière version, ce module de suivi et de traçage par GPS/GPRS allie géolocalisation RF et technologie LoRa™. Cette combinaison ajoute de l'intelligence aux objets communicants grâce aux longues portées et faibles consommations que permet la technologie LoRa™ dans les applications de communication entre machines. La prise en charge des protocoles GPRS/SMS et celle, optionnelle, des standards 3G, Wi-Fi, Bluetooth LE, ANT/ANT+ et iBeacon™ facilite l'intégration du module dans les réseaux sans fil et les applications mobiles. Nous le déclinerons bientôt en versions haut de gamme et gamme intermédiaire.

## Module ANTIVOL à RF

Avec sa gamme de produits TraceME, KCS offre une solution de géolocalisation intelligente pour les applications antivol et à usage en intérieur. Elle utilise la RF et un algorithme intelligent pour mesurer le temps de propagation des signaux transmis (selon un protocole propriétaire). Notre module présente des caractéristiques uniques: petite taille (46x21x6,5 mm), légèreté (7 g pour une carte équipée) et longévité (durée de vie supérieure à 10 ans en mode veille). Notre algorithme « Écouter avant de communiquer » rend pratiquement impossible la localisation du module et sécurise ainsi le véhicule ou le bien à protéger. L'intégration dans les réseaux sans fil et les applications mobiles est facilitée par la prise en charge des protocoles GPRS/SMS et celle, optionnelle, des standards 3G, Wi-Fi, Bluetooth LE, ANT/ANT+ et iBeacon™.

[www.Trace.ME](http://www.Trace.ME)

Toutes les marques mentionnées ici sont la propriété de leurs propriétaires respectifs.

ISSN 0181-7450

Dépôt légal : mai 2015

CPPAP 1113 U 83713

Directeur de la publication : Donatus Akkermans

Elektor est édité par :

PUBLITRONIC SARL

c/o Regus Roissy CDG

1, rue de la Haye

BP 12910

FR - 95731 Roissy CDG Cedex

**@ : [service@elektor.fr](mailto:service@elektor.fr)**

Tél. : (+33) 01.49.19.26.19

**du lundi au vendredi de 10h à 13h**

Fax : (+33) 01.49.19.22.37

[www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) | [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr)

Banque ABN AMRO : Paris

IBAN : FR76 1873 9000 0100 2007 9702 603

BIC : ABNAFRPP

#### **Publicité :**

Fabio Romagnoli +32 485 65 40 90

[fabio.romagnoli@eimworld.com](mailto:fabio.romagnoli@eimworld.com)

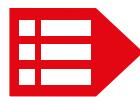
#### **DROITS D'AUTEUR :**

© 2015 Elektor International Media B.V.

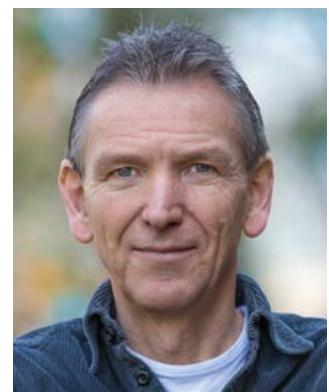
Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans l'autorisation de l'éditeur est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 mars 1957 -art. 40 et 41 et Code Pénal art. 425).

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

Imprimé aux Pays-Bas  
par Seneffeler Misset – Doetinchem  
Distribué en France par M.L.P.  
et en Belgique par A.M.P.



une revue,  
plusieurs sites,  
plus de choix



Il y a environ un an, elektor changeait de boutique en ligne à l'enseigne [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr) pour mieux servir ses lecteurs et leurs besoins. Depuis, les rayonnages de cette e-choppe se sont bien remplis et notre offre s'étoffe de jour en jour. Les premiers à en profiter, c'est vous, nos membres abonnés, qui bénéficiez de conditions exclusives et avantageuses : moins 10 % au moins sur toute la gamme.

Il restait à moderniser notre site réservé au **contenu du magazine**, avec les PDF des articles et les téléchargements associés. C'est chose faite avec le nouveau site [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr) (sans trait d'union !). À l'heure de boucler ce numéro (30 avr.), c'est encore un chantier et je sais que nous passerons les prochains jours (fériés ou pas !) à déboguer et fignoler. Le lancement de la version bêta nous réservera des surprises et des sauts de cabri. Quiconque a programmé, ne serait-ce que la plus simple des boucles, connaît les caprices du logiciel, surtout en ligne. Heureusement, quand vous lirez ces lignes, au plus tôt fin mai, le plus gros du déverminage aura eu lieu. Merci pour votre indulgence si vous deviez en avoir fait les frais.

Le logiciel du nouveau site a été taillé sur mesure et facilitera les choses pour tout le monde. La navigation est sensiblement améliorée, la recherche aussi et nous disposons désormais de la possibilité d'enrichir petit à petit le contenu en ligne. Pour commencer, les circuits imprimés et les modules assemblés auront tous au moins une bonne photo et une description. Pour accéder directement à la page d'un article publié dont vous connaissez la référence à 6 chiffres (elle figure à la fin de chaque article et sur les circuits imprimés), il suffit de la coller derrière l'URL : [www.elektormagazine.fr/xxxxxx](http://www.elektormagazine.fr/xxxxxx) Les nouvelles hebdomadaires d'**elektor.post** seront de nouveau hébergées sur la page d'accueil de ce site. Quand vous changerez de support pour naviguer, vous constaterez avec satisfaction que le site se lit aussi bien sur un grand écran d'ordinateur que sur une tablette ou un téléphone tactile. *Si c'est pas un progrès ça, je n'y connais rien !*

Bonne lecture

Denis Meyer

## Notre équipe

Rédacteur en chef :

Denis Meyer ([redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr))

Rédaction internationale :

Harry Baggen, Jan Buiting, Jaime González-Arintero, Jens Nickel

Laboratoire :

Thijs Beckers, Ton Giesberts, Luc Lemmens, Clemens Valens (responsable), Jan Visser

Coordination :

Hedwig Hennekens

Ont coopéré à ce numéro :

Robert Grignard, Hervé Moreau, Kévin Petit, Guy Raedersdorf, Marilène Thiebaut-Brodier

Service de la clientèle :

Cindy Tyssen

Graphistes :

Giel Dols, Mart Schroijen, Patrick Wielders

Elektor en ligne :

Daniëlle Mertens

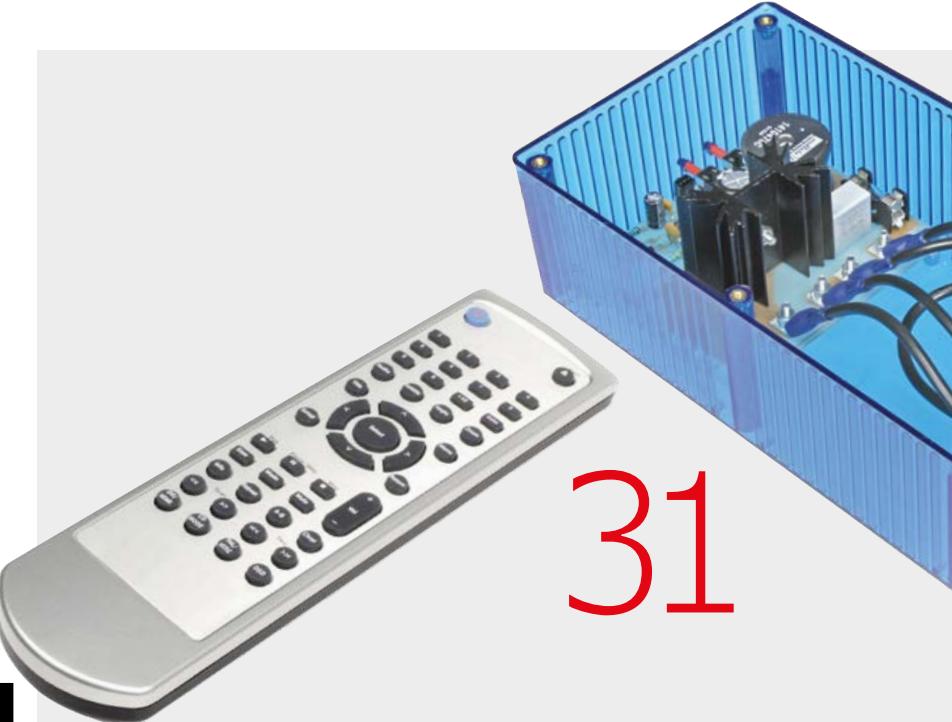
- 3 de nous à vous
- 26 homme et machine  
la distance qui les rapproche
- 64 l'e-choppe d'Elektor
- 80 des nouvelles du monde d'Elektor
- 82 hexadoku - casse-tête pour elektorniciens

**DÉCOUVRIR** | **CRÉER** | **PARTAGER**

- 9 Bienvenue dans la section DÉCOUVRIR
- 10 µC ARM pour néophytes :  
pour passer de 8 bits à 32 bits - 5<sup>e</sup> partie :  
le monde analogique
- 15 Doepfer E510, puce pour clavier MIDI  
drôle de composant n°16
- 16 SmartScope : instrument multiplateforme  
un oscillo USB subtil et effronté
- 20 trucs & astuces pour  
DesignSpark Mechanical/CAD (2)  
ajouter des cotes à un modèle 3D
- 22 mise à niveau de la carte micro-SD  
pour Raspberry Pi m.2  
passer du modèle 1 au 2

**DÉCOUVRIR** | **CRÉER** | **PARTAGER**

- 28 bienvenue au labo d'Elektor
- 31 gradateur à commande infrarouge programmable  
pour lampes et radiateurs
- 36 clavier capacitif à 12 touches  
commande par effleurement
- 43 intercepteur de données 2.0  
pour Märklin Digital  
des paquets d'impulsions sur l'écran du PC
- 46 commande à distance  
de caméras de surveillance  
Platino apprend à parler Pelco-D et fait tourner les caméras...



## COMMANDÉ À DISTANCE DE CAMÉRAS DE SURVEILLANCE

PLATINO APPREND À PARLER PELCO-D  
ET FAIT TOURNER LES CAMÉRAS...

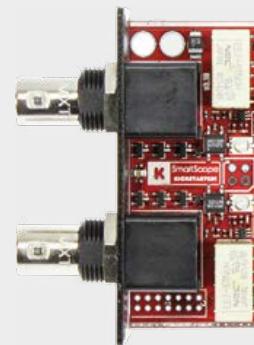


46

## SMARTSCOPE : INSTRUMENT MULTIPLATEFORME

OSCILLOSCOPE USB  
SUBTIL & EFFRONTÉ

La plupart des oscilloscopes USB fonctionnent en binôme avec un PC. Le SmartScope s'acoquine avec les nouvelles plateformes, comme la tablette Android, l'iPad ou le système OS X. Son interface utilisateur est la même sur tous les écrans. Nous l'avons approché avec le PC et la tablette.

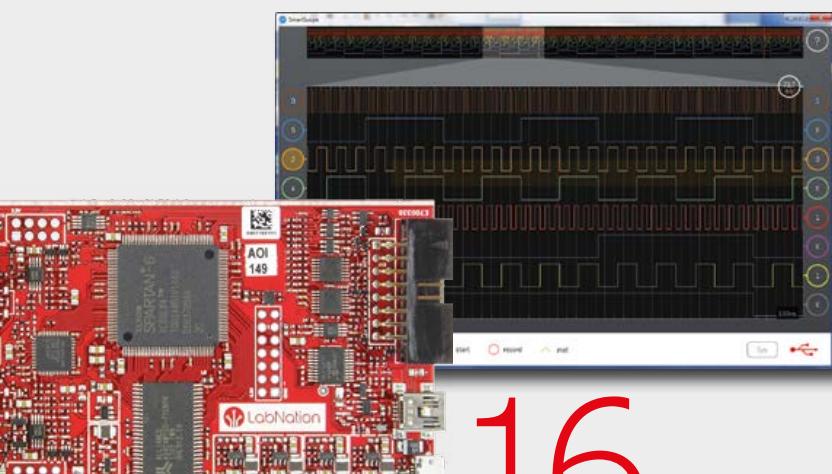




# GRADATEUR À COMMANDÉ INFRAROUGE PROGRAMMABLE

## POUR LAMPES D'ÉCLAIRAGE ET RADIADEURS ÉLECTRIQUES

Dans sa configuration standard, ce gradateur à commande infrarouge pilote avec son triac des charges jusqu'à 1000 W (petit radiateur électrique ou lampe à incandescence). Le PIC utilisé peut apprendre les codes de commande de presque n'importe quelle télécommande.



- 52 émetteur IR en CMOS  
signaux infrarouges simplifiés
- 54 climatiseur réglable  
température et humidité régulées par un PIC
- 59 e-BoB BL600 – Bluetooth Low Energy  
4<sup>e</sup> partie  
Le port I<sup>2</sup>C et son capteur de température

DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER

- 70 Bienvenue dans la section PARTAGER
- 71 rétronique :  
deux générateurs de signaux audio  
Philips GM2308 (1950, 1964)  
et battement d'ailes de papillons
- 74 .LABorama  
florilège de projets elektor.labs
- 76 la peinture à l'ohm c'est rigolohm
- 78 SUR LA TOILE :  
apparition de la calculatrice ...  
et fin de la règle à calcul

 bientôt sur ces pages

### Notre numéro d'été enrichi et survitaminé

Le tempo du numéro d'été sera *molto electronissimo* avec un assortiment varié de projets petits et grands.

### En voici un avant-goût :

- Commande de robot analogique
- Micro-alimentation pour IoT
- Sirène à 4093
- Analyseur MIDI
- Feu de signalisation pour niveau sonore
- L'Arduino comme esclave I<sup>2</sup>C
- Wobulateur avec Raspberry Pi
- Programmation d'applications sous Windows
- Commande de LED Lego
- shield Arduino pour afficheur luminescent VFD

Sous réserve de modification.  
Le numéro de juillet/août paraîtra le 24 juin.

# Elektor : votre guide

Elektor, c'est bien plus qu'un simple magazine. C'est une communauté d'électroniciens, du débutant au professionnel, désireux d'apprendre, de concevoir et de partager une électronique qui frappe.

57

pays

246803

membres actifs

10

experts &



## elektor.post

L'hebdo d'Elektor

Les signaux du changement fusent autour de nous. Avec son rythme hebdomadaire, la lettre électronique elektor.post permet de les suivre à une allure soutenue. Une semaine sur deux, un montage inédit !

[www.elektor.com/newsletter](http://www.elektor.com/newsletter)



## communauté Elektor

Devenez membre, Green ou Gold

Pro ou débutant, rejoignez la communauté. C'est le plus sûr moyen de ne rien rater, ni en électronique classique, ni en techniques embarquées modernes. Vos atouts : accès direct à elektor.labs, forums, lettres d'information hebdomadaires, projets inédits bimensuels, offres exceptionnelles, archives, moteurs de recherche. Les formules Green et Gold donnent droit à de nombreux avantages : **GREEN**, c'est le magazine sous forme numérique, sans papier. **GOLD**, c'est la formule complète avec la version imprimée.

[www.elektor.com/memberships](http://www.elektor.com/memberships)



## elektor.TV

Pour y voir plus clair

L'image vidéo filmée sans façon est devenue un rival stimulant pour le texte typographié et mis en page ! Les anecdotes visuelles ne manquent pas dans la vie d'un labo d'électronique, surtout quand ça commence à fumer. Et souvent trois plans filmés remplacent efficacement de longs discours. Regardez elektor.tv !

[www.youtube.com/user/ElektorIM](http://www.youtube.com/user/ElektorIM)



## Elektor PCB Service

Des cartes à la carte

Adieu perchlorure de fer, bienvenue aux magnifiques circuits imprimés du service de gravure à la demande d'Elektor. Très professionnel et très rapide, très avantageux et tellement plus commode !

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



## elektor.labs

découvrir, créer & partager

Au cœur de la matrice, elektor.labs (le labo d'Elektor) est ouvert et accessible à tous, c'est l'incubateur où éclosent les circuits. Petits et grands, analogiques ou numériques, d'avant-garde ou nostalgiques, ils y sont tous transformés en matière première raffinée, prête à l'emploi, testée et documentée pour vos propres créations.

[www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com)



## elektor.academy

À cheval sur la cours d'apprentissage

Webinaires, séminaires, cours, présentations, ateliers, lectures, formation en entreprise sont quelques-unes des méthodes pédagogiques utilisées par Elektor pour diffuser la connaissance de l'électronique à tous les niveaux aussi bien parmi les professionnels passionnés que pour les amateurs motivés.

[www.elektor-academy.com](http://www.elektor-academy.com)

# de connexion(s)

29

auteurs

475

publications

233521

visiteurs (mois)

09:27

MAY 04 2015

date de référence



## elektor.magazine

Plus de 500 pages d'électronique inédite chaque année

Le magazine est le vaisseau amiral, affrété tous les mois par la rédaction internationale d'Elektor pour vous embarquer vers des contrées électroniques nouvelles. Chaque édition, sur papier ou en format numérique, ne se contente pas de rester à la hauteur des précédentes, mais cherche à les surpasser.

[www.elektor-magazine.com](http://www.elektor-magazine.com)



## e-choppe Elektor en ligne

Votre panier d'achats pour l'électronique

Le magazine et le labo d'Elektor proposent, en coopération avec des partenaires choisis, des produits et des services de haut niveau. Notre e-choppe, véritable caverne d'Ali Baba, est ouverte toute l'année sans interruption pour les électroniciens du monde entier.

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

## 3 formules pour rester connecté avec Elektor !



## livres et DVD Elektor

### La puissance de l'information

Elektor aborde tous les domaines de l'électronique : de la programmation des 8 bits aux ARM, des antennes aux diodes zener, des µC aux tubes... Nos ouvrages font référence et autorité dans le monde entier, aussi bien pour les techniques classiques que pour les innovations les plus récentes. Lire pour (meilleur) comprendre.

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

### Formule GREEN

92,50 € par an

- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe
- ✓ l'accès à Elektor.labs
- ✓ un DVD annuel
- ✓ des offres exclusives
- ✓ 26 nouveaux projets inédits

[www.elektor.fr/formule-greencard](http://www.elektor.fr/formule-greencard)

### Formule GOLD

127,50 € par an

- ✓ 10 x magazine imprimé
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10 % de remise dans l'e-choppe
- ✓ l'accès à Elektor.labs
- ✓ un DVD annuel
- ✓ des offres exclusives
- ✓ 26 nouveaux projets inédits

[www.elektor.fr/formule-goldcard](http://www.elektor.fr/formule-goldcard)

### Formule gratuite !

- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✗ 10 x magazine numérique
- ✗ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✗ 10 % de remise dans l'e-choppe
- ✗ l'accès à Elektor.labs
- ✗ un DVD annuel
- ✓ des offres exclusives
- ✓ 26 nouveaux projets inédits

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

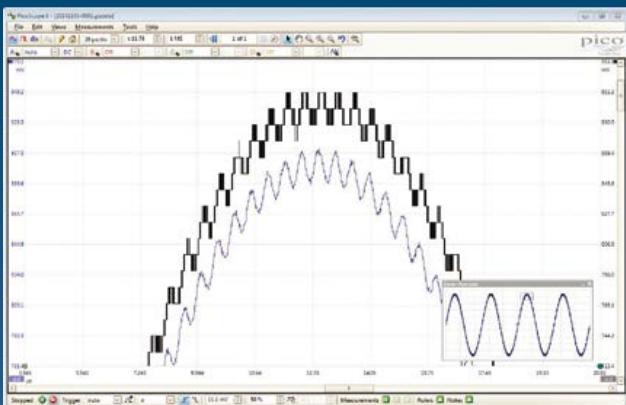
## LA RESOLUTION FLEXIBLE, QU'EST-CE?

Les oscilloscopes à Résolution Flexible de PicoScope vous permettent de les reconfigurer matériellement soit pour augmenter leur vitesse d'échantillonnage, soit leur résolution.

Pour la première fois dans un oscilloscope, vous pouvez reconfigurer le matériel en mode 8 bits rapide, afin d'observer des signaux numériques, ou en mode 16 bits pour un travail de précision en analogique.

Que soit pour capturer et décoder des signaux numériques rapides ou pour observer la distorsion sur des signaux analogiques sensibles, la résolution flexible vous permet d'effectuer les deux dans un même oscilloscope.

### 8, 12, 14, 15 ou 16 bits



Le bruit qui est invisible avec 8 bits (trace noire) est révélé avec 12 bits



Les oscilloscopes PicoScope de la série 5000 ont une architecture matérielle révolutionnaire dans laquelle de multiples Convertisseurs A/N peuvent être appliqués sur les signaux à l'entrée en combinaisons avec différents entrelacements temporels ou en parallèle pour un surplus de vitesse d'échantillonnage jusqu'à 1 Gé/s en 8 bit ou de résolution jusqu'à 16 bits à 62.5 Ms/s.

Tout le logiciel est inclus en standard avec le décodage des bus série (CAN, LIN, RS232, I<sup>2</sup>C, I<sup>2</sup>S, SPI, FlexRay), la segmentation mémoire, le test de masque, l'analyse spectrale, et le kit de développement logiciel (SDK), tout est en standard avec mise à jour logiciel gratuite et cinq ans de garantie.

[www.picotech.com/PS421](http://www.picotech.com/PS421)

## Arduino la compil d'Elektor

NOUVEAU

Imagine ce que **tu désires**,  
souhaite ce que **tu imagines**,  
tu finiras par créer ce que **tu veux**.

**Avec Arduino. Avec Elektor.**



L'intégrale des articles sur **Arduino** parus en français dans **Elektor** entre juil. 2012 et nov. 2014 est désormais disponible **sous forme de compilation numérique**. Les liens dans la **table des matières** de ce document **PDF** permettent de naviguer directement vers les **articles** qui vous intéressent le plus. Un catalogue (gratuit) de tous les produits associés est disponible séparément.

Sous l'étiquette **elektor select**, la nouvelle collection **BEST-OF SERIES** réunira des compilations d'articles parus.

- Format idéal pour une lecture sur tablette ou à l'écran.
- Des heures de lecture instructive et stimulante !

ISBN 978-2-86661-197-2 | 249 pages

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

**Elektor**

# bienvenue dans la section **DÉCOUVRIR**

PARTAGER

CRÉER

DÉCOUVRIR



Jens Nickel

## Apprendre à programmer

Je vous demandais ici même le mois dernier ce que vous pensiez de l'intérêt d'une nouvelle carte à microcontrôleur (*une de plus !*), bien sûr accompagnée d'exemples et même d'un manuel, pour stimuler l'apprentissage de la programmation, notamment dans l'enseignement.

Comme on peut s'y attendre, les avis sont partagés. Parmi les réponses reçues, il se dégage une courte majorité en faveur d'une telle monocarte, à la condition (*exprimée de façon unanime*) qu'elle soit accompagnée de logiciel et d'une documentation à la hauteur des ambitions. Un de mes correspondants insiste sur la nécessité de prévoir un programmeur intégré à cette carte, pour simplifier la vie de l'utilisateur. Un des adversaires de la prolifération de telles cartes attire mon attention

sur un système monocarte existant, le *Banana Pi*. Celui-ci m'avait déjà tapé dans l'œil, je compte bien me familiariser avec un de ces jours. Reste la question de ce qu'est ou devrait être l'apprentissage de la programmation en 2015. Faut-il mettre les mains dans le cambouis et les doigts dans les registres, et, précisément pour cela, commencer par les 8 bits ? Ou faut-il au contraire s'en tenir à un environnement de bibliothèques, plus abstrait mais bien plus efficace à court terme ? Et si l'avenir était à la programmation de systèmes embarqués avec de puissants processeurs ARM, sous Linux ou un autre système d'exploitation ? Ma préférence va aux bibliothèques modulaires et, quand je dois choisir un micro pour un projet, il me faut au moins 32 Ko de flash. Pourtant, j'ai pris beaucoup de plaisir en préparant ces jours-ci le premier épisode d'une petite série d'articles sur la programmation en assembleur avec, tenez-vous bien, un PIC dont la mémoire de programme compte 1024 mots et pas un de plus. Cette série commencera le mois prochain.

Et vous, qu'en pensez-vous ?  
Dites-le nous à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr) !

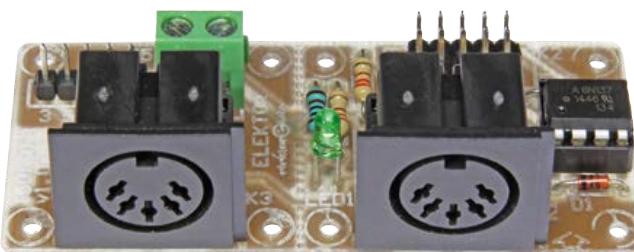
## En attendant MIDI

L'interface MIDI du synthétiseur J²B et un projet d'analyseur MIDI sur elektor-labs.com m'ont incité à proposer à notre labo la construction d'un petit module à entrée/sortie MIDI. L'idée était d'équiper ce module d'un connecteur ECC afin de pouvoir le relier à notre *shield* Elektor et ainsi de disposer d'une entrée/sortie MIDI sur une carte Arduino. Mon collègue Ton Giesberts n'a pas tardé à en effectuer le routage (le circuit est simple) tandis que Jan Visser, lui aussi du labo Elektor, s'attaquait au fraisage de deux cartes. Hedwig Hennekens, qui coordonne les projets du labo, est venu me dire peu de temps après qu'il fallait que j'entame sans traîner l'écriture du programme.

J'ai vu dans cette demande l'occasion d'installer Atmel Studio sur mon propre ordinateur et de ménager chez moi un petit espace de développement personnel (par là j'entends le développement de programmes, pas le développement

de mes chakras). Je m'y suis mis avec d'autant plus d'excitation que je m'essaie à la production de musique électronique avec un clavier-maître Arturia équipé d'une sortie MIDI. Cela dit la sortie de mon premier CD, elle, n'est pas pour demain...

Apprendre les fondements du protocole MIDI est rapide et il ne m'aura guère fallu de temps pour écrire le code d'un petit analyseur MIDI. Pour afficher les paramètres de contrôle à différents emplacements de l'écran du *shield* (canal, note on/off, valeur de la note ou numéro du contrôleur MIDI, vitesse ou valeur du contrôleur MIDI), j'ai enrichi



les fonctions *Display* de notre bibliothèque EFL d'une couche d'abstraction supplémentaire. Cette couche rend la programmation encore plus commode. Nous avons prévu de présenter cet analyseur MIDI dans le prochain numéro.

En attendant, restez branchés !

(150217 - version française : Hervé Moreau)

# le monde analogique

## μC ARM pour néophytes

### pour passer de 8 bits à 32 bits 5<sup>e</sup> partie

Viacheslav Gromov (Allemagne)

Après les périphériques numériques, passons maintenant à l'« Analogique ». Les utilisateurs de microcontrôleurs à 8 bits pensent alors immédiatement à deux périphériques au moins : CAN et CA. Examinons-les de plus près, sans oublier le CNA.

Notre SAM D20 possède un CAN (**Convertisseur Analogique-Numérique**, **fig. 1**) puissant à la résolution de 8, 10 ou 12 bits (au choix). Sur les μC 8 bits, la règle de base est : le temps de conversion est directement proportionnel à la résolution. Le CAN du SAM D20 peut effectuer jusqu'à 350 000 conversions par seconde. En mode Suréchantillonnage, il peut même atteindre une résolution de 16 bits. Il dispose de 32 entrées analogiques, dont 10 sont conçues pour servir de sources potentielles pour une connexion négative et 25 pour une connexion positive. Certaines

acceptent donc l'une et l'autre connexions et nombre d'entre elles sont adaptées aux sources internes telles que le CNA (**Convertisseur Numérique-Analogique**) ou un capteur de température. Comme le montre le synoptique, le CAN requiert toujours une connexion positive et une connexion négative de façon à pouvoir mesurer la différence de tension entre ces deux bornes ou encore la convertir en une valeur numérique. La connexion négative peut bien sûr également être la masse (GND). Le CAN a besoin d'une source de tension de référence ; il y en a plusieurs disponibles. Si la référence est 1 V,

la tension maximale mesurable pour le CAN est aussi de 1 V. Il convertit alors cette tension, sous 12 bits par ex., par pas d'environ 0,000 2 V. Il peut encore remplir bien d'autres fonctions : amplifier un signal selon un facteur de 0,5 à 16 ou travailler en mode Fenêtre pour surveiller les valeurs mesurées suivant des limites prédéfinies. Lorsqu'une limite est atteinte, il déclenche l'une des nombreuses interruptions existantes. Le CAN peut en principe, après la commande de démarrage, effectuer des mesures individuelles ou des mesures en continu. La feuille de caractéristiques contient d'autres données importantes sur le CAN (p. 481 sqq.).

#### Premières expériences avec le CAN

Passons à la pratique parce que le CAN est un périphérique essentiel. Nous allons réaliser le petit circuit de la **figure 2**, avec un capteur de température analogique LM335. Les deux composants peuvent être facilement soudés l'un à l'autre en montage volant (**fig. 3**). Évitez les câbles trop longs qui risqueraient de fausser les résultats de mesure !

La connexion de ce capteur de température est simple et sa linéarité fort acceptable [1]. Nous mesurerons la température à l'aide du CAN et transmettrons au PC une valeur de mesure par seconde, par le biais du port série virtuel (UART). C'est là la tâche que remplit le projet « *ADC Test1* » disponible en [2]. Vous y trouverez aussi, dans un document distinct, les listages de ce cours.

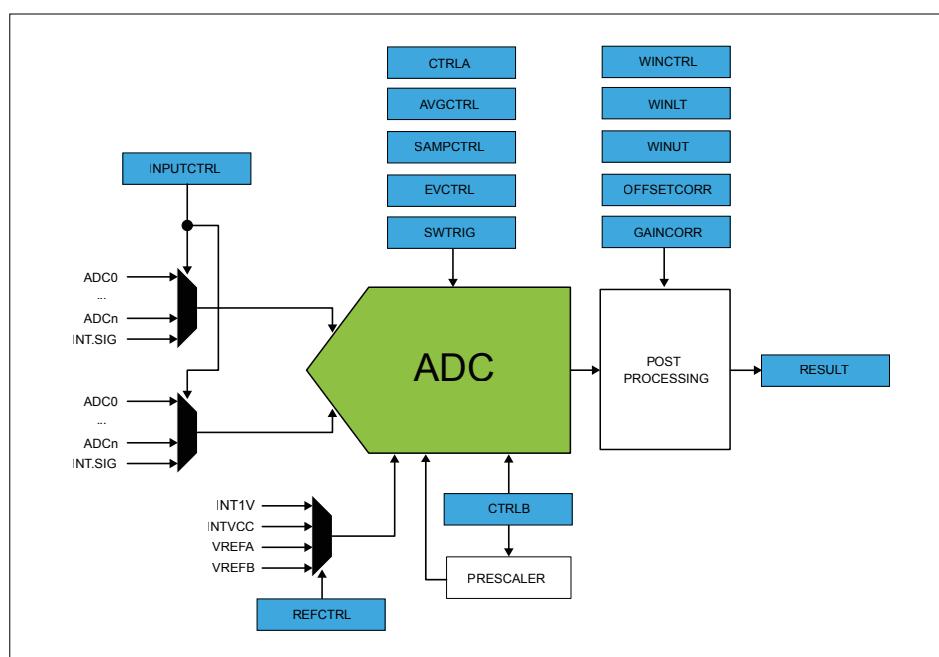


Figure 1. Synoptique du convertisseur analogique-numérique (CAN).

Au début du fichier *Main* on remarquera surtout les instructions pour créer les structures tant pour l'U(S)ART que pour le CAN, les prototypes de fonction, la déclaration de diverses variables ainsi que la fonction de configuration déjà rencontrée pour paramétriser l'U(S)ART de l'EDBG à 9 600 bauds. On trouve ensuite la fonction de configuration du CAN (voir listage 1 [2]). Ici on crée, comme c'est classique avec l'ASF, par le biais de struct une structure de configuration `config_adc` dont les variables sont ensuite remplies avec les paramètres sous forme de constantes symboliques. Les variables `positive_input` et `negative_input` sélectionnent les sources pour les entrées respectivement positive (AIN0, PB00) et négative (masse, GND). Ensuite la variable de structure `reference` sélectionne la broche AREFB (PA04) comme source de référence. Ici AREFB est connectée à VCC, soit 3,3 V. Cette tension est échantillonnée avec une résolution de 12 bits lors de chaque mesure, conformément à la variable de structure `resolution`. Dans la variable de structure `gain_factor`, le facteur d'amplification est paramétré à x1, de sorte que la tension d'entrée ne subit pas de gain, mais est immédiatement échantillonnée à 1:1. Ensuite nous nous contentons de désactiver la division du résultat du CAN et le mode Fenêtre par le biais des variables `divide_result` et `window_mode`. Tout à la fin de la fonction, les paramètres stockés dans la structure de configuration sont transmis au CAN et activés. À partir de maintenant, la structure `adc_instance` permet d'appeler le CAN.

Dans la fonction *Main*, la MCU (**Micro-Controller Unit**) est initialisée, les fonctions décrites ci-dessus sont appelées. On trouve ensuite, le noyau du programme (listage 2 [2]) dans une boucle sans fin ; nous démarrons par une mesure de CAN unique `adc_start_conversion(&adc_instance)`, indication de la structure comprise. Ensuite, dans une boucle *While* on reste en attente tant que le CAN travaille et qu'il fournit `STATUS_BUSY` comme réponse à l'instruction de lecture du résultat de mesure du CAN `adc_read(&adc_instance, &daten)`. Cette instruction stocke alors la valeur de mesure dans la variable « `daten` » sur laquelle pointe également le pointeur que contient cette instruction. La valeur de mesure est, par l'opération `volt = daten`

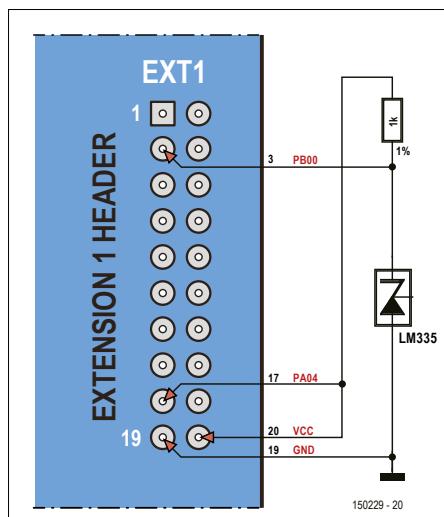


Figure 2. Le capteur de température avec résistance.



Figure 3. Deux composants – montage volant.

\* 0.000805, convertie en volts (0,000805 est le résultat de 3,3 V/4095). Il s'agit là du plus petit pas de résolution possible lorsque le CAN travaille en mode 12 bits. L'instruction `temperature = 25 + (volt - 2.945) / 0.01` convertit la tension mesurée sur le LM335 en une valeur de température. On soustrait à la mesure la tension de 2,945 V (ce qui correspond à 25 °C). C'est là notre valeur de base. Ensuite, on divise le reste par 10 mV vu que cette tension correspond à 1 °C. Il ne reste plus ensuite qu'à additionner 25 °C. On pourra ici, ultérieurement, ajuster la valeur de température mesurée.

Les deux instructions suivantes convertissent la valeur de température de type `float` en un tableau au format ASCII pour son envoi via l'UART. Pour cela, on commence par une multiplication par 100 afin de faire passer les deux décimales devant la virgule puis l'instruction `sprintf` (similaire à l'instruction `print` d'autres IDE) convertit cette valeur au format de la chaîne `temperature_buffer`. Dans la boucle *For* qui suit, l'instruction `uart_write_wait(&usart_instance, temperature_buffer[i])` envoie l'un après l'autre (*i* est incrémenté à chaque passage de boucle) les quatre chiffres par

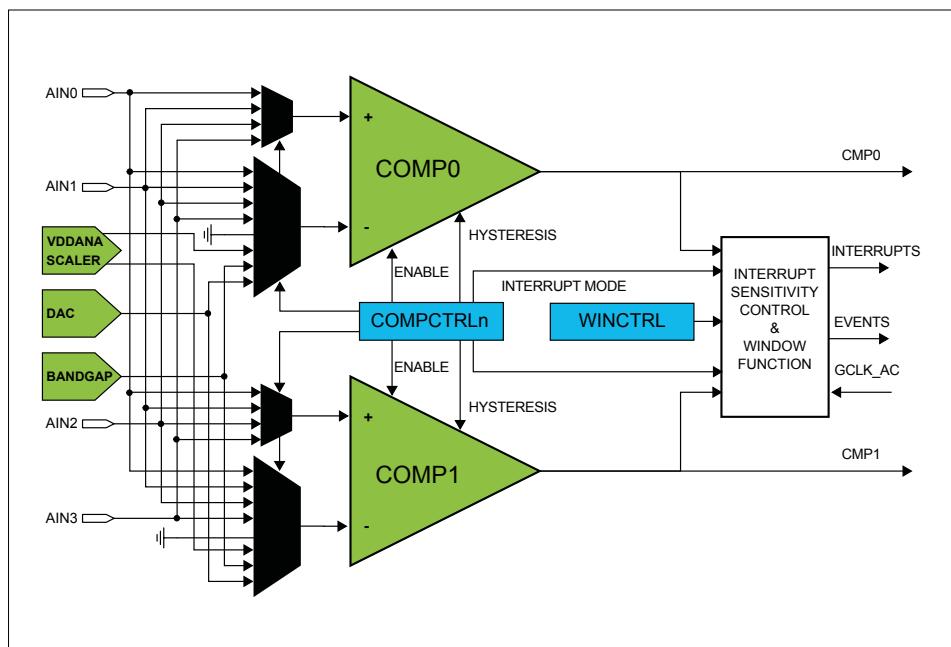


Figure 4. Synoptique des comparateurs analogiques.

le biais de l'UART. Les interrogations *If* qui précèdent déterminent l'instant d'envoi de la virgule : si la valeur est supérieure ou égale à 1000, la virgule (ASCII 44) est envoyée après le deuxième chiffre ; si elle est inférieure à 1000 (et qu'elle ne doit donc avoir qu'un chiffre avant la virgule), elle l'est déjà après le premier chiffre. La dernière interrogation *If* dans la boucle *For* envoie en outre, après le dernier chiffre, un saut de ligne (ASCII 10), afin que la température suivante s'affiche sur une nouvelle ligne. À la fin de la boucle sans fin, *delay\_s(1)* permet d'attendre une seconde avant l'envoi de la valeur suivante.

Dans ce projet, pour simplifier et à des fins de démonstration, nous avons utilisé l'Assistant ASF pour inclure la bibliothèque de l'U(S)ART ainsi que celle du CAN en version avec interrogation (*polled*). Comme dans la version *Polled*, il faut attendre que le caractère ait été envoyé et que l'instruction correspondante fournit alors la réponse *STATUS\_OK*, on retrouve les instructions d'envoi de l'U(S)ART dans des boucles *While*. Transférez le programme vers la carte et établissez le contact avec un programme de terminal (ne pas oublier DTR !). À cause de diverses influences externes potentielles, la valeur mesurée peut être différente de quelques degrés de la température réelle, voire fluctuer [3].

### Le comparateur analogique (CA)

Le SAM D20 possède deux CA pour comparer deux tensions. Ils indiquent comme résultat si la différence est positive (le premier canal a une tension supérieure au second) ou négative (la tension du second canal est supérieure à celle du premier), cf. structure en **figure 4**. On voit ici combien de sources différentes ces comparateurs connaissent et qu'ils peuvent, à l'image du CAN, collaborer en mode Fenêtre. Les CA peuvent déclencher des interruptions ou des événements ; il est même possible de définir une hystérésis pour éviter les interférences dues au bruit. En plus, on dispose d'un filtre numérique pour filtrer le signal d'entrée de manière à réduire la sensibilité au bruit du CA. En général, ce CA peut, tout comme le CAN, effectuer des mesures en continu ou n'en faire qu'épisodiquement (économies d'énergie). On trouvera d'autres données importantes sur le CA dans la feuille de caractéristiques, p. 521 sqq.

### Le CA au travail

Voici un projet de mise en œuvre rapide du CA. La LED0 de la carte SAM D20 Xplained Pro s'allumera lorsque la tension aux bornes du potentiomètre P1 est supérieure à celle sur P2 et s'éteindra dans le cas inverse. Pour ce faire, on branche deux potentiomètres selon le schéma de la **figure 5**, voire mieux encore, comme en **figure 6** sur une plaque d'essais. Les potentiomètres sont montés en diviseur de tension, de sorte que l'on applique une tension comprise entre 0 et 3,3 V à chacune des entrées du comparateur. Le code pour le projet « *First step with AC* » est facile à comprendre. Avec l'assistant ASF, on a recherché la variante *Callback* de la bibliothèque AC-ASF. Au début du fichier *Main* on inclut comme toujours le fichier *Asf.h* et spécifie les prototypes de fonction. Ensuite, on crée une structure *ac\_instance* de type *ac\_module*. Et voici déjà la première petite fonction constituée des trois instructions :

```
struct ac_config config_ac;
ac_get_config_defaults(&config_ac);
ac_init(&ac_instance, AC,
&config_ac);
```

Il est évident qu'ici on se limite à créer une structure de configuration que l'on remplit du préparamétrage pour la transférer immédiatement après à l'ensemble du bloc CA. Par la suite, il sera possible d'appeler le comparateur avec la structure *ac\_instance*. Le préparamétrage se résume à l'attribution de la source d'horloge (*GCLK-Generator 0*), qui cadence aussi la CPU et n'a donc pas besoin d'être activée spécifiquement.

La fonction de configuration la plus longue, mais aussi très importante du canal 0 et des broches d'entrée requises (listage 3 [2]) est plus complexe. Nous n'avons pas besoin du second canal pour notre projet qui se limite à comparer deux tensions. On crée d'abord la structure de configuration *config\_ac\_chan* avec *struct* et on initialise le préparamétrage avec *ac\_chan\_get\_config\_defaults(&config\_ac\_chan)*. Ensuite, plusieurs variables de cette structure sont dotées de paramètres par le biais de l'opérateur de type point. On commence par remplir la variable *sample\_mode* avec le paramétrage pour *single shot* (le CA n'effectuera qu'une seule mesure). Ensuite on relie, en interne, la broche

positive à AIN0 (PA04) et l'entrée négative à AIN1 (PA05). Ce ne sont pas les broches AIN0 et AIN1 du CAN ; attention à ne pas les confondre !

Ensuite, on active le filtre dit *Majority-of-five* pour le filtrage numérique des signaux d'entrée. On enregistre dans la variable *interrupt\_selection* l'instant de déclenchement d'une interruption. Dans notre cas, nous chargeons la variable avec la constante symbolique *AC\_CHAN\_INTERRUPT\_SELECTION\_END\_OF\_COMPARE*. La fonction *Callback* devrait donc être déclenchée après chaque mesure du CA.

Plus loin dans la fonction on effectuera un paramétrage plus précis des deux broches d'entrée PA04 et PA05 ; on commence d'abord par créer pour les broches la structure de configuration concernée *acx\_pin\_conf* (*x* = 0/1) pour ensuite charger les variables de la structure *direction* et *mux\_position* avec respectivement *SYSTEM\_PINMUX\_PIN\_DIR\_INPUT* et *MUX\_PA0xB\_AC\_AINx*. La première variable est, comme son nom l'indique, chargée de la direction (entrée/sortie) de la broche ; elle est toujours paramétrée en entrée, par le biais des constantes symboliques mentionnées plus haut. La seconde variable concerne le paramétrage de la broche. Dans la partie supérieure du code, on attribue une constante symbolique à la variable de structure relative à PA04 (AIN0) ; dans la partie inférieure une constante à la variable relative à PA05 (AIN1). À la fin des deux blocs, on transmet à chacune des broches correspondantes les paramètres stockés dans les structures de configuration. L'instruction qui s'en charge, *system\_pinmux\_pin\_set\_config(PIN\_PA0xB\_AC\_AINx, &acx\_pin\_conf)*, ne nécessite plus que la constante symbolique appropriée et la structure de configuration adéquate. Après ces deux blocs, on découvre la fonction de transfert et celle d'activation par le biais desquelles les paramètres prévus tout en haut de la structure de configuration *config\_ac\_chan* sont transmis à l'ensemble du canal 0. On y spécifie une fois encore la structure *ac\_instance*. Voici qu'apparaît déjà la fonction *Callback* baptisée *callback\_function\_ac*. Elle représente l'ISR (**Interrupt Service Routine**) de *Callback* à chaque interruption déclenchée après la mesure CA. L'ISR contient la partie la plus importante du programme. Il s'agit d'une analyse

du résultat de la mesure pour décider d'allumer ou d'éteindre LED0 de la carte Xplained-Pro. Jetons un coup d'œil au contenu de cette analyse de cas :

```
case 10: port_pin_set_output_level(LED_0_PIN, 1);
break;
case 12: port_pin_set_output_level(LED_0_PIN, 0);
break;
```

L'instruction `ac_chan_get_status(&ac_instance, AC_CHAN_CHANNEL_0)` interprète le résultat obtenu lors de la dernière mesure. Elle fournit un masque de bits du drapeau (*flag*) du canal : 10, lorsque la tension sur P1 (AIN0) dépasse celle sur P2 et 12, lorsque c'est l'inverse. Dans le second cas, LED0 est allumée, vu qu'elle est active au niveau bas. L'avantage de la LED embarquée est qu'il n'est pas nécessaire de commencer par configurer la broche correspondante sachant que cela s'est déjà fait automatiquement.

Après l'analyse de cas dans l'ISR, l'instruction `ac_chan_trigger_single_shot(&ac_instance, AC_CHAN_CHANNEL_0)` déclenche la mesure suivante ; elle n'a besoin que d'un pointeur vers la structure du CA et de la constante symbolique pour le canal à utiliser. La fonction suivante, la dernière avant la boucle *Main*, se nomme `configure_ac_callback` ; elle enregistre et active l'interruption (*Callback*). Les deux instructions sont structurées, comme d'habitude, en respect du modèle ASF. La première instruction servant à l'enregistrement de la *Callback* requiert un pointeur vers la structure de l'ensemble du CA, le nom de la *Callback* ISR et le type d'interruption (ici : `AC_CALLBACK_COMPARATOR_0`), la seconde est identique, mais sans le nom de la *Callback* ISR.

Voici enfin la fonction *Main* tant attendue : on commence par initialiser la MCU et appeler toutes les fonctions de configuration dont il vient d'être question. On trouve ensuite l'instruction `ac_enable(&ac_instance)` qui active le bloc CA complet, et tout de suite après l'instruction de lancement d'une première mesure du CA. La boucle sans fin est par ailleurs vide sachant qu'à partir de ce point on a toujours, à la fin de la mesure, appel de l'ISR mentionnée, à la fin de laquelle est démarrée la mesure suivante. Le noyau du programme tourne

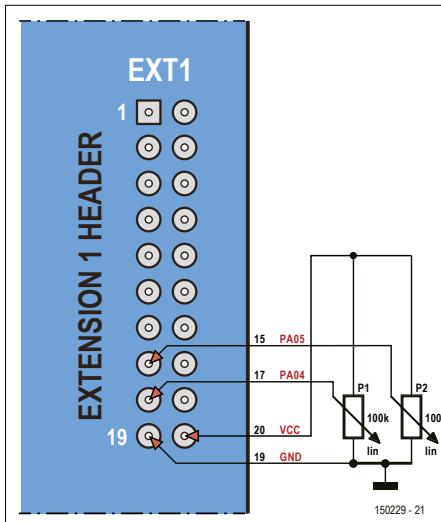


Figure 5. Le circuit à deux potentiomètres pour le test des comparateurs analogiques.

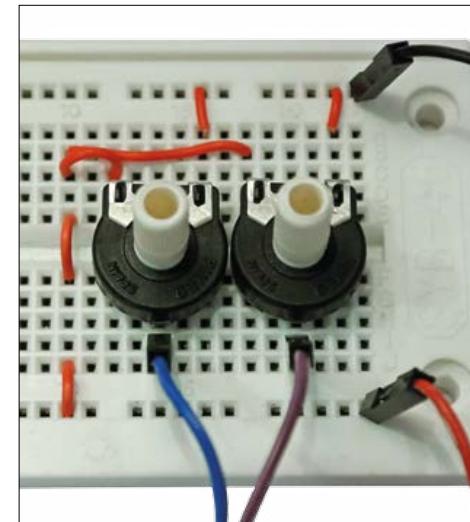


Figure 6. Les deux potentiomètres implantés sur la plaque d'essais.

pour ainsi dire dans une boucle sans fin d'interruption, qu'il suffit d'appeler une fois au début.

Avec « *Start without Debugging* » [4], vous pouvez maintenant transférer le projet vers la carte à laquelle les potentiomètres auront déjà été connectés.

### Le CNA

Rares sont les µC 8 bits dotés d'un **Convertisseur Numérique-Analogique** (CNA). Les CNA convertissent une valeur numérique en une tension analogique ; ils font donc exactement l'inverse du CAN. L'audio est le domaine d'application majeur des CNA. Notre SAM D20 dispose d'un CNA (synoptique en **figure 7**) avec un seul canal, mais une résolution suffisamment haute de 10 bits et une fréquence d'échantillonnage maximale de 350 kés.

Sur la gauche du synoptique on trouve nombre de registres, la plupart servent à la configuration du CNA ; nous n'en verrons pas le détail. Il suffit de savoir que le registre de données pour une valeur sur 10 bits à convertir dispose d'un registre-tampon de la même taille. Ils travaillent tous deux alors, si nécessaire, selon le principe FIFO (*First In First Out*). On a donc toujours traitement en premier des données actuelles. Si le CNA a reçu une instruction de conversion d'une valeur numérique en analogique, mais que le registre DATA est vide, on pourra, par ex., déclencher un événement *EMPTY* (vide). À l'inverse, un autre bloc de la MCU, le *Timer* par ex., déclenchera un événement *START* (démarrage) pour que le CNA lance une conversion.

Le synoptique montre qu'il existe nombre de sources de référence et d'options de

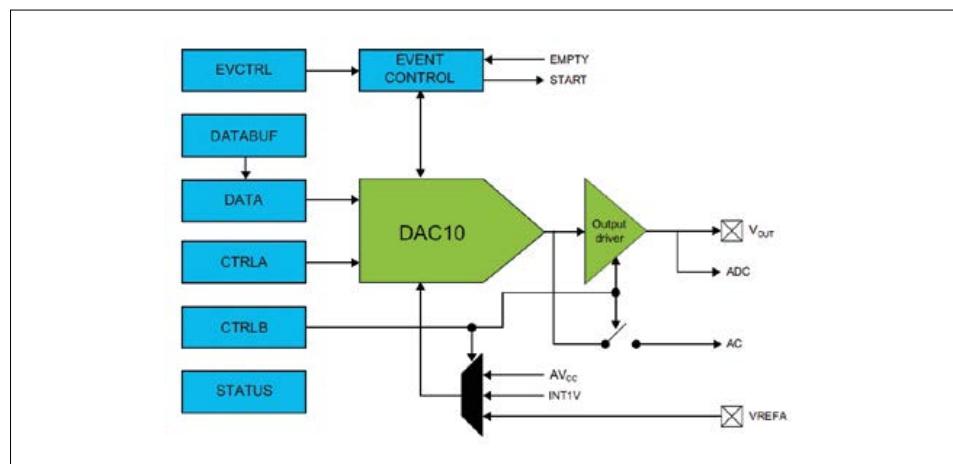


Figure 7. Vue d'ensemble du bloc du CNA.

## Vidéos didactiques d'illustration du cours

L'auteur du cours ARM a réalisé quelques vidéos (en allemand) dans lesquelles il parle de tous les membres de la famille SAM, des cartes d'extension et du logiciel. Vous pourrez découvrir les vidéos sur le canal YouTube d'Elektor :

[www.youtube.com/elektorde](http://www.youtube.com/elektorde).

sortie. Comme avec le CAN, il est possible, dans le logiciel, de sélectionner une tension de référence externe, la tension d'alimentation (AVCC) ou la tension de référence précise interne de 1 V. La valeur de la tension convertie présente sur la broche externe VOUT (PA02) peut être transmise à une entrée CAN (en intercalant un amplificateur interne optionnel) ainsi qu'au comparateur analogique. Le CAN peut, comme la plupart des autres périphériques du SAM D20, être soumis à une fréquence d'horloge en provenance de différentes sources de sorte que, lors d'une opération de lecture ou d'écriture, il faut synchroniser son horloge avec celle du bus de données interne. Pour plus de détails, voir la feuille de caractéristiques, p. 550 sqq.

Notre petit programme d'exemple qui utilise la version *Polled* de la bibliothèque ASF-DAC vous permettra de faire connaissance avec ce périphérique typique d'ARM ; il délivre un signal sinusoïdal d'une amplitude de 3,3 V, à une fréquence

de quelque 500 Hz. Vous pouvez, comme le montre la **figure 8**, connecter un résonateur piézo-électrique ou examiner le beau signal sinusoïdal l'aide d'un oscilloscope. Comme le bruit du résonateur piézo-électrique est minime en raison de la faible amplitude, collez-le sur un mini-caisson de résonance.

Passons au fichier Main ! Après l'inclusion d'ASF.h et des prototypes de fonction, on a la déclaration de la variable i, utilisée plus loin pour la boucle For, et la déclaration et l'initialisation d'un tableau « sinus » rempli de 360 valeurs de sinus (que fournit le générateur de sinusoïde en ligne [5]). La valeur la plus faible est 0, la plus élevée 1023 ; on exploite ainsi au maximum la résolution de 10 bits du CNA. Les deux fonctions de configuration du CNA (structure dac\_instance de type dac\_module) dans le listage 4 [2] configurent l'ensemble du bloc CNA en respect du modèle classique : on crée une structure de configuration appelée config\_dac, que l'on remplit ensuite des paramètres standard puis, par l'opérateur de type point, des paramètres souhaités dans les variables de structure. Dans notre cas, le CNA reçoit son horloge du GCLK Generator 0, la sortie du CNA est amenée à la broche de sortie PA02 et la tension d'alimentation de 3,3 V paramétrée en tant que tension de référence par le biais de l'instruction config\_dac.reference = DAC\_REFERENCE\_AVCC;. Ensuite l'instruction dac\_init(&dac\_instance, DAC, &config\_dac) transmet au CNA les paramètres appliqués dans la structure de configuration.

La seconde fonction de configuration est

encore plus facile à comprendre. Ici, le canal CNA 0 est configuré séparément par le biais de la structure de configuration config\_dac\_chan créée auparavant, par chargement du préparamétrage et transfert de la structure vers le canal par l'instruction dac\_chan\_set\_config(&dac\_instance, DAC\_CHANNEL\_0, &config\_dac\_chan);. Dans la fonction Main, après l'initialisation de l'ensemble de la MCU et du timer SysTick pour la fonction Delay, on appelle les deux fonctions de configuration et ensuite l'instruction dac\_enable(&dac\_instance) active l'ensemble du CNA.

La boucle sans fin est bien le cœur du programme, mais elle ne contient qu'une boucle For qui, par le biais de la fonction dac\_chan\_write(&dac\_instance, DAC\_CHANNEL\_0, sinus[i]), convertit immédiatement en une valeur de tension chacune des valeurs stockées dans le tableau « sinus ». Après la compilation et le transfert du programme « 500Hz with DAC », on obtient en sortie un signal sinusoïdal de 500 Hz bien propre. Pourquoi pas de fréquence plus élevée, bien que le programme ne comporte pas la moindre instruction Delay (temporisation) ? Tout simple – il faut au CNA un certain temps pour exécuter l'instruction. Avec une fréquence d'horloge plus élevée ou un tableau comportant moins de valeurs de sinus, il est possible d'obtenir des fréquences de sortie sensiblement plus élevées. L'insertion d'une instruction Delay au sein de la boucle For, permet de diminuer la fréquence. Un CNA est donc un superbe outil de composition. Mais il peut également servir au test d'un circuit analogique [6].

Cette partie du cours nous a permis d'entrer dans le monde analogique ô combien décisif du SAM D20 ; dans la prochaine partie, nous nous attaquerons à un projet plus substantiel avec SPI. Vous savez donc à quoi vous attendre !

(150229 – version française : Guy Raedersdorf)

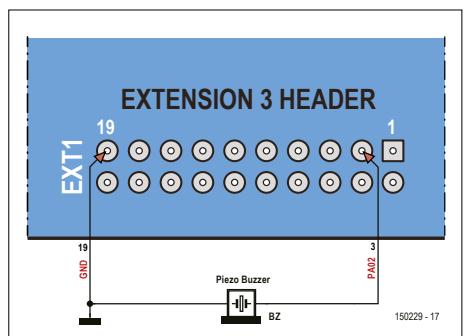


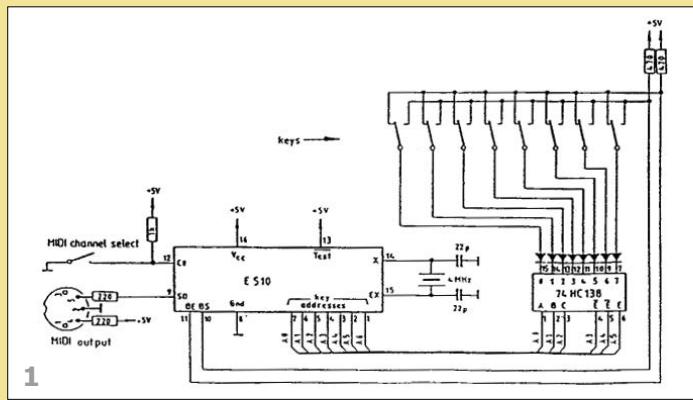
Figure 8. Le circuit ne comporte rien de plus que la carte et le résonateur piézo-électrique.

### Liens

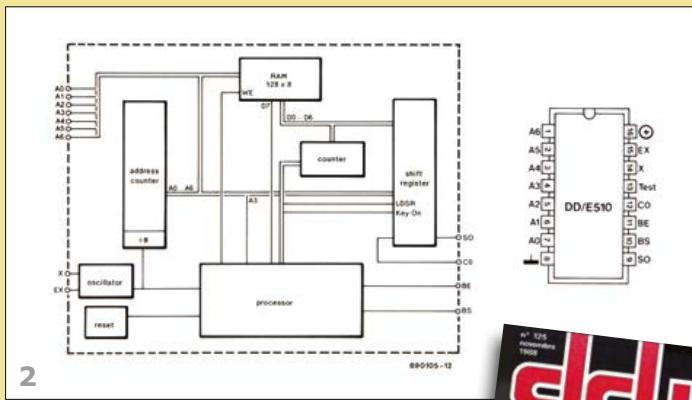
- [1] [www.ti.com/lit/ds/symlink/lm235.pdf](http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm235.pdf)
- [2] [www.elektor-magazine.fr/150229](http://www.elektor-magazine.fr/150229)
- [3] [www.atmel.com/images/atmel-42109-sam-d20-analog-to-digital-converter-driver-adc\\_application-note\\_at03243.pdf](http://www.atmel.com/images/atmel-42109-sam-d20-analog-to-digital-converter-driver-adc_application-note_at03243.pdf)
- [4] [www.atmel.com/Images/Atmel-42106-SAM-D20-Analog-Comparator-Driver\\_Application-Note\\_AT03242.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-42106-SAM-D20-Analog-Comparator-Driver_Application-Note_AT03242.pdf)
- [5] [www.daycounter.com/Calculators/Sine-Generator-Calculator.phtml](http://www.daycounter.com/Calculators/Sine-Generator-Calculator.phtml)
- [6] [www.atmel.com/Images/Atmel-42110-SAM-D20-Digital-to-Analog-Driver-DAC\\_Application-Note\\_AT03244.pdf](http://www.atmel.com/Images/Atmel-42110-SAM-D20-Digital-to-Analog-Driver-DAC_Application-Note_AT03244.pdf)

# Doepfer E510, puce pour clavier MIDI

## drôle de composant n°16



1



2

Neil Gruending (Canada)

Un gestionnaire de clavier MIDI a du boulot. Il doit scanner beaucoup de touches, et vite, pour distinguer celles qui sont jouées de celles qui ne le sont pas (ou plus). Certains se contentent de détecter l'état des touches, d'autres mesurent la vitesse à laquelle chaque touche est pressée et reproduisent ainsi le toucher de celle ou celui qui joue. Une solution classique est la puce de clavier MIDI Doepfer E510 de 1988 (environ). Conçue par Böhm, le géant des orgues électroniques et fabriquée par Elmos, la E510 était vendue par Dieter Döpfer. Elle a simplifié la vie des amateurs et a été décrite dans un article d'Elektor [1].

Les touches des claviers utilisent généralement un inverseur SPDT (*single pole double throw*). Le contact normalement fermé (NF) l'est tant que la touche correspondante est relâchée, le contact normalement ouvert (NO) se ferme quand la touche est en fin de course. Ceci permet de détecter l'action sur une touche (le contact NF s'ouvre) et de déterminer la vitesse à laquelle la touche est actionnée en chronométrant le temps qui passe jusqu'à ce que le contact NO se ferme. Cette information de vitesse (appelée *VELOCITY*) détermine le volume de la note à jouer. La **figure 1** montre un agencement typique de touches ainsi que la manière dont elles sont reliées à une puce E510. Tout cela date de la fin des années 80, il existait des microprocesseurs, mais pas encore de microcontrôleurs ! L'astuce de la E510 (**fig. 2**), un automate fini (non programmable) consistait à prendre en charge les 128 touches, échantillonées individuellement, en appliquant l'adresse de chaque touche, de 0 à 127, sur ses broches d'adresse. Celle-ci sera décodée par un décodeur 3-vers-8 74HC138 afin qu'une seule des 128 touches soit active à un instant donné. Les touches inactives recevront un 1 logique du décodeur ; seule la touche active verra un 0. Les diodes servent à isoler les touches les unes des autres et masquent les activations fantômes. La E510 utilise ensuite sa broche BE (NF) et sa broche BS (NO) pour interroger l'état de la touche échantillonnée. Si la broche BE

indique une activation de la touche, alors la E510 mesurera également la vitesse en décomptant depuis 127 jusqu'à ce que la broche BS s'active. Ce processus est répété successivement pour chacune des touches.

Une fois que la E510 a terminé d'échantillonner une touche, elle charge le résultat dans un grand registre à décalage qui voit son contenu sérialisé dans un format compatible avec MIDI. Les fréquences d'échantillonnage et la résolution temporelle sont fonction de la fréquence de l'horloge. Avec un quartz à 4 MHz, les données sont envoyées à 31250 baud et la résolution temporelle est d'environ 256 µs.

On trouvait la E510 dans des claviers comme le MMK2 de Doepfer. Elle est aujourd'hui obsolète, mais pas le principe qu'elle utilisait. On peut recréer une fonction équivalente avec un µP ou un CPLD, notamment quand il faut dépanner de vieux claviers. Dieter Döpfer est toujours actif dans le domaine des instruments de musique électronique amateurs [3] et la E510 conservera longtemps sa place au panthéon d'Elektor. ▶



(150228 – version française : Kévin Petit)

### Liens

- [1] *Interface universelle pour clavier MIDI*, Elektor n°132 de juin 1989, p.35 ; voir également *Mini-clavier midi*, Elektor n°125 de novembre 1988, p.56
- [2] [www.cedos.com/datasheets/E510.pdf](http://www.cedos.com/datasheets/E510.pdf)
- [3] [www.doepfer.de](http://www.doepfer.de)



# SmartScope

## instrument multiplateforme

### un oscillo USB subtil et effronté

Harry Baggen (Elektor)

La plupart des oscilloscopes USB sont pensés pour fonctionner en interaction avec un PC sous Windows ou Linux. Le SmartScope fait bande à part, sous l'influence des nouvelles plateformes comme la tablette Android, l'iPad ou le système OS X. Son logiciel lui permet d'ailleurs de présenter une interface utilisateur identique sur tous les ordinateurs. Nous l'avons approché par le biais du PC autant que de la tablette.

Descriptions et bancs d'essai d'oscilloscope (USB) n'ont pas manqué dans les colonnes d'Elektor, mais avec le SmartScope, nous avons rencontré un instrument de mesure qui se distancie clairement de la concurrence, tant par le matériel que par le logiciel. Avant de l'examiner de près, revisitons la genèse du projet.

#### L'histoire

Riener Grootjans, un électronicien, s'est acheté différents oscilloscopes USB pour son travail et aussi pour son passe-temps. Il n'en était pas content, au point de réfléchir à créer lui-même l'appareil qui satisferait tous ses désirs : multifonctionnel, mobile, facilement extensible et d'un maniement intuitif. Avec deux amis, il a lancé le développement du SmartScope.

par une campagne de collecte de fonds. En un mois, leur petite société LabNation a récolté plus de 300 000 \$, de quoi démarer la production. Restait le dur labeur de mettre le projet sur les rails. Avant la campagne, le matériel était déjà prêt, mais l'attente du public était si grande d'y incorporer un tampon d'échantillonnage qu'il a fallu tout reprendre à zéro. Après de nombreuses nuits blanches, le projet est au point, la production peut commencer en août 2014 et à la fin de l'année, les 1 500 bailleurs de fonds ont reçu leur SmartScope.

#### Matériel

De l'extérieur, le SmartScope se présente comme une petite boîte métallique, protection obligée, avec en façade deux vrais connecteurs BNC pour les entrées analogiques. À l'arrière, un

connecteur à 16 broches porteur de 8 entrées numériques pour l'analyseur logique, 4 sorties numériques et la sortie du générateur de formes d'ondes définies arbitrairement (AWG, *arbitrary waveform generator*) embarqué. On trouve aussi à l'arrière un connecteur mini USB pour la liaison à une tablette, un téléphone tactile ou un ordinateur et un micro USB pour le raccordement à une alimentation séparée et prévu pour coupler plusieurs SmartScopes dans le futur. Jusqu'à présent, il ne peut normalement analyser que deux canaux.

Sur le circuit imprimé, un puissant FPGA Xilinx Spartan 6 exécute les tâches principales telles que le traitement des données de mesure entrantes et la commande de l'AWG. C'est un convertisseur A/N de 100 Méch/canal (mégachantillons) qui réalise la conversion des signaux d'entrée avec une résolution de 8 bits. Une puce de RAM assure au tampon une capacité de 4 Méch/canal. La communication avec l'ordinateur associé est réalisée par un contrôleur PIC sur le port USB. On trouve encore à l'entrée quelques relais et amplificateurs opérationnels pour les commutations de gammes et choisir entre CC et CA.

La bande passante de la section analogique d'entrée est de 45 MHz. C'est beaucoup par rapport à la fréquence d'échantillonnage de 100 MHz, mais le but est d'atténuer le moins possible les signaux à observer. LabNation indique que la plage du signal d'entrée utilisable va jusqu'à 10 ou 20 MHz.

## Logiciel

Un objectif majeur que les développeurs ont poursuivi a été de créer un logiciel capable de tourner sur pratiquement tous les systèmes d'exploitation en utilisant toujours la même interface utilisateur. Ils ont pleinement réussi. C'est, à notre connaissance, le seul oscilloscope qui fonctionne avec presque tous les systèmes : Windows 7/8, Linux, OS X, iOS (débridé) et Android 4.0+. Du PC au portable, de la tablette au mobile tactile, tous le comprennent dans leur langue.

Les concepteurs se sentaient aussi confinés par la manière dont on se sert de la plupart des oscilloscopes USB. L'interface graphique n'est généralement qu'une pâle copie de la face avant des oscilloscopes des années 50. On y voit d'habitude le tableau de bord, boutons à tourner compris, ou bien des menus déroulants pour la sélection des différents réglages. Réminiscences nostalgiques pour les anciens, mais plus du tout d'actualité et vraiment pas très intuitifs.

Le logiciel pour le SmartScope se devait d'innover et de permettre l'usage d'interfaces modernes comme l'écran tactile. Pas si difficile à réaliser à première vue, mais il a fallu un énorme travail de réflexion et de nombreuses versions du logiciel avant d'y parvenir. Le résultat est une interface qui vous fera certainement penser à votre première confrontation à une tablette ou un téléphone tactile. Assez étrange au début, mais on y vient tout naturellement. C'est exactement comme de mettre une tablette dans les mains de quelqu'un pour la première fois : il joue un peu avec elle et un quart d'heure plus tard, il travaille dessus comme s'il n'avait jamais rien fait d'autre. C'est pareil avec le logiciel du SmartScope. Il faut se familiariser un peu avec lui, mais il est tellement évident à l'usage qu'on ne voudrait plus retourner à l'ancienne version.



Figure 1. SmartScope et une tablette, un mariage parfait.

## Possibilités

J'ai installé le logiciel sur un PC Windows et une tablette Android. Un appareil Android doit être doté de la version 4.0 au moins et du support pour USB hôte. Toutes les versions du logiciel sont disponibles sur le site de LabNation [1], on trouve aussi l'app Android sur Google Play. Sur une tablette, il faut aussi disposer d'un câble micro USB OTG (de quelques euros) pour effectuer la liaison. La combinaison d'une tablette et d'un SmartScope constitue une station de mesure mobile pratique, du fait que l'oscilloscope peut être alimenté par la tablette et, à l'utilisation, le tout reste totalement indépendant du secteur.

Après le lancement du logiciel, c'est d'abord le micrologiciel complet qui est chargé dans le FPGA pour le SmartScope, ce qui prend environ une seconde. De cette manière, c'est toujours la dernière version qui se charge et l'appareil n'a besoin ni d'un chargeur d'amorçage ni d'une mémoire flash.

Le logiciel a la même apparence sur les deux systèmes et s'ouvre toujours en mode « oscilloscope » (figure 2). À gauche

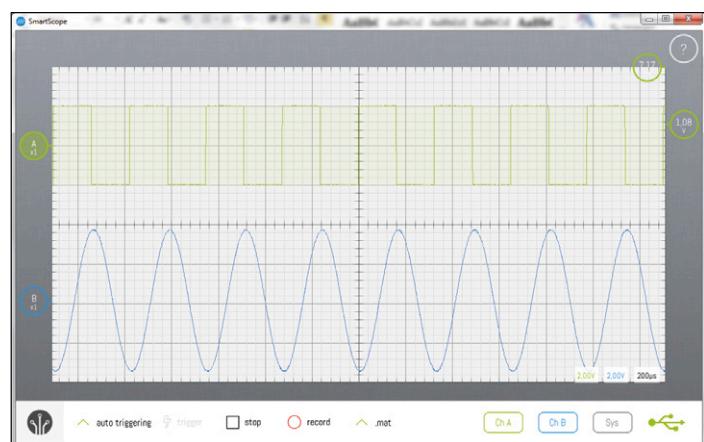


Figure 2. L'écran du SmartScope ne s'encombre pas de boutons ni d'autres organes de commande, touchez si vous le pouvez, sinon, mettez la souris à contribution.

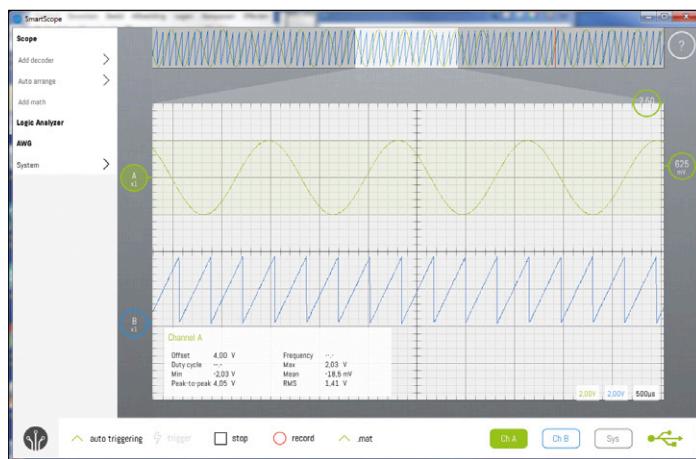


Figure 3. On peut voir l'ensemble du contenu de la mémoire tampon en haut de l'écran pour, d'une manière ou d'une autre, en choisir un fragment et l'examiner en détail.

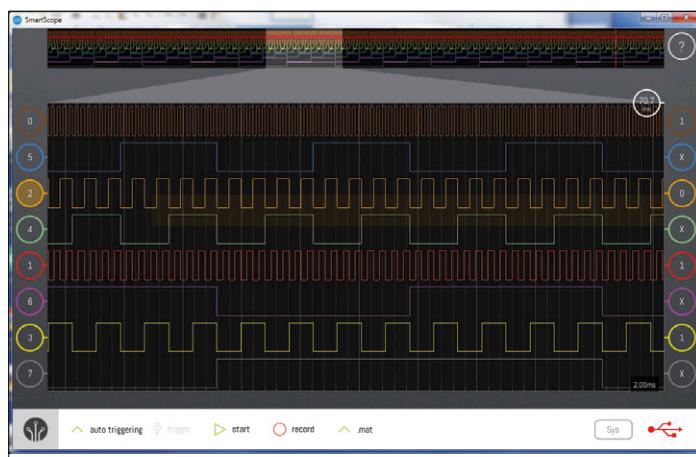


Figure 4. Les huit canaux de l'analyseur logique. Promenez-vous à l'aise parmi les quatre millions de valeurs mesurées et enregistrées. Analysez-les en détail. L'arrière-plan noir vous rappelle que vous n'êtes pas en temps réel.

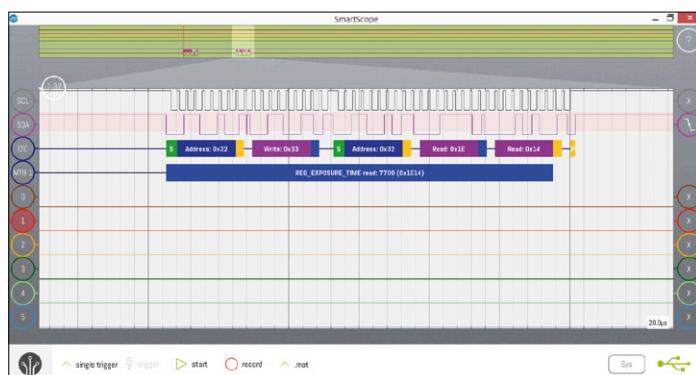


Figure 5. D'abord, SmartScope décide le protocole du bus I<sup>2</sup>C pour en extraire les données qui, ainsi recueillies, passent dans un autre décodeur, fait maison, pour rendre les valeurs intelligibles.

se trouve le menu principal avec toutes les possibilités de réglage. En dessous, il y a quelques réglages d'usage fréquent. Le reste de l'écran est occupé par l'écran de mesure avec graticule où s'affichent les signaux observés. Il peut s'agir de ceux issus des deux entrées analogiques ou des huit signaux numériques en mode « analyseur logique ». Quand on utilise l'un des décodeurs sériels embarqués, on peut aussi y voir les données calculées.

Jusqu'ici, rien de bien spécial, mais ce qui frappe surtout, c'est qu'on est débarrassé de cette multitude de boutons et de réglages. À leur place, ce sont les clics de souris ou l'écran tactile que l'on manipule directement. C'est avant tout une autre façon d'aborder la question. Mais quand vous avez trouvé comment et où se trouve un réglage et de quelle manière l'influencer, par exemple changer l'atténuation d'entrée en adaptant le signal avec deux doigts qui s'écartent ou se rapprochent, vous savez qu'il n'y a rien de mieux.

À gauche, à côté de la grille, se place en face de chaque signal coloré un rond de la même couleur dans lequel on peut puiser une série de fonctions. Touchez-le ou cliquez dessus, un petit menu s'inscrit pour le réglage du couplage CC/CA, le déclenchement, l'atténuation des sondes de mesure et l'élimination du signal. À droite aussi se trouve un rond tout pareil dans lequel vous pouvez choisir des choses comme le canal de synchronisation et le choix du flanc.

On peut appeler une trousse de mesure qui contient toutes les données importantes et les réglages appropriés au signal. Une fois qu'on n'en a plus besoin, on la jette hors de l'écran ou la fait disparaître d'un clic.

En haut de l'écran, vous pouvez appeler le tampon de mémoire matériel. La totalité de son contenu de quatre mégachantillons est visible, accessible du bout du doigt ou à la souris pour une étude précise.

Le menu de gauche recèle tous les réglages pour l'AWG. L'utilisateur peut alors choisir parmi un nombre de formes d'ondes standard ou en définir une lui-même au format d'un fichier CSV, accessible en passant par Dropbox ou localement.

Très utile aussi, la présence de décodeurs numériques dans le logiciel. Rare, dans cette gamme de prix, de les trouver déjà installés ; d'habitude, il faut les acheter séparément. Ils permettent de disséquer diverses sortes de formats numériques et par exemple de montrer à l'écran directement les valeurs des adresses ou des données. Actuellement, ils décodent les flux I<sup>2</sup>C, SPI à 3 et 4 fils et UART, d'autres suivront. Mais dès maintenant, chacun peut très facilement écrire son propre décodeur et le mettre à la disposition de la communauté SmartScope. Un tel décodeur tient dans un seul fichier dll à placer dans un dossier système. Il est conçu de manière telle qu'il fonctionne en mode natif sur toutes les plateformes.

J'ai passé sous silence ici quelques fonctions, mais même sans elles, vous pouvez vous faire une opinion sur les potentialités de cet oscilloscope.

## En pratique

Il est temps de brancher cet instrument et de le mettre vraiment à l'épreuve. J'ai commencé par la version sur PC et là, déjà j'ai dû changer mes habitudes. Au début, on a fréquemment recours au menu d'aide ou bien on essaie de découvrir



# Le tampon de mémoire embarqué est unique pour ce prix-là

tout seul une fonction particulière. Il faut un certain temps pour pouvoir utiliser le programme les yeux fermés, ce qui n'est évidemment pas le but devant un oscilloscope. Avec la tablette, tout va quand même plus vite, on se rend bien compte que le logiciel a été pensé pour l'écran tactile. Dans ces conditions, quelques minutes suffisent à se familiariser avec l'instrument et il est beaucoup plus simple de passer aux essais.

Dans un cas comme dans l'autre, il saute aux yeux que le SmartScope réagit vite, les sensations sont les mêmes qu'avec un oscilloscope traditionnel, tandis que sur de nombreux appareils USB, on remarque un certain retard dû au traitement du signal et à sa reproduction sur l'ordinateur. Ici, on n'aperçoit rien de tel, c'est instantané. On peut aussi modifier les échelles de temps et de tension par des mouvements de deux doigts ou avec la roulette de défilement de la souris, alors simultanément, les divisions de l'échelle s'adaptent vers des valeurs arrondies. Il est même possible d'obtenir des échelles de tension différentes pour chaque signal analogique d'entrée.

Très pratique à l'usage, la barre de panoramique que l'on peut appeler en haut d'image. Elle montre la totalité des quatre millions d'échantillons stockés dans la mémoire matérielle. Vous pouvez en sélectionner une partie avec la souris ou au toucher, elle s'affichera dans la grande fenêtre. On peut aussi envoyer le contenu complet du tampon dans un fichier.

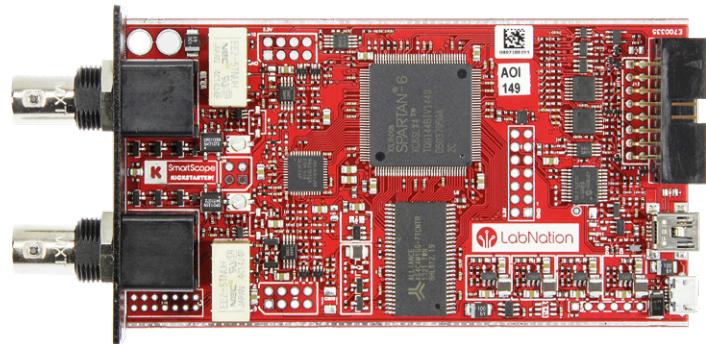
L'AWG peut, d'origine, produire toutes sortes de formes d'onde dont on a la possibilité de changer les paramètres. Les curseurs sont fort petits, tellement qu'il est malaisé de régler une fréquence précise, en particulier. Un réglage supplémentaire (numérique ?) serait ici le bienvenu. Reste la composition personnelle d'une forme d'onde en passant par un fichier CSV, ce qui n'est pas tellement convivial, mais les concepteurs ont déjà annoncé qu'ils étaient occupés à ajouter des possibilités et des fonctions complémentaires, et ce point sera certainement encore amélioré.

L'analyseur logique est aussi simple à mettre en œuvre que l'oscilloscope. Les électroniciens utilisent la fonction d'analyseur logique sur un appareil autonome, mais peu en raison de la complexité du maniement. Toutefois ici, c'est vraiment d'une simplicité enfantine. Par des clics ou des pichenettes sur les ronds, vous formez un mot de déclenchement de 8 bits. Le logiciel de cette partie-ci est aussi en cours d'extension. Vous pouvez utiliser les décodeurs numériques du SmartScope aussi bien sur des signaux analogiques que numériques pour décoder divers protocoles. Les plus coutumiers y sont présents et un petit test sur le bus I<sup>2</sup>C montre vite les grands avantages de ces décodeurs. Vous avez directement à l'écran les valeurs ou les adresses sans vous donner de peine. On peut même brancher deux décodeurs en série de façon telle que le second effectue une opération sur les résultats livrés par le premier. La **figure 5** en est un exemple, les données dans le tampon matériel ont été d'abord extraites du protocole I<sup>2</sup>C pour passer dans un décodeur fait sur-mesure qui facilite la

lecture en concaténant les valeurs de deux octets pour en faire un nombre (1E14<sub>H</sub> = 7 700<sub>10</sub>).

## Conclusion

Même si de prime abord les possibilités et spécifications du SmartScope ne diffèrent pas tellement de celles de produits similaires dans cette gamme de prix, il offre pourtant quelques particularités que l'on ne trouve nulle part dans ce segment, comme le tampon matériel et les décodeurs numériques. Cet instrument met à votre disposition tout un arsenal de mesures : deux canaux analogiques, huit entrées numériques, quatre sorties numériques programmables, sans oublier les formes d'ondes arbitraires de l'AWG. Ajoutez-y les accessoires fournis, deux sondes de mesure, les câbles de raccordement pour l'AWG et les E/S numériques, des clips de test et un câble USB. Le tout pour 230 €, ce SmartScope est vraiment une affaire. Ce qui rend son logiciel unique, c'est qu'il tourne sur presque toutes les plateformes. La manipulation nécessite un certain



temps pour s'y habituer et son style ne conviendra pas à tous les goûts, mais je suis sûr qu'au fil du temps, le SmartScope va s'améliorer, s'étendre et devenir très souple. Les concepteurs de LabNation travaillent en permanence au logiciel et depuis que j'utilise l'instrument, il y a eu de nombreuses évolutions et extensions.

Le mieux est d'exploiter le SmartScope en combinaison avec un écran tactile, c'est plus agréable qu'avec une souris. Mais sachant que les électroniciens ne peuvent plus se passer d'un PC ou d'un portable, j'ai vite fait mon choix. Je vais demander à mon patron s'il y a encore un budget pour un portable avec Windows 8 et un écran tactile. C'est vraiment l'idéal pour travailler avec ce SmartScope !

(150153 – version française : Robert Grignard)

**En raison de ses possibilités multiples et de l'excellent rapport qualité/prix du SmartScope, il est d'ores et déjà disponible dans l'e-choppe, allez donc le voir sur [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr).**

## Liens

[1] [www.elektor.fr/labnation-smartscope](http://www.elektor.fr/labnation-smartscope)

# trucs & astuces pour le logiciel DesignSpark Mechanical/CAD

## 2<sup>ème</sup> partie : ajouter des cotes à un modèle 3D

Neil Gruending (Canada)

La fois dernière nous avons vu comment ajouter un connecteur à un circuit imprimé puis modifier le boîtier en conséquence. Ajoutons maintenant des cotes au boîtier pour la découpe du connecteur.

### Créer des plans d'annotation

Avant de pouvoir ajouter des cotes à notre modèle, il nous faut quelque part où les placer. DesignSpark Mechanical utilise pour cela des plans d'annotation. Ce sont des surfaces planes utilisées pour les informations de documentation telles que les cotes. Les plans d'annotation sont comme les plans standards et peuvent être alignés sur une arête, une ligne, un axe ou une combinaison des trois. Le plus facile pour créer un plan d'annotation est de cliquer sur l'outil *Dimension* dans l'onglet *Investigate* et de sélectionner la face du boîtier avec la découpe pour le connecteur (**fig. 1**).

L'outil *Dimension* mettra en surbrillance la ligne ou face sous le curseur et ajoutera un contour type fil de fer pour indiquer où le plan serait créé. Dans cet exemple on peut voir où le plan serait créé grâce à la face sélectionnée, mais comme les côtés du boîtier sont légèrement effilés, le plan d'annotation forme un léger angle avec l'axe Z. Si cela ne vous convient pas, sélectionnez d'abord un axe.

Vous pouvez utiliser l'outil *Axis* de l'onglet *Insert* pour créer un axe pour le plan d'annotation. Vous pourriez par ex. ensuite

cliquer sur l'arrête intérieure supérieure de la face découpée pour ajouter une ligne en trait mixte que vous pourriez ensuite utiliser pour le plan d'annotation (**fig. 2**). Ce plan serait alors parallèle à l'axe Z.

### Ajouter des cotes

Ajoutons maintenant des cotes au plan d'annotation créé avec l'outil *Dimension*. Il est plus facile de visualiser le plan d'annotation de face, c'est pourquoi j'ai fait tourner le modèle en cliquant sur le bouton *Plan View* du menu *Orient* (**fig. 3**). J'ai ensuite utilisé l'outil *Dimension* pour ajouter les cotes linéaires.

Ajouter des cotes avec l'outil *Dimension* est très facile : la plupart du temps il suffit de cliquer sur les deux éléments que l'on souhaite mesurer. Les éléments peuvent être n'importe quel point, ligne ou face. Si les éléments sont parallèles, l'outil *Dimension* créera une cote linéaire qui mesure la distance entre les deux. Sinon, l'outil *Dimension* mesurera l'angle entre les deux. Une fois la cote créée, vous pouvez la placer avec la souris. L'outil *Dimension* est alors toujours actif et modifiera donc les lignes et flèches si nécessaire pendant le déplacement de

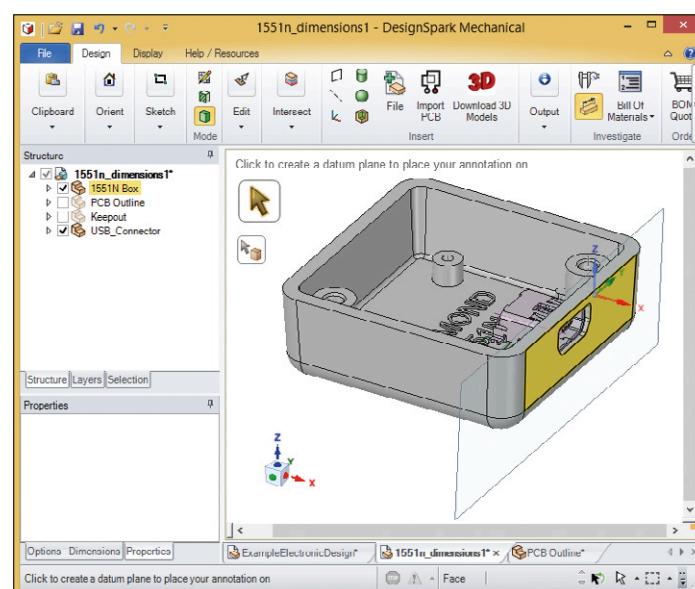


Figure 1. Face avec la découpe du connecteur.

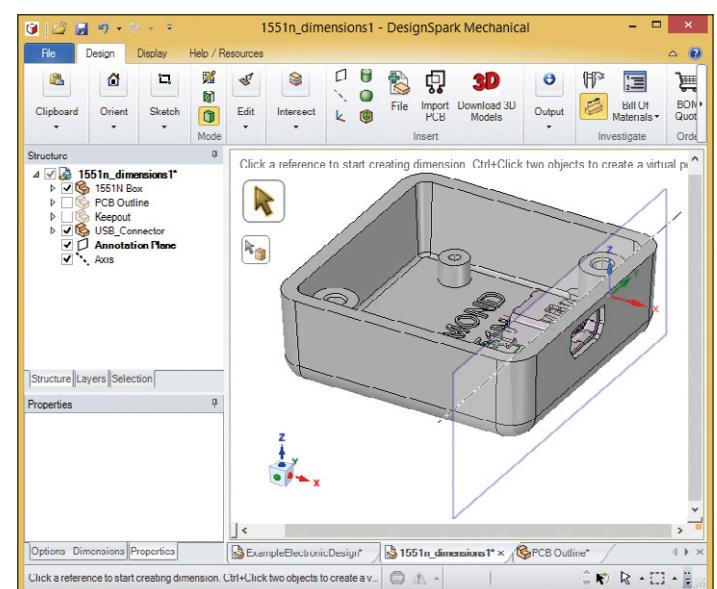


Figure 2. Plan d'annotation pour la face du connecteur.

la cote. Une autre fonction plaisante : lorsqu'un seul élément est sélectionné, cet outil affiche la distance avec le pointeur de la souris lorsque vous le déplacez sur d'autres éléments.

Vous pouvez aussi ajouter des cotes angulaires qui ne nécessitent qu'un point de mesure. Il faudra cliquer sur le haut, le bas, la gauche ou la droite d'une portion d'arc. Sinon l'outil *Dimension* supposera que vous essayez de mesurer entre deux points. Il est également possible de mesurer un arc en maintenant la touche CTRL enfoncée tout en cliquant dessus. Vous pouvez maintenir la touche enfoncée en déplaçant la cote. Le coin inférieur gauche de la figure 3 montre aussi le panneau d'options qui s'affiche lorsque l'outil *Dimension* est actif. C'est là que vous pourrez régler l'orientation utilisée par l'outil *Dimension* pour ajouter de nouvelles cotes. Les paramètres par défaut sont automatiques, mais vous voudrez sans doute les fixer si vous ajoutez un grand nombre de cotes.

### Éditer les cotes

Les cotes d'un modèle sont aussi des objets intelligents, c'est-à-dire que vous pouvez les éditer n'importe quand en cliquant dessus. Si vous cliquez sur le texte d'une cote, il sera mis en surbrillance (**fig. 4**). Vous pourrez ajuster la taille du texte en cliquant sur les petits cercles et en les déplaçant dans la direction souhaitée. Survoler le rectangle en pointillés avec le pointeur permet de déplacer le texte.

Cliquer avec le bouton droit de la souris sur une cote fera apparaître une barre d'outils flottante (**fig. 5**). C'est là que vous pourrez ajouter une note à la cote, changer le type de tolérance, ajouter un champ de données ou insérer des symboles dans le texte de la cote. Les autres paramètres, comme le type de flèche, se règlent dans la fenêtre de propriétés.

Les cotes ajoutées jusqu'ici sont en millimètres, mais il est possible de changer les unités de mesure en vous rendant

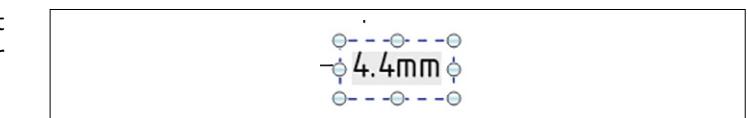


Figure 4. Modification du texte d'une cote.

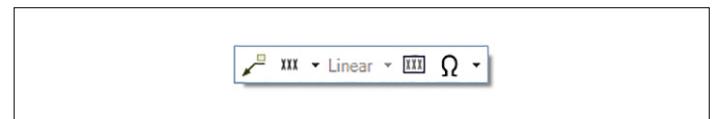


Figure 5. Barre d'outils de cote.

dans le menu *File*, en sélectionnant *DesignSpark Options* puis en cliquant sur *Units*. Vous pourrez y changer les unités de longueur, angle, masse, etc. ou encore y spécifier la précision des mesures.

### Utiliser les plans d'annotation

Une fois l'ajout des cotes au plan d'annotation terminé, vous obtenez quelque chose comme la **figure 6**. Comme vous pouvez le voir, toutes les cotes se trouvent dans un seul plan et peuvent donc facilement être manipulées ensemble. Vous pourriez par ex. désactiver l'affichage des cotes en décochant *Annotation Plane* dans la fenêtre de structure du modèle.

### Conclusion

L'outil *Dimension* de DesignSpark Mechanical est un moyen puissant d'ajouter des cotes à un modèle. Je n'ai fait qu'effleurer sa flexibilité ici et vous encourage à expérimenter pour voir ce dont il est capable. ▶

(150218 – version française : Kévin Petit)

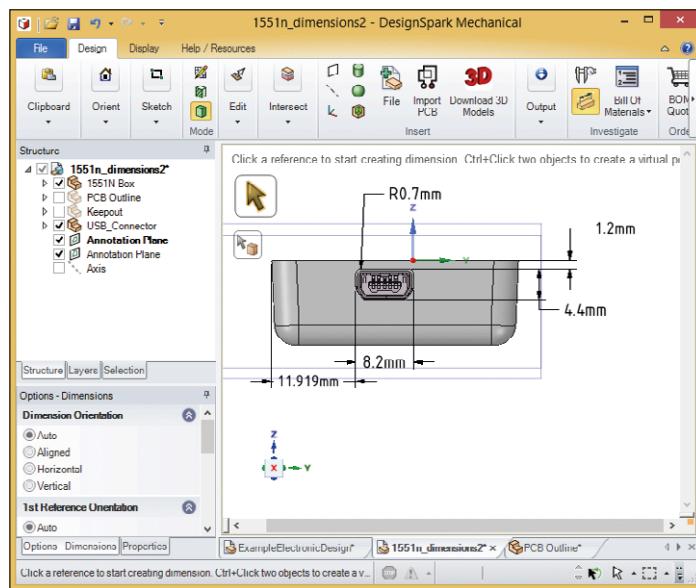


Figure 3. La découpe avec cotes.

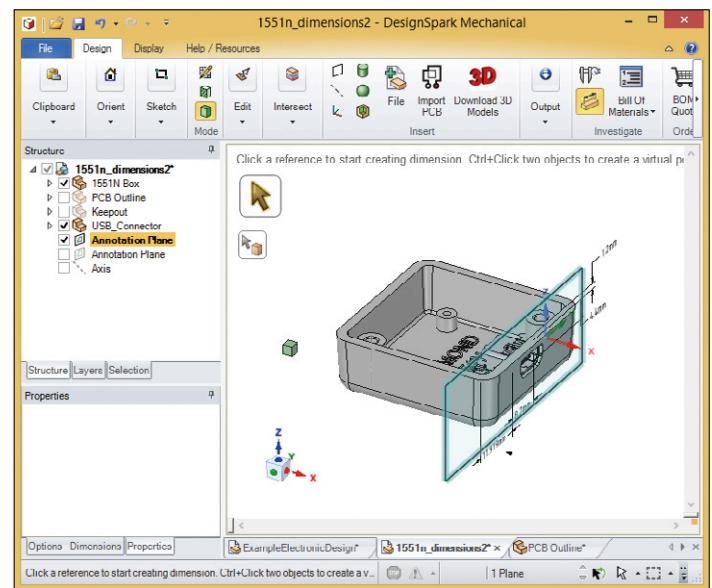


Figure 6. Plan d'annotation avec cotes.

# mise à niveau de la carte micro-SD pour RPi m.2

## passer du modèle 1 au 2

Bert van Dam (Pays-Bas)

Avec le modèle 2 de la carte Raspberry Pi, la puissance de calcul de ce mini-ordinateur populaire progresse énormément. Il est équipé à présent d'un processeur à quatre cœurs qui battent encore plus vite que celui du modèle précédent. Toutefois ce changement de processeur force à adapter le logiciel (système d'exploitation) stocké sur la carte micro-SD. Pas de panique, suivez le guide.

Encore une nouvelle version de la carte Raspberry Pi : le modèle 2. Elle se distingue par son nouveau processeur, un Cortex A7 à quatre cœurs qui permet d'exécuter quatre tâches en parallèle. Par exemple suivre la souris à la trace et superviser la connexion internet tout en lisant la carte SD. Inutile de dire que le modèle 2 est considérablement plus efficace, également grâce à une augmentation de la fréquence d'horloge de 700 à 900 MHz. Cette différence ne passe pas inaperçue, on peut estimer que le modèle 2 est en moyenne 7 fois plus rapide que le modèle 1. Autre changement remarquable, le doublement de l'espace mémoire autorise des applications plus vastes. En combinaison avec son processeur plus rapide, le modèle 2 dispose d'une puissance suffisante pour faire tourner Windows 10.

Les différentes versions de Raspberry Pi sont rétrocompatibles. Cela veut dire que les programmes qui travaillent sur la version la plus récente fonctionnent aussi sur les versions antérieures. Une belle réussite quand on mesure l'énorme différence qu'il y a entre les processeurs.

Le tour de force réalisé par les concepteurs a été d'inventer un mécanisme de mise à niveau qui vous permet de traduire vos vieux logiciels pour les utiliser sur le modèle le plus récent. Tout ce que vous avez créé sur votre ancienne Raspberry Pi continuera à fonctionner sur la nouvelle.



### Envie d'acheter une RPi ?

Si vous n'avez pas encore de Raspberry Pi, optez pour le modèle 2 B. C'est la version qui offre le plus de possibilités et dispose du processeur le plus rapide, voyez le **tableau 1**. Les types A ou A+ conviennent moins bien à des amateurs fervents expérimentateurs d'électronique et de programmation. Si vous possédez déjà une Raspberry Pi, à vous de voir si sa vitesse et ses performances vous conviennent encore. Si vous n'avez toujours pas atteint ses limites, l'achat d'un modèle neuf est sans doute inutile. Mais si sa lenteur vous contrarie, saisissez l'occasion de passer au modèle supérieur.

### Mise à niveau du modèle 1 vers le 2

Deux étapes sont nécessaires pour atteindre le modèle 2 : d'abord mettre à niveau le système d'exploitation. Cette étape est identique pour toutes les cartes SD avec Debian Wheezy. Ensuite il faut adapter les fichiers et programmes qui ne fonctionnent plus. Cette étape est différente pour chaque carte SD. Pour montrer cette 2<sup>e</sup> étape, nous utilisons ici la carte SD décrite dans le livre [1]. La carte micro-SD (V4) est disponible dans l'e-choppe [2], dotée de toutes les modifications décrites ici.

### Ce qu'il vous faut

une Raspberry Pi modèle 1 (p.ex. une B ou B+)

- une carte micro-SD (avec adaptateur) pour Raspberry Pi modèle 1

- une liaison internet
- une bonne alim de 5 V, minimum 1 A
- le téléchargement d'appoint de cet article [3]

## Préparation

Créez une sauvegarde de votre carte SD au moyen du programme DiskImager joint au téléchargement [3]. Si un message d'erreur s'affiche lors de son utilisation, ignorez-le ; malgré lui, le programme travaille bien. Vous avez toujours la possibilité de revenir en arrière si la conversion échoue.

Connectez la Raspberry Pi modèle 1 sur internet par câble, pas par WiFi parce que la liaison ne doit pas être interrompue au cours de la conversion. Vous pouvez utiliser un clavier et un moniteur, mais le plus pratique est de travailler « headless », c'est-à-dire de commander la Raspberry Pi depuis un PC sous Windows au moyen du programme Putty, joint lui aussi au téléchargement. Il n'y a rien à saisir, il vous suffit de copier les instructions contenues dans le téléchargement.

Lancez Putty et donnez-lui l'adresse IP de Raspberry Pi. Si vous ne la connaissez pas, connectez-vous à votre routeur et regardez dans la liste des appareils connectés. Vérifiez que le port 22 est sélectionné et que la case SSH est cochée. Cliquez alors sur *Open*. Il se peut que Putty vous dise que vous n'avez pas encore utilisé cette adresse IP et indique si elle convient. Cliquez sur *OK*, vous serez rapidement en liaison avec Raspberry Pi qui vous demandera vos nom et mot de passe. L'identité par défaut est :

nom : **pi**  
mot de passe : **raspberry**

Remarque : pendant l'introduction du mot de passe, on ne voit rien, même pas des petites étoiles ! On dirait que ça ne marche pas, mais tout se passe bien.

## La conversion – 1<sup>ère</sup> étape

Cette étape convient à toutes les cartes SD Debian Wheezy. Avec Putty, connectez-vous à votre Raspberry Pi et donnez l'instruction suivante :

**sudo apt-get update**

Appuyez sur Entrée. Cette instruction actualise les listes sur Raspberry Pi pour lui permettre de trouver certains fichiers et programmes sur internet. Cela peut prendre quelques minutes. Saisissez ensuite l'instruction :

**sudo apt-get upgrade**

Répondez par *Y* (oui) à toutes les questions. Attendez-vous à ce que cette opération dure longtemps, une demi-heure, c'est normal, et consomme beaucoup de puissance. Si votre alimentation est faible, il se peut que le processus se plante en

cours de route, d'où la nécessité de disposer de 1 A. Relancez Raspberry Pi par l'instruction :

**sudo reboot**

Si vous travaillez par Putty, la liaison se perd à ce moment-là. Relancez Putty et reconnectez-vous.

La conversion est à présent terminée et la carte SD fonctionne sur Raspberry Pi modèle 2. Beaucoup de logiciels continuent à fonctionner, mais pas tous. Il y a lieu de vérifier tous les programmes que vous avez installés et d'adapter ceux qui ne tournent plus. Ce qu'il faut adapter dépend du logiciel employé.

## La conversion - 2<sup>e</sup> étape

À titre d'exemple, nous allons voir quels sont les changements sur la carte SD du livre [1]. Tout ce qui n'y est pas renseigné fonctionne sans adaptation. Les codes sources du livre sont encore sur la carte SD.

### 1. Des broches supplémentaires

Si vous voulez brancher votre projet sur l'embase à picots GPIO, vous remarquerez que certains types ne s'y adaptent plus parce qu'à partir du modèle B+, elle est plus longue. Les fonctions des premières 26 broches sont heureusement restées identiques, mais si vous voulez brancher un connecteur à 26 voies sur la nouvelle embase à 40 broches, il y a deux broches sur le chemin. Il s'agit des broches ID\_SD (27) et ID\_SC (28) prévues exclusivement pour l'ID I<sup>2</sup>C de l'EEPROM du module d'extension Pi Plate (bientôt reconnu automatiquement). Vous pouvez, comme à la **figure 1**, les plier ou les couper si vous ne comptez pas utiliser Pi Plate. Une solution plus prévoyante consiste à se procurer des connecteurs plus longs.

### 2. Le son

Après la mise à niveau, il arrive que le mélangeur soit muet, vous n'entendez plus rien. Vous pouvez activer le son avec l'instruction suivante :

**amixer set PCM unmute**

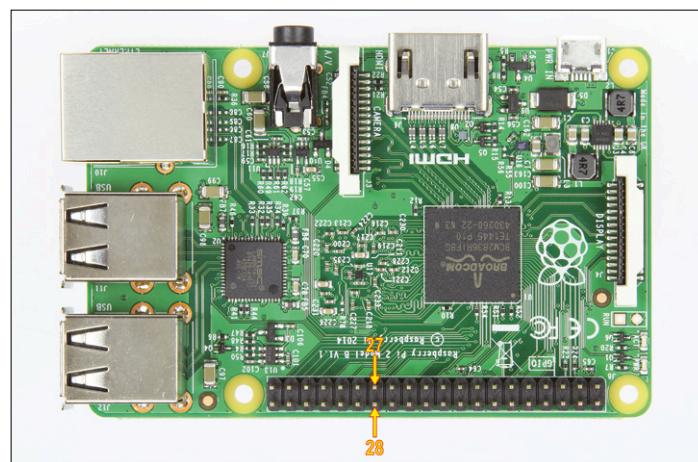


Figure 1. Le modèle 2 RPi, tout comme le B+, est doté d'un connecteur GPIO plus long dont les broches 27 et 28 empêchent l'insertion d'autres connecteurs.

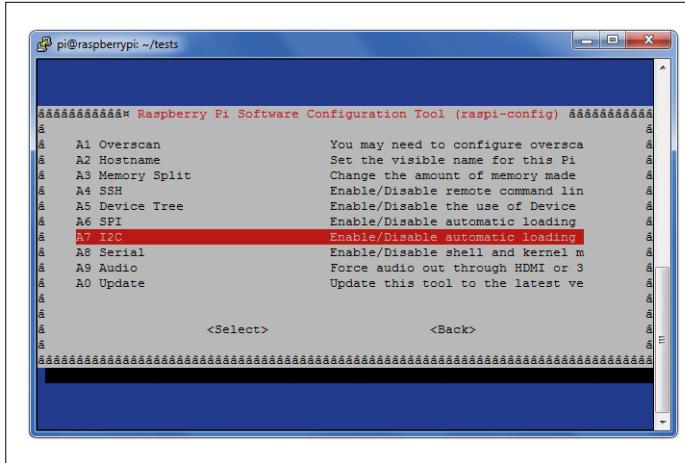


Figure 2. On trouve l'option A7 (I2C) dans les options avancées du nouvel écran de configuration.

### 3. I<sup>2</sup>C

Le bus I<sup>2</sup>C demande des réglages un peu différents et ne fonctionne plus. Pour le rétablir, il faut d'abord le mettre en service avec le programme de configuration :

```
sudo raspi-config
```

qui présente une nouvelle fenêtre de configuration. Choisissez l'option 8 (*Advanced Options*) et sélectionnez l'option A7 (*I2C*) comme à la **figure 2**.

Choisissez ensuite Yes (*Enable*) et OK. Ensuite de nouveau Yes (*loaded by default*) et OK, puis *Finish*. Dites non au *Reboot*. Adaptez le fichier de configuration avec l'instruction :

```
sudo nano /etc/modules
```

Le fichier *modules* se charge dans l'éditeur nano. Vous n'avez accès qu'aux touches fléchées pour parcourir le fichier, pas à la souris. Ajoutez-y la ligne : *i2c-bmc2708*

Voici à quoi ressemble maintenant le fichier :

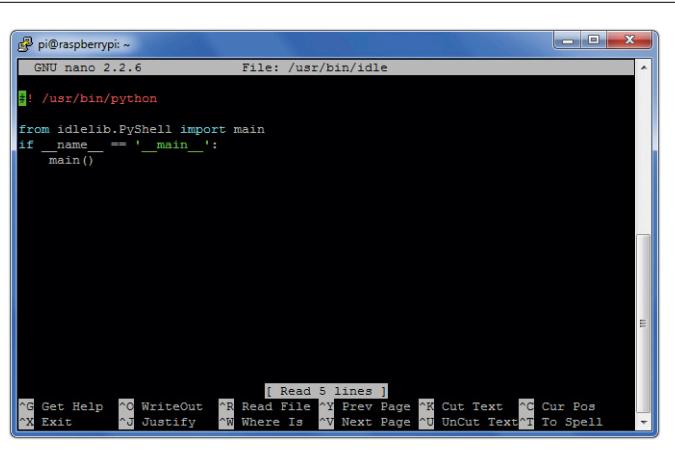


Figure 3. Dans Putty, le fichier nommé *Idle*, héritage de l'ancienne version. Il faut en changer le texte.

```
# /etc/modules: kernel modules to load at boot time.
#
# This file contains the names of kernel modules
# that should be loaded at boot time, one per line.
# Lines beginning with "#" are ignored.
# Parameters can be specified after the module name.

i2c-bcm2708
snd-bcm2835
i2c-dev
```

Fermez l'éditeur nano par Ctrl-o, Entrée et Ctrl-z. Relancez Raspberry Pi pour que les modifications prennent effet :

```
sudo reboot
```

### 4. SPI

Il faut aussi corriger le SPI. Commençons par introduire SPI dans le menu de configuration :

```
sudo raspi-config
```

**Tableau 1. Différences entre les types de RPi.**

| objet                   | A              | B           | B+          | 2 B         |
|-------------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|
| processeur              | ARM1176JZ-F    | ARM1176JZ-F | ARM1176JZ-F | Cortex A7   |
| vitesse                 | 700 MHz        | 700 MHz     | 700 MHz     | 900 MHz     |
| cœurs                   | 1              | 1           | 1           | 4           |
| USB                     | 1              | 2           | 4           | 4           |
| connecteur              | 26             | 26          | 40          | 40          |
| GPIO sur connecteur     | 8              | 8           | 17          | 17          |
| adaptateur SD           | normal         | normal      | micro       | micro       |
| mémoire                 | 256 Mo         | 512 Mo      | 512 Mo      | 1 Go        |
| Ethernet 10/100         | 0 <sup>1</sup> | 1           | 1           | 1           |
| alimentation nécessaire | 500 mA         | 700 mA      | 600 mA      | 1 000 mA    |
| PAL/NTSC <sup>2</sup>   | prise RCA      | jack 3,5 mm | jack 3,5 mm | jack 3,5 mm |

<sup>1</sup> Connexion internet uniquement possible par adaptateur WiFi-USB. Utilisable également sur les autres modèles.

<sup>2</sup> Entrée HDMI fortement recommandée pour la qualité d'image sur un moniteur (avec son embarqué) ou une télévision.

Choisissez l'option 8 (*Advanced Options*). Choisissez A6 (*SPI*), puis Yes (*Enable*) et ensuite OK. De nouveau Yes (*loaded by default*), puis encore OK et *Finish*. Relancez Rpi (Yes).

Il faut alors installer une nouvelle version du logiciel SPI. Téléchargez le fichier correspondant à cet article et décompressez-le. Copiez la totalité du dossier « *py-spidev-master* » dans Raspberry Pi. Le mieux est d'utiliser le programme WinSCP qui figure lui aussi dans le téléchargement.

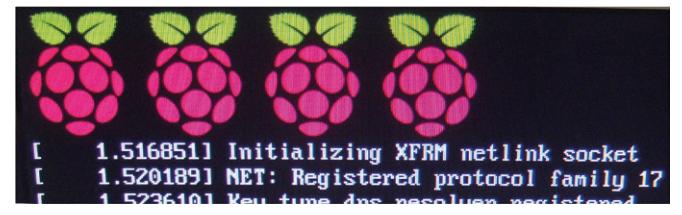
Dans Putty, allez au dossier adéquat par les instructions suivantes :

```
cd
cd py-spidev-master
```

Saisissez la commande :

```
sudo python setup.py install
```

La nouvelle version est ainsi installée.



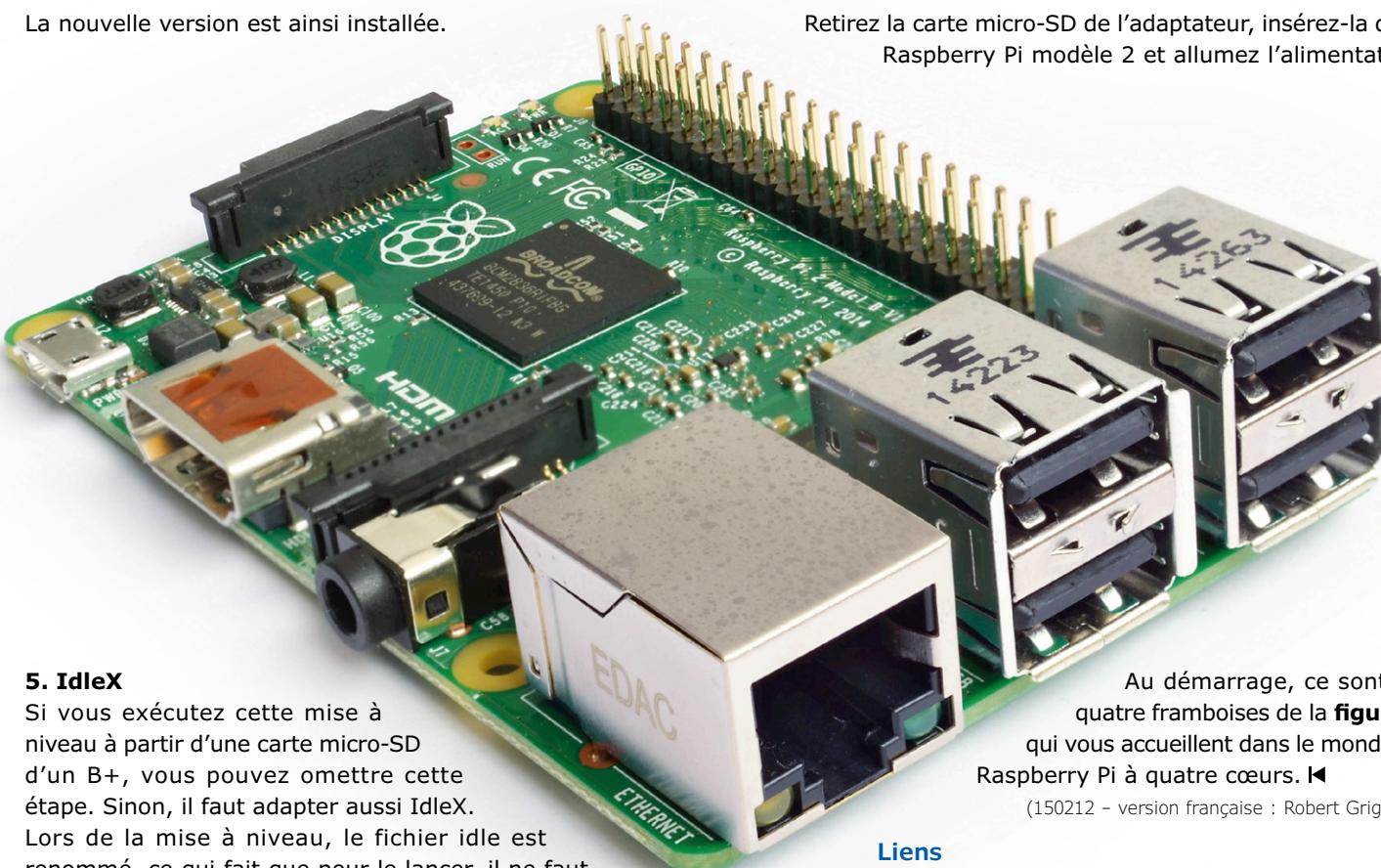
Figuur 4. Quatre framboises pour quatre cœurs qui battent tous à plus grande vitesse que leur prédecesseur.

### On y est !

La nouvelle carte SD pour Raspberry Pi 2 est prête. Arrêtez Raspberry Pi avec l'instruction :

```
sudo shutdown -h now
```

Retirez la carte micro-SD de l'adaptateur, insérez-la dans Raspberry Pi modèle 2 et allumez l'alimentation.



### 5. IdleX

Si vous exécutez cette mise à niveau à partir d'une carte micro-SD d'un B+, vous pouvez omettre cette étape. Sinon, il faut adapter aussi IdleX.

Lors de la mise à niveau, le fichier *idle* est renommé, ce qui fait que pour le lancer, il ne faut plus indiquer *IdleX*, mais *idle*. Ouvrez donc *idle* dans l'éditeur de texte nano par l'instruction suivante :

```
sudo nano /usr/bin/idle
```

Le curseur se trouve en tête du fichier (**fig. 3**). Appuyez sur la touche Del et maintenez-la enfoncée jusqu'à ce que tout le texte soit effacé. Copiez le texte du fichier *idlex.txt* contenu dans le téléchargement [3] et collez-le à l'aide du bouton droit de la souris.

Si vous ne travaillez pas dans Putty, mais avec un écran et un clavier, il faut alors le saisir soigneusement par-dessus le texte existant. Les déplacements à la souris ne sont pas possibles, il faut utiliser les touches fléchées.

Au démarrage, ce sont les quatre framboises de la **figure 4** qui vous accueillent dans le monde du Raspberry Pi à quatre cœurs.

(150212 – version française : Robert Grignard)

### Liens

- [1] Livre Raspberry Pi, l'alliance de la programmation et de l'électronique - 45 applications utiles pour l'électronicien, ISBN 978-2-86661-196-5, [www.elektor.fr/rpi](http://www.elektor.fr/rpi)
- [2] Carte micro-SD : [www.elektor.fr/rpi-software](http://www.elektor.fr/rpi-software)
- [3] Téléchargement : [www.elektor-magazine.fr/150212](http://www.elektor-magazine.fr/150212)

### L'auteur

Bert van Dam est un auteur indépendant de livres, de matériel didactique et d'articles sur les microcontrôleurs PIC et ARM, Arduino, Piccolino, Raspberry Pi, Intel Edison, PC, l'intelligence artificielle et les langages de programmation JAL, C, assembleur, Python et Flowcode.

# homme et machine : la distance qui les rapproche

## les capteurs de mesure de distance imitent les humains pour améliorer leur précision

**Yuji Hamatake** (Manager, Sharp Devices Europe)

Les appareils qui nous entourent sont de plus en plus automatisés et intelligents. Les fonctions avancées qu'ils remplissent nécessitent qu'ils aient une perception précise et fiable de leur environnement.

Les capteurs de mesure de distance ne sont qu'une des technologies qui permettent à une gamme étendue d'appareils, des robots autonomes aux distributeurs de serviettes en papier, d'être plus intelligents et de mieux répondre aux besoins de leurs créateurs. Comme l'on pouvait s'y attendre, les moyens techniques qui rendent les interactions homme-machine plus naturelles sont souvent inspirés de la biologie humaine.

Grâce à la vision stéréoscopique, le cerveau humain perçoit la profondeur en utilisant les deux yeux. Les capteurs de distance les plus avancés ont recours au même principe pour produire des résultats précis. La technique de calcul, appelée triangulation, permet de déterminer la position d'un sommet inconnu d'un triangle à partir de la distance entre les deux points connus et les angles qui s'y rapportent.

### Techniques de détection

Beaucoup des capteurs photoélectriques utilisés de nos jours sont bien plus simples et ne se servent pas de la triangulation. Ils se contentent d'une source lumineuse (le plus souvent infrarouge) couplée à un récepteur photoélectrique capable de détecter la lumière de l'émetteur. L'émetteur et le récepteur peuvent être soit montés ensemble dans le même composant, soit installés séparément pour former une barrière optique simple. Les capteurs rétroréfléchissants nécessitent quant à eux un réflecteur pour renvoyer le faisceau de l'émetteur au récepteur. Dans les deux cas, le récepteur détecte l'interruption du faisceau par un objet.



Les capteurs de proximité à réflexion diffuse s'appuient sur la réflectance des objets qui les entourent. En l'absence d'objet, la lumière émise par le capteur ne lui est pas renvoyée. Lorsqu'un objet arrive à portée du capteur, il réfléchit une partie de la lumière émise vers le photodétecteur contenu dans le capteur, signalant la présence d'un objet.

Des trois types de capteurs photoélectriques décrits ici, seul le dernier (réflexion diffuse) convient aux petits appareils portables qui ne pourraient s'accommoder d'un assemblage en deux parties ; les capteurs logés dans les robinets sans contact sont un bon exemple.

L'estimation de la distance à partir de la quantité de lumière réfléchie s'avère cependant difficile. Les capteurs à réflexion diffuse ont un talon d'Achille : la couleur. La couleur et la texture de la surface d'un objet peuvent avoir un grand impact sur la quantité de lumière qu'il renvoie au capteur. Comme les capteurs à réflexion diffuse ne sont pas capables de détecter la couleur des objets et de s'y adapter, leur précision reste limitée.

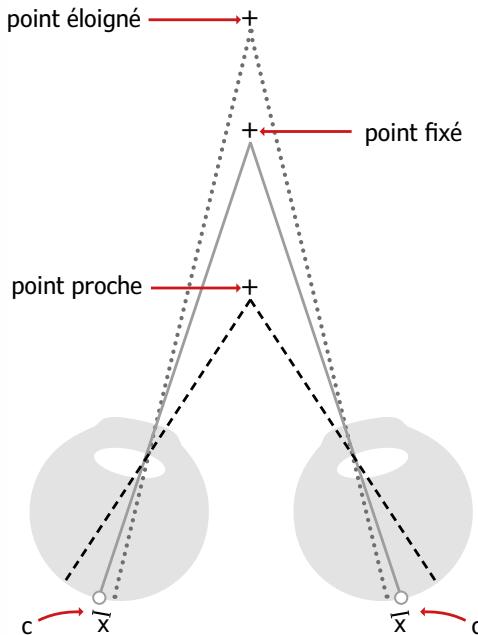
### Un angle intéressant

Lorsqu'un objet illuminé s'approche de vous, non seulement l'intensité de la lumière réfléchie change, mais aussi l'angle ; pour peu, bien entendu, que l'on mesure cet angle depuis un endroit un peu différent de celui où se trouve l'émetteur. Avec un peu de trigonométrie, le calcul de l'angle d'incidence de la lumière atteignant le récepteur décalé, donne la distance entre l'émetteur et le récepteur. Les capteurs de distance à



## Triangulation : une approche naturelle de mesure de distance

Avec la vision stéréoscopique, le cerveau humain perçoit la profondeur grâce à la projection des objets sur la rétine.



Avec les capteurs de distance Sharp, un détecteur sensible à la position (PSD) a la même fonction que la surface frappée par la lumière.

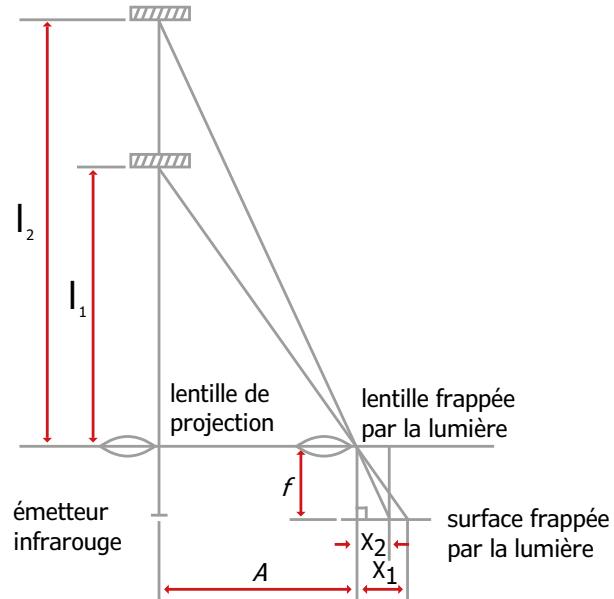


illustration : Sharp Devices Europe

infrarouge avancés, comme ceux que Sharp fabrique, n'utilisent pas la trigonométrie même si les principes sous-jacents sont les mêmes.

À la place, deux lentilles optiques sont mises à l'œuvre, l'une couvrant l'émetteur, l'autre le récepteur. Derrière la lentille de réception se trouve un détecteur sensible à la position (PSD, *position sensitive detector*) qui mesure l'intensité du faisceau infrarouge incident à l'aide d'une matrice linéaire de photodiodes. La tension de sortie des capteurs analogiques PSD de Sharp varie en fonction de l'angle d'incidence de la lumière et permet de calculer la distance de l'objet à partir de la formule suivante :

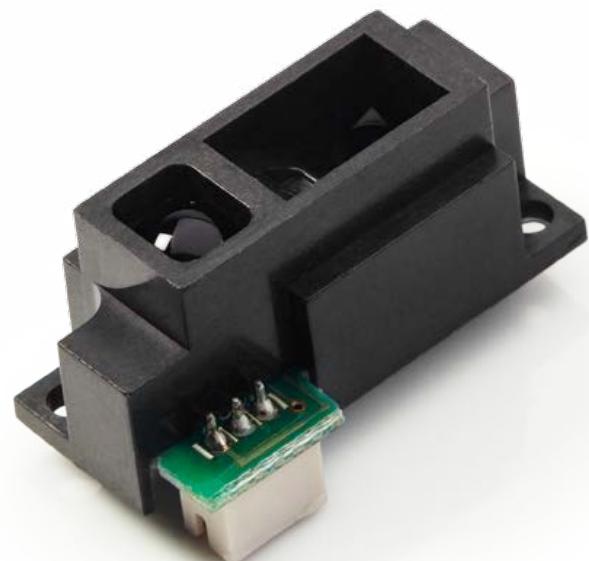
$$\Delta x = x_1 - x_2 = \left( \frac{1}{\ell_1} - \frac{2}{\ell_2} \right) \cdot A \cdot f$$

### Le bon capteur

D'une application à une autre, les exigences sont souvent très diverses. Il est important de choisir le bon capteur en tenant compte d'un certain nombre de paramètres : sortie analogique ou numérique, distances de détection minimale et maximale, sans oublier, bien entendu, le coût et la taille. C'est pour cela que tant d'ingénieurs et développeurs de produits font confiance aux capteurs de distance Sharp. En effet, difficile de trouver une gamme plus complète de capteurs précis que celle de Sharp. Avec plus d'une douzaine de modèles adaptés à des distances de mesure entre 1,5 cm et 550 cm, les capteurs de distance à infrarouge de Sharp sont connus dans plusieurs secteurs de

l'industrie pour leur précision. Les applications potentielles couvrent tout : traitement de documents, équipement sanitaire, robotique, électronique grand public, consoles de jeu, et plus. Avec des capteurs abordables et fiables comme ceux-là, il est clair que les capteurs de distance à infrarouge omniprésents et très sollicités sont voués à apporter une touche d'humanité au nombre toujours croissant d'interactions homme-machine. ▶

(150238 – version française : Kévin Petit)



# Bienvenue dans Elektor Labs

C'est dans Elektor Labs que les projets grands et petits, analogiques et numériques, vieux jeu et *méga cool* prennent forme pêle-mêle pour vous permettre de les réaliser à votre goût.

## Notre offre : La célébrité

La plupart des électroniciens créatifs sont modestes. Trop discrets. Ce n'est pas parce qu'elle est griffonnée sur un rond de bière qu'une trouvaille épataante ne mériterait pas l'attention. Elektor Labs vous aide à affiner le fruit de vos études jusqu'à la perfection. Notre rédaction et nos illustrateurs donneront à votre création l'ampleur éditoriale qu'elle mérite, mais c'est toujours votre nom qui figurera en tête de l'article, car c'est *vous* l'auteur du projet. En plus, vous serez rémunéré honorablement, même si le plus grand honneur restera celui d'être publié en plusieurs langues et lu dans le monde entier. Auteurs de livres, de blogs ou de vidéos, vous ne serez pas moins bien traités. Étudiant(e)s et jeunes électronicien(ne)s, une publication dans une revue comme Elektor ne déparera pas votre C.V. !



## Notre histoire

Elektor Labs existe depuis les années 1970. En ce temps-là, c'est la même personne qui soudait les circuits et écrivait les articles. Le labo n'a pas seulement vu arriver et passer le transistor, le circuit intégré, le microprocesseur et les composants montés en surface, mais il s'est toujours porté à l'avant-garde des nouvelles vagues technologiques pour diffuser la bonne parole et les rendre accessibles au plus grand nombre.

## Notre équipement

Il y a l'eau courante, le gaz, l'électricité et des machines à café. Trois des plus belles pièces du château d'Elektor sont réservées au labo, mais nous avons bien du mal à ne pas envahir le reste. Nos paillasses débordent de cartes, de composants en vrac, d'accessoires mécaniques, de prototypes et d'un fatras ingérable. L'appareillage lourd est heureusement dans un local séparé.

## Nos produits

Nos produits sont dans le magazine et sur nos sites. Nous produisons texte et illustrations utilisés par la rédaction pour assembler les articles, mais surtout les circuits imprimés, certains assemblés prêts à l'emploi, ainsi que le logiciel et les composants programmés, des kits, des modules, des outils, des accessoires, des vidéos et un service d'info technique.

361

propositions

49

études en cours

162

projets achevés

572

projets en tout



## Nos principes

Les réalisations et les produits sortis des tuyaux de Labs répondent tous à des exigences sévères. Les produits des articles du magazine estampillés LABS doivent fonctionner avec l'appareillage étalonné disponible au labo. La correspondance entre schéma et liste de composants doit être parfaite. Les kits sont soumis à des tests par échantillonnage périodique. Nous suivons la directive ROHS et les autres normes de sécurité applicables à notre situation. Les erreurs constatées font l'objet d'une publication.

## Nos webinaires

Autrefois nos ingénieurs les plus bavards testaient leurs prototypes en discutant. À la vue d'un micro, ils se taisaient. Pour les faire parler sur elektor. tv, il a fallu un talent de reporter. Elektor Labs présente aussi des webinaires où l'on parle bien et beaucoup. Ils sont annoncés dans notre lettre d'information Elektor.POST!

## Nos experts et nos concepteurs

L'équipe est formée d'électroniciens expérimentés de tout plumage qui, avec ou sans prestigieux diplômes, cumulent quelque 200 années d'expérience en électronique. En plus, Labs est au cœur d'un réseau d'experts consultés ponctuellement, notamment quand ça coince.

# elektor e-labs

Sharing Electronics Projects

Home Proposals In Progress Finished

Search

Log In

### Plus on est de fous d'électronique, plus on rit !

Notre site communautaire [elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com) est le port I/O bidirectionnel idéal pour mettre en vedette **votre projet** et pour suivre ceux des autres. Il est partagé par des milliers d'électroniciens comme vous. Avec eux et comme eux, ouvrez votre atelier personnel sur le monde. En circulant, vos idées s'enrichiront, vos circuits s'amélioreront. Les projets les plus suivis sur [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com) sont mûris par l'équipe d'Elektor-Labs et certains deviennent des articles (rémunérés !) dans le magazine.

### Read/Write ?

Si vous souhaitez publier sous votre nom et pour votre bénéfice un projet dans ce magazine, en quatre langues et avec la présentation soignée d'Elektor, pour être lu par des dizaines de milliers d'électroniciens dans le monde, **rejoignez la communauté avec une carte de membre GREEN ou GOLD** ([www.elektor.fr/membres](http://www.elektor.fr/membres)). Les membres peuvent publier des projets sur le site [elektor-labs.com](http://elektor-labs.com), les autres se contentent de regarder.

# bienvenue dans la section **CRÉER**



## Pour qui le bonnet d'âne de Buridan ?

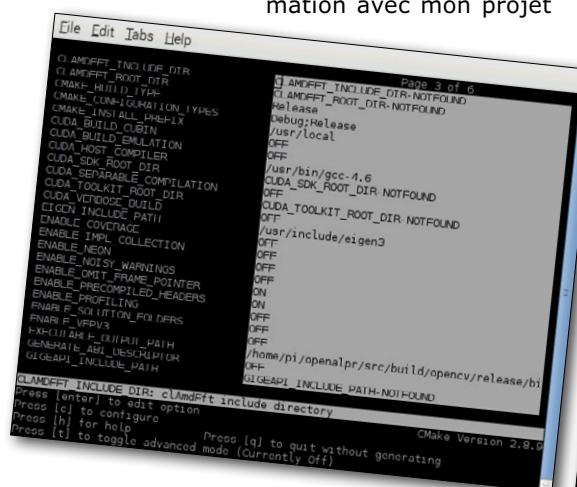
J'aime qu'on me propose des options, mais uniquement si elles sont justifiées. Quand nous achetons un produit, que ce soit une voiture ou du chocolat, nous aimons disposer de plusieurs choix. Le premier tri se fait suivant la marque, puis entre plusieurs produits susceptibles de satisfaire nos attentes. Les gens du marketing et du *design* adorent les options ; production, logistique et après-vente ne sont souvent pas en reste. Chaque option apporte pourtant son lot de problèmes : plus de références à gérer, plus de pages dans les manuels, et plus de demandes auprès des services à la clientèle.

Les seuls produits dont les options sont presque gratuites sont les logiciels. Car pour un développeur, parsemer un programme d'options, peu importe que l'utilisateur en ait un jour besoin ou non, est presque une seconde nature. Et si vraiment elles sont trop nombreuses, il les casera dans l'onglet *Avancé* du menu *Préférences*. J'ai ainsi découvert que la version Word que j'utilise compte plus de 150 *Options avancées*. J'ignorais leur existence et n'en ai jamais eu besoin.

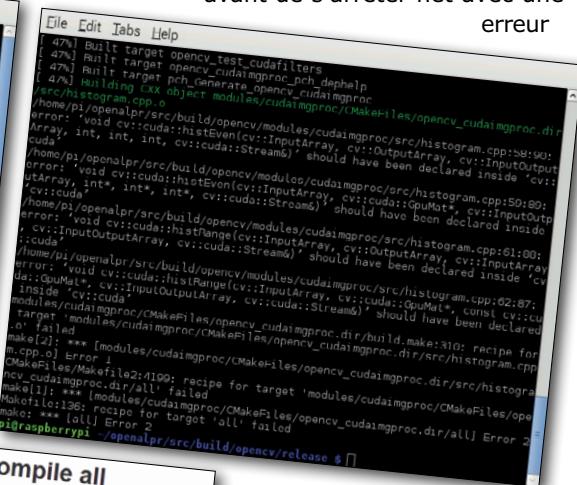
La section CRÉER de ce numéro décrit plusieurs projets qui sont eux aussi des options : vous pouvez choisir d'en construire un, plusieurs, ou aucun. Mais quoi que vous décidiez, nous avons tout fait pour que leur lecture vous soit agréable et enrichissante. Ainsi devraient être les options : avec ou sans, c'est l'utilisateur final qui doit être comblé, pas le concepteur.

Une conception modulable doit offrir des options, mais trop d'options tuent l'option. J'en ai eu confirmation avec mon projet

pages 150 options possibles, la plupart incompréhensibles. Les valeurs par défaut convenaient-elles ? Aucune idée. Jouaient-elles un rôle critique ? Aucune idée. Le compilateur a mouliné pendant des heures avant de s'arrêter net avec une erreur.



ALPR de reconnaissance de plaque minéralogique (*Automatic Licence Plate Recognition*) pour le Raspberry Pi. Installer la bibliothèque *OpenALPR* sur laquelle reposait mon projet s'est avéré mission impossible : je n'ai tout simplement pas réussi à installer la première des dépendances, à savoir *OpenCV*. La doc de cette bibliothèque décrivait sur six

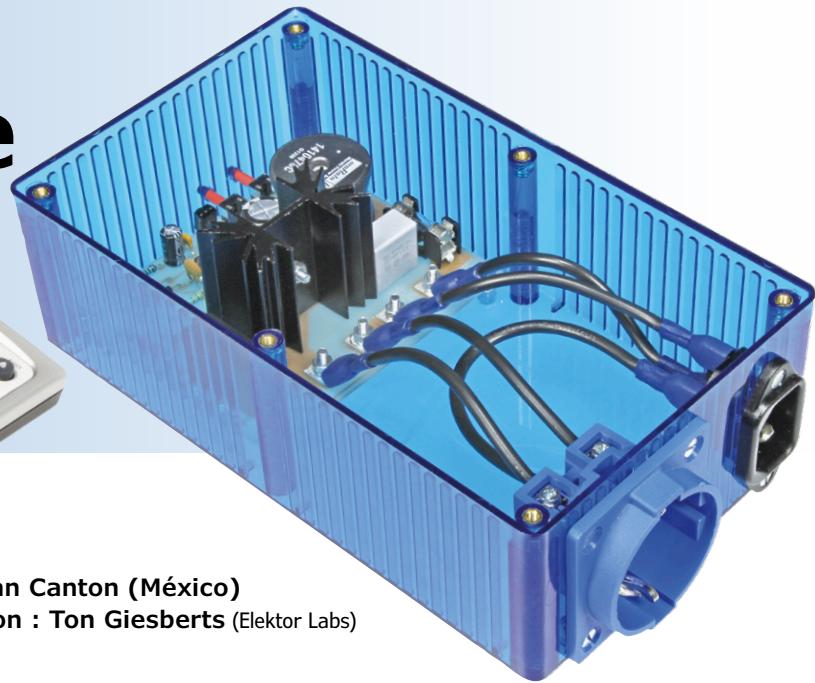


de compilation. Et même si tout s'était bien passé, il aurait encore fallu que je me débatte avec les options de configuration de deux autres bibliothèques, *Tesseract* et *Lep-tonica*. Développeurs, s'il vous plaît, gardez à l'esprit que l'ajout d'options n'est *pas* une option. ↗

(150026-I -  
version française : Hervé Moreau)

# gradateur à commande infrarouge programmable

## pour lampes et radiateurs



Conception : Juan Canton (México)  
 Industrialisation : Ton Giesberts (Elektor Labs)  
 Édition : Jan Buiting

Dans sa configuration standard, ce gradateur à commande infrarouge pilote avec son triac des charges jusqu'à 1000 W (petit radiateur électrique ou lampe à incandescence). Le microcontrôleur PIC utilisé peut apprendre les codes de commande de presque n'importe quelle télécommande.

Voici le cahier des charges établi par l'auteur pour son « récepteur de télécommande multifonction pour lampes alimentées sur le secteur » :

- Fréquence de secteur acceptée : 50 Hz ou 60 Hz
- Tension de secteur acceptée : 115 ou 230 VAC
- Un seul bouton de commande
- Possibilité de commander la luminosité de n'importe quelle lampe halogène ou à incandescence, ou bien la chaleur produite par un petit radiateur électrique
- Possibilité d'apprendre jusqu'à huit codes de commande d'une télécommande infrarouge courante

Ces contraintes à l'esprit, l'auteur a conçu un circuit qu'il a publié sur elektor-labs.com où il a été perfectionné par le labo en vue d'une publication. Ton a largement commenté le passage du circuit d'origine de Juan au projet final décrit ici [1]. En gros, le gradateur de puissance en ligne s'est transformé en modèle à entrée 115 ou 230 V et sortie modulée. La meilleure fonction du circuit, sa capacité d'apprentissage, a été conservée.

### D'abord le circuit

Le schéma final (fig. 1) est typique des montages actuels à microcontrôleur : pas grand-chose du côté des composants externes, presque tout se passe dans le logiciel du PIC. Le triac et le décodeur IR indiquent que le circuit à « quelque chose à voir avec le secteur, les ampères et les télécommandes ». Pour mieux comprendre le fonctionnement du circuit, on peut le diviser mentalement en six parties détaillées ci-dessous.

### Alimentation secteur

En bref, il nous faut :  $V_{cc} = 5 \text{ V}$  ;  $I_{load} = 4 \text{ mA}$  environ, le tout « volé » sur le secteur avec une dissipation énergétique acceptable.

Les considérations de coût et d'encombrement ont éliminé d'office le transformateur et ses acolytes, redresseur et condensateur(s) réservoir.

L'option suivante est d'habitude la résistance de chute pour réduire la tension de 230 V (ou 115 V) AC à 5 V DC, ici avec un courant de charge que l'on penserait être de 4 mA. Que nenni ! À cause du redressement en simple alternance, il faudra au moins doubler cette valeur. Pour l'exemple, voici le calcul pour une résistance de chute R (secteur 230 V) :

$$R = (V_{LINE} - V_{cc}) / 2 I_{load}$$

$$R = 225 / 0,008$$

$$R = 28,125 \Omega$$

qui malheureusement dissipe :

$$P = I^2 R$$

$$P = 1,8 \text{ W}$$

ou environ 0,9 W sous 115 V AC avec une résistance de 14 kΩ. Cela semble acceptable, mais si le circuit est en série avec la charge et que la lampe brille au plus fort, la tension résiduelle sera peut-être insuffisante pour alimenter le circuit de manière fiable, surtout avec un réseau 115 V.

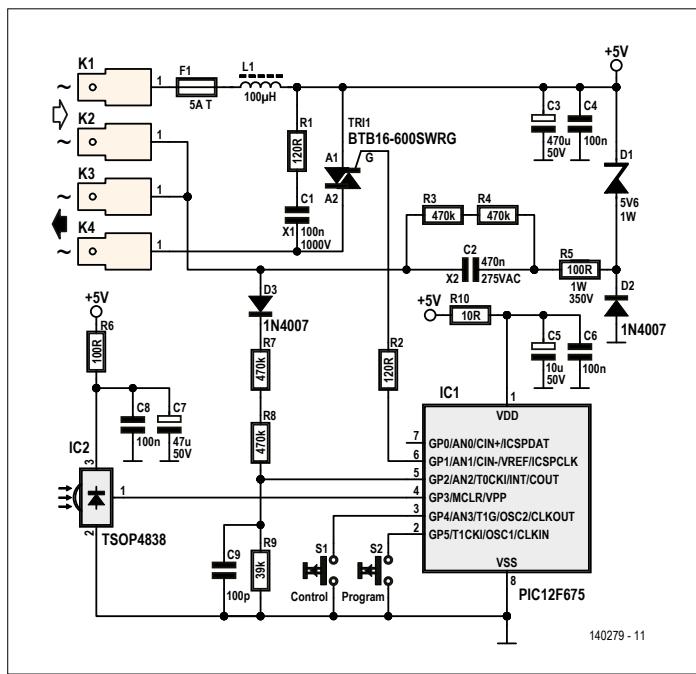


Figure 1. Schéma du gradateur à télécommande programmable.

La troisième option consiste à combiner une résistance ( $R$ ), un condensateur ( $C$ ), et un écrêteur (p.ex. redresseur). Avec notre trio R5-C2-D2, à 50 Hz et avec un courant de 8 mA, le condensateur de 0,47  $\mu$ F (C2) convient pour alimenter le cir-

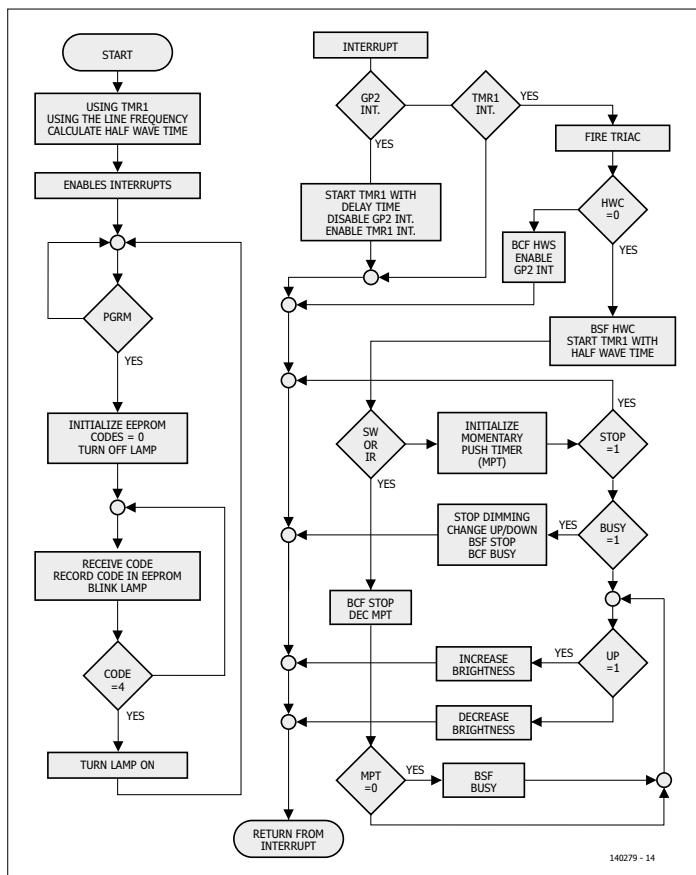


Figure 2. Organigramme du logiciel. Le programme a été écrit en assembleur PIC.

cuit de commande du triac de manière sûre : l'action sur la gâchette ne dure que quelques microsecondes.

En plus du condensateur de chute central C2, le circuit d'alimentation comprend R3+R4, D2, D1, C4 et C3, et son fonctionnement est vraiment simple. La réactance  $X_c$  du condensateur de chute C2 associée à la résistance R5 et au redressement/écrêtage opéré par D2 limite efficacement le courant qui traverse la diode zener 5,6 V D1. C3 élimine la plupart des fluctuations du secteur et enfin C4 se charge des hautes fréquences et du bruit.

La tension du secteur et l'appareil sont reliés respectivement aux paires de connecteurs K1-K2 et K3-K4. Le fusible 5 A (10 A en 115 V) F1 veille au grain en cas de surintensité et le bruit de commutation dû au triac est supprimé par la bobine d'arrêt L1.

## Détection de passage par zéro

Un rapide coup d'œil à D3, R7+R8 et R9-C9, montre qu'ils constituent un redresseur en simple alternance plutôt qu'un détecteur de passage par zéro. Un seul passage sera donc détecté et le logiciel du microcontrôleur se chargera de calculer le déclenchement pour le deuxième demi-cycle.

## **Circuit de déclenchement**

La broche A1 du triac ainsi que le rail d'alimentation du micro sont tous deux reliés au secteur. Pour déclencher le triac, la gâchette G est amenée à la masse via la résistance de limitation du courant R2. Cet arrangement tire avantage du fait que le micro peut encaisser plus de courant qu'il ne peut en fournir et déclenche le triac avec un courant de gâchette négatif ; exactement là où la plupart de ces éléments nécessitent le moins de courant pour fonctionner.

## Circuit d'amortissement

Ce circuit composé de C1 (classe X1) et R1 a pour fonction d'empêcher le triac de se déclencher intempestivement. Le triac BTB16-600SWRG est un modèle *digital* (suffixe SWRG) avec un courant de gâchette relativement faible de 10 mA (min.). L'inconvénient c'est qu'il n'est pas protégé contre les déclenchements intempestifs, d'où le réseau R1/C1.

## Module de réception infrarouge

Le module récepteur IC2 décide les signaux de n'importe quelle télécommande infrarouge courante (bon nombre de télécommandes RC5). Lorsque le micro est en mode programmation (voir plus loin), il stocke le code reçu dans sa mémoire EEPROM interne. En mode normal, la réception du même code produira le même effet qu'une action sur le poussoir de commande S1. Cela permet de commander le gradateur à distance.

## Filtres

Le circuit comporte un filtre pour éviter le rayonnement et les perturbations du secteur dus au fonctionnement du triac. L'inductance de filtrage L1 sera soit un modèle du commerce de type Murata, soit constituée de dix tours de fil émaillé de 0,6 mm sur un tore de ferrite de 25 mm. Sans expérience de la réalisation des bobines d'arrêt pour le secteur, optez pour le modèle Murata. Comme la tension d'alimentation du circuit peut subir de grandes variations, celle du micro et celle du récepteur infrarouge seront filtrées : pour le micro, R10, C5 et C6 ; pour le module IR, R6, C7 et C8.

Ce sera tout pour le matériel.

### Ensuite le logiciel

Pour comprendre le logiciel qui anime magiquement et invisiblement le PIC, jetez un œil à l'organigramme de la **figure 2**. Tout commence par l'application de la tension d'alimentation. N'oubliez pas que partout où il est question de luminosité (*brightness*), vous pouvez remplacer par « intensité du chauffage » si la charge est un radiateur électrique.

- Le micro calcule la fréquence du secteur (50 Hz ou 60 Hz — Elektor est lu dans le monde entier) et éteint complètement la lampe. Il attend une action sur le poussoir S1.
- Si le poussoir est actionné et relâché immédiatement, la luminosité augmentera doucement jusqu'à atteindre sa valeur maximale.
- Si la pression sur le poussoir est maintenue, la luminosité augmentera jusqu'à ce que le poussoir soit relâché.
- Si la lampe est allumée partiellement ou complètement, et que le poussoir est actionné et relâché, le gradateur diminuera la luminosité jusqu'à zéro.
- Si la lampe est allumée partiellement ou complètement, et que la pression sur le poussoir est maintenue, le gradateur diminuera la luminosité jusqu'à ce que le poussoir soit relâché.

Grâce au code source [2], vous pourrez programmer vous-même un micro (**fig. 3**). Le logiciel (extrait, voir **listing 1**) a été écrit en langage assembleur. L'archive 140279-11.zip contient les versions pour 4 et 8 codes (voir plus bas).

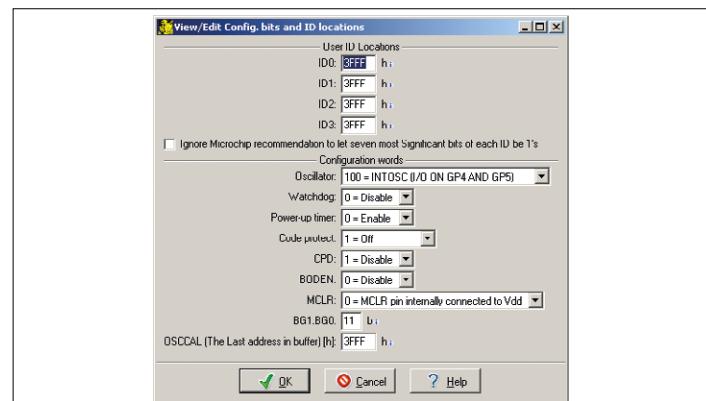


Figure 3. Réglages des fusibles du PIC que les plus contrebandiers des lecteurs utiliseront.

Voir également les conseils sur la sécurité électrique et le choix des composants à la page Elektor Labs [1].

### Programmation des codes IR

Pour démarrer la programmation très simple du gradateur, il est conseillé, mais pas obligatoire, que la lampe soit à sa luminosité maximale. Suivez alors ces étapes :

1. Maintenez le bouton de programmation enfoncé pendant 3 s. La lampe (ou le radiateur) sera mise sous et hors tension deux fois, cela confirme que le circuit se trouve dans la routine de programmation.

-Publicité

Les capteurs de proximité, de mouvement, de poussière et de distance Sharp confèrent une nouvelle dimension à vos appareils mobiles et électroménagers, vos équipements électroniques, et plus encore. Augmentez les fonctionnalités des purificateurs d'air, systèmes de climatisation, équipements sanitaires, ordinateurs portables et appareils robotiques grâce aux solutions de détection Sharp ou offrez aux utilisateurs

de téléphone mobile la commodité de l'utilisation en mode mains libres en intégrant le premier ensemble unique au monde fabriqué par Sharp qui combine un détecteur de mouvement, un détecteur de lumière ambiante et un détecteur de proximité. Pour de plus amples renseignements concernant notre gamme de capteurs innovants, contactez Sharp Devices Europe dès maintenant à l'adresse : [sharpsde@sharp.eu](mailto:sharpsde@sharp.eu)

**Listing 1. Extrait du programme (assembleur PIC)**

```

;#####
GET_PULSE BTFSS REC_SW
  GOTO RUN
  CLRF TMR0
GET_P0  BTFSC TMR0,5
  GOTO GET_P1
  BTFSS IR_SIGN ;WAIT FOR HIGH ON "IR_SIGN" PIN
  GOTO GET_P0
GET_P1  CLRF TMR0
GET_P2  BTFSC TMR0,5
  GOTO GET_P3
  BTFSC IR_SIGN ;WAIT FOR LOW ON "IR_SIGN" PIN
  GOTO GET_P2
GET_P3  MOVFW TMR0 ;GET PULSE TIME
  MOVWF INDF
  MOVLWB '000001111'
  ANDWF INDF
  CLRF TMR0
GET_P4  BTFSC TMR0,5
  GOTO MS3A
  BTFSS IR_SIGN ;WAIT FOR HIGH ON "IR_SIGN" PIN
  GOTO GET_P4
MS3A  CLRF TMR0
MS4  BTFSC TMR0,5
  GOTO MS4A
  BTFSC IR_SIGN ;WAIT FOR LOW ON "IR_SIGN" PIN
  GOTO MS4
MS4A  MOVLWB '000001111' ;GET PULSE TIME
  ANDWF TMR0
  SWAPF TMR0,W
  ADDWF INDF
  RETURN
;#####
END_IR  MOVLW IR_TIMEOUT
  MOVWF WAIT_IR
  MOVLW .158
  MOVWF TMR0
  BCF INTCON,T0IF
  BTFSS IR_SIGN
  GOTO END_IR
  BTFSS INTCON,T0IF
  GOTO $ -3
  DECFSZ WAIT_IR
  GOTO $ -8
  RETURN
;#####

```

**Liens**

[1] Historique du projet :

[www.elektor-labs.com/project/ir-remote-control-learning-dimmer-or-heat-control-140279-i.14109.html](http://www.elektor-labs.com/project/ir-remote-control-learning-dimmer-or-heat-control-140279-i.14109.html)

[2] Logiciel du projet : [www.elektor-magazine.fr/140279](http://www.elektor-magazine.fr/140279)

2. Placez votre télécommande à un mètre du récepteur puis actionnez le bouton que vous désirez enregistrer. Lorsque le gradateur aura reçu et stocké le code, il mettra la lampe sous et hors tension en guise de confirmation.

3. Répétez l'étape 2 sept fois. Une fois les huit codes programmés la lampe s'illuminera et le restera pour vous signifier la fin de la programmation.

La version **DIMMER\_8** du logiciel prend en charge huit codes, ce qui peut être préférable à 4 si vous utilisez des télécommandes RC5 qui n'envoient pas toujours le même code lorsque vous actionnez la même touche. Le PIC pré-programmé **140279-41** disponible dans l'e-choppe contient la version 8 codes.

Le code IR peut être le même pour les quatre (huit) positions disponibles. Vous pouvez vous servir de différentes télécommandes (qui devront toutefois utiliser le même standard). Une fois le gradateur programmé, les touches des télécommandes programmées auront la même fonction que le poussoir de commande.

**Construction**

Le circuit est relié au secteur : faites très attention à la sécurité électrique ! C'est pour cela que le labo d'Elektor a conçu le circuit imprimé (**fig. 4**) et assemblé le prototype dans un boîtier isolant (mais translucide), modifié pour accueillir des prises secteur certifiées. Les fils utilisés pour la tension du secteur ont une section de 2,5 mm<sup>2</sup> (13 AWG environ), largement suffisante pour la charge maximale de 1000 W (fusible 5 A en 230 V). Le triac est spécifié pour un courant max. de 16 A et les puissances jusqu'à 2000 W sont supportées pour peu que vous installiez un dissipateur plus gros que celui représenté ici et indiqué dans la liste des composants (n'oubliez pas la sécurité).

Les petits poussoirs de commande et programmation sont dotés de barres de plastiques qui dépassent sur un côté du boîtier, conformément à la distance minimale à respecter pour du 230 V AC.

Le conducteur de terre n'est pas dessiné sur le schéma, ce qui veut dire qu'il n'est pas présent sur le circuit imprimé. Il doit **impérativement** être relié entre la prise d'entrée et la prise de sortie du secteur.

Afin d'éviter le perçage d'un trou dans le boîtier pour le récepteur infrarouge et créer peut-être un problème de sécurité, nous avons utilisé un boîtier en polycarbonate translucide bleu de type 1591ETBU de chez Hammond Manufacturing bon marché (moins de 14 € chez Newark/Farnell). Le signal IR sera quelque peu affaibli par le boîtier, mais le fonctionnement est satisfaisant jusqu'à une distance de 5 m.

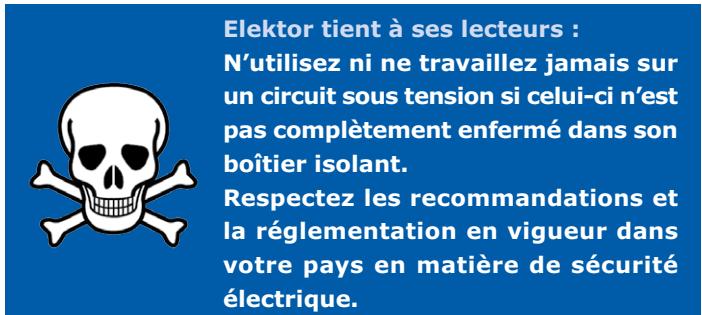
Nous avons employé des boulons nylon M3 pour solidariser la carte au fond du boîtier à la hauteur minimale de 4 mm. Il est possible de garantir cette distance en créant une entretoise à l'aide de deux écrous M3.

La prise d'entrée du secteur est un modèle CEI standard, la prise de sortie dépendra bien entendu du pays dans lequel vous vivez. Au labo, nous avons choisi une prise bleu clair avec terre de type Schuko dont la taille et la couleur convenaient parfaitement au boîtier. Les lecteurs anglais utiliseront la référence 824-5646 de RS Components, ceux aux États-Unis, 824-5655 ; toutes deux sont livrées avec un couvercle. Le coût total du boîtier Hammond et de la prise secteur est bien maigre au

regard de la sécurité qu'ils apportent, sans compter l'aspect attrant et professionnel. Pour les maniaques de la protection contre les éclaboussures : la prise Schuko existe avec un couvercle, c'est la référence RS 824-5630.

Si vous apercevez un léger scintillement lorsque la luminosité est minimale, essayez de diminuer R7 et R8 à 220 kΩ. Augmenter la valeur de C9 peut aussi aider. Ne dépassiez toutefois pas 10 nF, faute de quoi vous introduiriez un retard du déclenchement du triac. ↵

(140279 – version française : Kévin Petit)



## Liste des composants

### Résistances

R1 = 120 Ω 5 %, 5 W  
 R2 = 120 Ω 5 %, 0,25 , 250 V  
 R3,R4,R7,R8 = 470 kΩ 5 %, 0,25 W, 250 V  
 R5 = 100 Ω 5 %, 1 W, 350 V  
 R6 = 100 Ω 5 %, 0,2 W, 250 V  
 R9 = 39 kΩ 5 %, 0,25 , 250 V  
 R10 = 10 Ω 5 %, 0,25 W, 250 V

### Condensateurs

C1 = 100 nF 20 %, 1000 V, classe X1,  
 pas de 15 mm  
 C2 = 470 nF 20 %, 275 VAC, classe X2,  
 pas de 22,5 mm  
 C3 = 470 µF 20 %, 50 V, Ø 13 mm,  
 pas de 5 mm  
 C4,C6,C8 = 100 nF 10 %, 50 V,  
 céramique X7R, pas de 5,08 mm  
 C5 = 10 µF 20 %, 50 V, Ø 5 mm,  
 pas de 2 mm  
 C7 = 47 µF 20 %, 50 V, Ø 6,3 mm,  
 pas de 2,54 mm  
 C9 = 100 pF 5 %, 100 V, céramique C0G/NP0,  
 pas de 5,08 mm

### Inductances

L1 = 100 µH 10 %, 7,8 A, R(DC) = 40 mΩ,  
 Murata Power Solutions type 1410478C

### Semiconducteurs

D1 = 1N4734A, zener 5,6 V, W  
 D2,D3 = 1N4007, 1000 V, 1 A  
 TRI1 = BTB16-600SWRG  
 IC1 = PIC12F675, programmé,  
 Elektor réf. 140279-41  
 IC2 = TSOP4838

### Divers

K1-K4 = cosses 6,35 mm à vis,  
 trou de 3,3 mm  
 S1,S2 = poussoir 6x6 mm, à monter en bord de carte,  
 Alps SKHHNA010 (Mouser # 688-SKHHNK)  
 HS1 = dissipateur à monter sur C.I.,  
 Fischer SK 129 38,1 STS, 6,5 °C/W. 1250 W max.  
 F1 = support de fusible, 20x5 mm, 500 V, 10 A  
 F1 = fusible 5 A, type lent, (T), 5x20 mm  
 circuit imprimé 140279-1 v2.0  
 Boîtier : Hammond type 1591ETBU

Non représenté sur le circuit imprimé :  
 prise électrique, DIN 49440, 16 A, 250 V, IP 20,  
 à monter sur panneau (Schuko ; type allemand);  
 réf. RS Components 824-5627

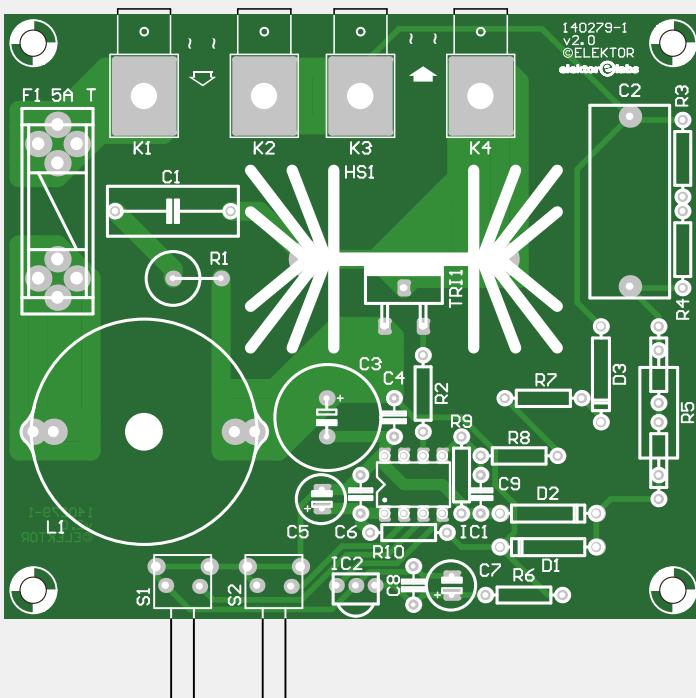
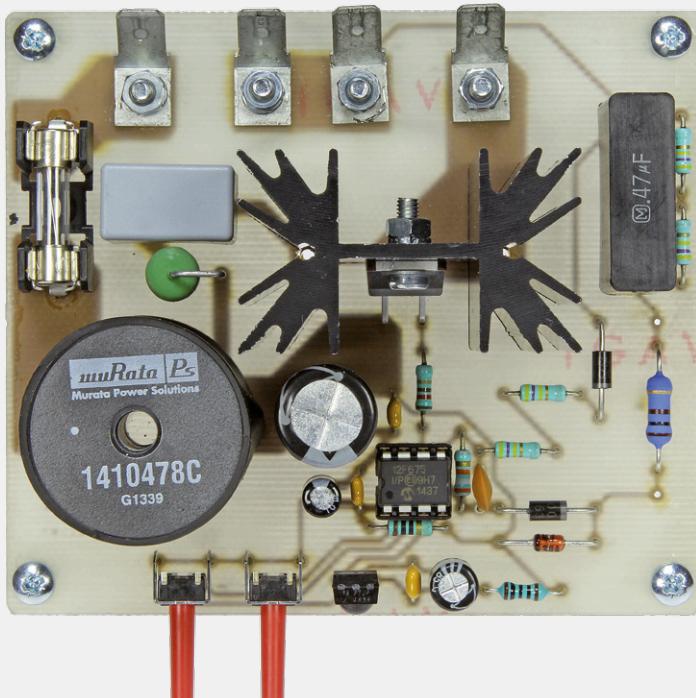
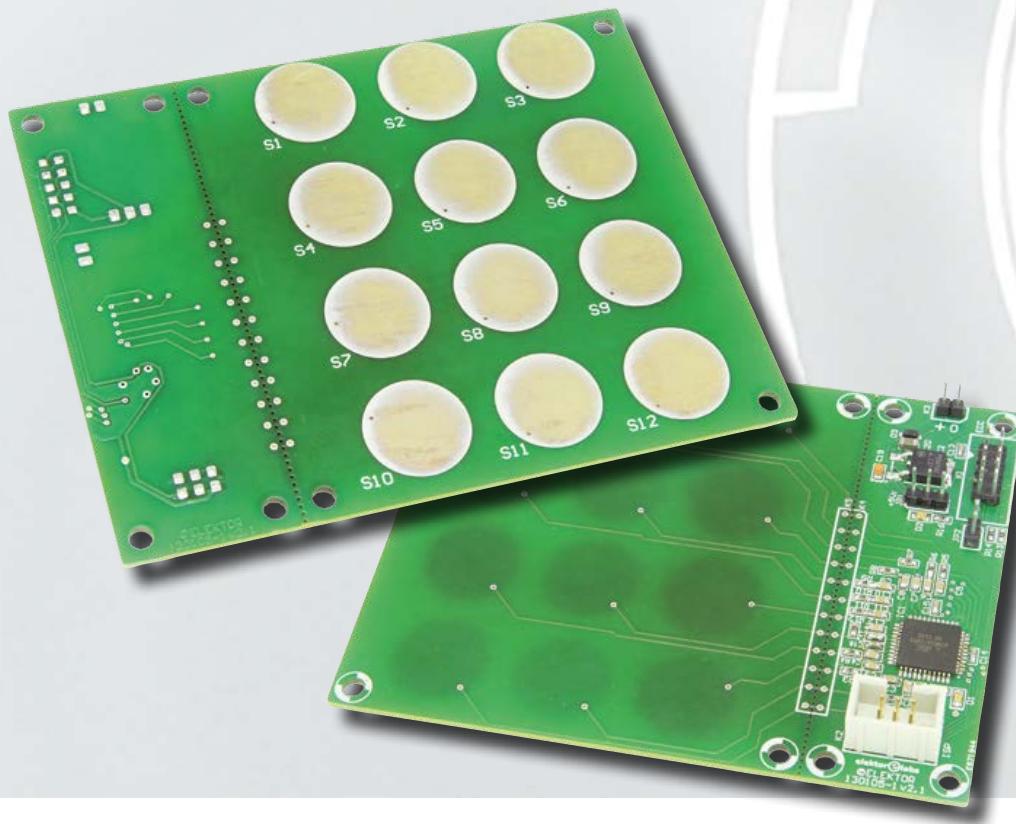


Figure 4. Ce circuit imprimé simple face a été conçu avec une grande attention quant à la sécurité électrique.

# clavier capacitif à 12 touches

## commande par effleurement à toutes mains



Extrait d'un catalogue de matériel audiovisuel haut de gamme de 1975 : « Fini les boutons malcommodes, voici la commande tactile à réponse silencieuse et instantanée ! Effleurez simplement la surface lumineuse ! »

À comparer avec la version de Clemens : « Lorsque j'étais étudiant, j'avais récupéré une vieille télé couleur à commande tactile et ça semblait super, mais il suffisait que le temps soit humide pour que cette [censuré] change de chaîne toute seule, parfois au moment même où mon équipe préférée était à deux doigts de marquer. »

Ces commandes trop sensibles ont fini dans la poubelle des ratés technologiques, mais le concept des touches à effleurement semble refaire surface. Cypress et Atmel y travaillent depuis au moins vingt ans, sans doute stimulés par la popularité de l'iPod d'Apple et de son sélecteur rotatif. Recherche, microcontrôleurs et matu-

rité logicielle ont par ailleurs considérablement amélioré la fiabilité de ces dispositifs, comparée à celle d'il y a 40 ans.

### Principe de fonctionnement

Les capteurs tactiles (une touche est un capteur) exploitent une propriété optique, magnétique, inductive ou encore capacitive. Le type le plus en vogue actuellement est indubitablement le capteur capacitif. S'il existe plusieurs façons de mettre en œuvre un tel capteur, toutes mesurent la variation de la constante de temps d'un circuit (RC) qui contient un condensateur variable dont la capacité est modifiée par la présence d'un objet proche (comme un doigt). Le résultat peut être le changement (absolu ou relatif) de fréquence d'un oscillateur, ou encore une modification du temps de charge d'un condensateur de référence. Contrairement aux anciennes touches sensitives (qui détectaient la ronflette

sur le corps humain où elle est induite par le réseau électrique domestique), celles d'aujourd'hui sont des touches sans contact qu'il suffit **d'approcher** sans avoir à les **toucher**. On peut donc les monter sous verre (pratique pour le nettoyage des cuisinières) ou les cacher pour des raisons esthétiques. Quarante ans plus tard, l'ergonomie a encore son mot à dire.

Un capteur capacitif est pour l'essentiel une petite surface de matériau conducteur (du cuivre dans le cas d'un capteur sur un circuit imprimé), mais on trouve aussi des capteurs à deux électrodes. Le capteur à une électrode, dit à *capacité propre*, est bien adapté à la construction de boutons tandis que le capteur à deux électrodes, dit à *capacité mutuelle*, peut aussi servir à détecter une position. Nous avons dit que les capteurs capacitifs modernes étaient *sans contact*, mais ce n'est vrai que des capteurs à capacité

**Ton Giesberts et Clemens Valens** (Elektor Labs)

D'après un projet proposé par **Simon Tewes**

Présentées dans les années 70 comme le dernier cri en matière d'ergonomie, les touches à effleurement qui équipaient les matériels audiovisuels haut de gamme ont vite disparu en raison de leur fiabilité médiocre et de leurs parasites. À nouveau siècle nouveau souffle, nous les *retouchons* ici avec un AVR, la bibliothèque QTouch et une conception de carte avancée.



mutuelle. Le principe de fonctionnement est presque le même dans les deux cas (**fig. 1**), toutefois la capacité mutuelle offre une plus grande précision. Selon que le système est à la masse ou non, la variation de capacité due à la proximité d'un doigt est négative ou positive. Dans les systèmes à capacité propre, le capteur de capacité inconnue est chargé sous un potentiel connu. La charge (inconnue) qui en résulte est collectée par un condensateur d'échantillonnage et le processus se répète jusqu'à ce que la tension aux bornes de ce condensateur atteigne une valeur prédéfinie (**fig. 2**). Le nombre de cycles de charge nécessaire représente la capacité du capteur. Un doigt placé près du capteur augmente le nombre de cycles nécessaires. Les capteurs à capacité mutuelle opèrent selon le même principe, mais peuvent être contrôlés plus finement, car leur capacité est mieux définie.

### Quelques limites

Les capteurs sans contact peuvent posséder un grand nombre de formes et être regroupés afin de construire des com-

mandes de type glissière, rotor ou pavé, dans lesquelles les capacités mesurées servent à calculer la position d'un objet proche avec une précision impression-

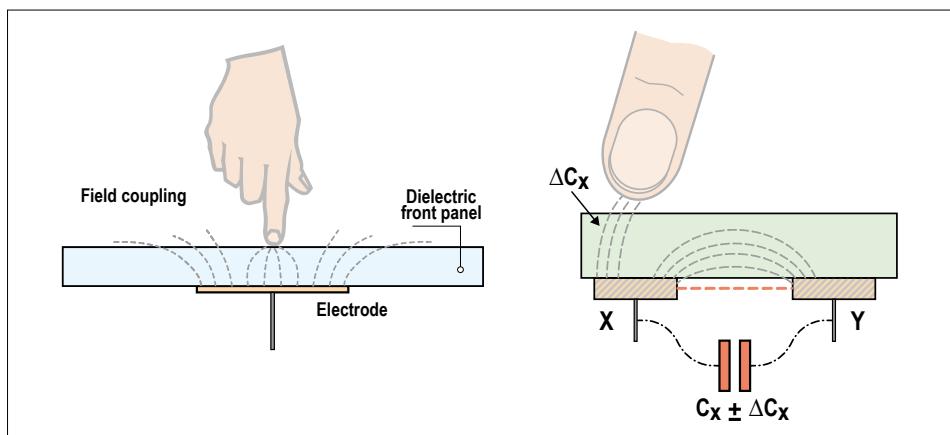


Figure 1. Principe de fonctionnement d'un capteur capacitif à capacité propre (à gauche) et à capacité mutuelle (à droite). Le changement de capacité est négatif si le système est relié à la masse, positif sinon.

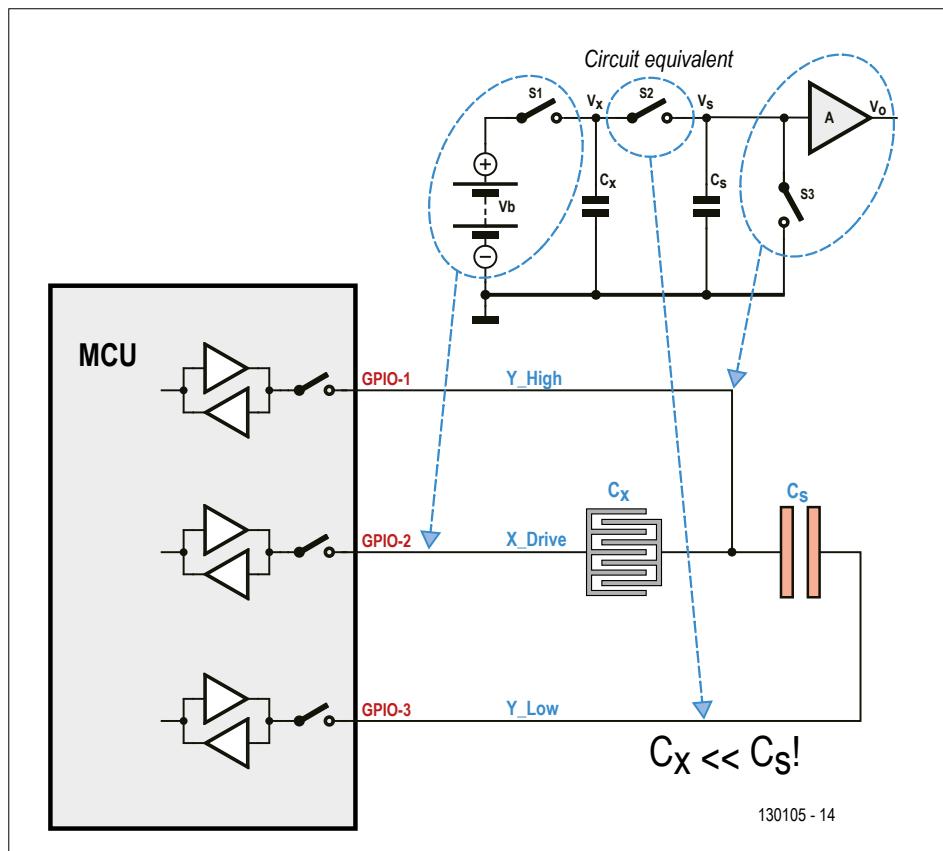


Figure 2. Initialisez le circuit en fermant S2 et S3, puis ouvrez tous les commutateurs. Tapotez S1 pour charger  $C_x$ , puis tapotez S2 pour transférer la charge en  $C_s$ . Répétez cette séquence jusqu'à ce que la charge de  $C_s$  atteigne le niveau de référence. Le nombre de transferts nécessaire dépend de la proximité du doigt avec le condensateur  $C_x$ .

nante. Que des avantages, cela dit la liberté de manœuvre n'est pas totale. La première des limitations vient du matériau formant la surface sensible, en parti-

culier lorsque le système est constitué de capteurs à capacité mutuelle, puisque ce matériau fait alors partie intégrante du condensateur. Dans ce cas, il faut éviter

les lames ou bulles d'air. Les capteurs à capacité propre y sont moins sensibles. Le tracé du circuit nécessite une vigilance particulière, car la sensibilité des capteurs capacitifs est affectée par la proximité des plans et pistes de masse (autour, dessous, etc.) C'est un mal pour un bien puisqu'on peut utiliser les pistes de masse pour limiter la sensibilité dans certaines zones ou encore améliorer l'immunité au bruit.

Les capteurs à capacité mutuelle comportent une électrode pilote (X) et une électrode réceptrice (Y). Les « doigts » de ces électrodes sont généralement entrelacés afin de maximiser la longueur de couplage. Plus il y a de doigts, meilleur est le rapport signal sur bruit du capteur. L'électrode X entoure habituellement la Y, celle-ci devant être aussi fine que possible et ne pas introduire trop de résistance afin de ne pas agir sur la constante de temps du capteur ; la largeur de l'électrode X dépend principalement de l'épaisseur du matériau recouvrant. Ceci vaut aussi pour la distance entre les électrodes X et Y (fig. 3).

Les capteurs à capacité propre peuvent prendre n'importe quelle forme, mais jouer avec cette liberté n'est d'ordinaire pas souhaitable. La forme affecte la sensibilité d'un capteur, et donner à un capteur la forme de l'extrémité d'un doigt (comme dans les années 70 !) est sans fondement : il est inutile de vouloir façonner des capteurs en forme d'icônes, les effets esthétiques peuvent être obtenus par d'autres techniques.

Si vous avez besoin de faire des calculs précis, référez-vous aux notes d'application publiées par les fabricants.

### Clavier maison

Les connaissances de base étant posées, voyons comment construire un clavier tactile, que vous pourrez utiliser comme plateforme d'expérimentation ou comme simple clavier pour l'un de vos projets maison. Nous aurions pu partir de nos connaissances théoriques pour écrire nous-mêmes la composante logicielle, mais nous avons préféré profiter des ressources disponibles. La méthode de détection QTouch d'Atmel nous a semblé un bon choix, car elle est prise en charge par de nombreux microcontrôleurs AVR et de surcroît bien documentée même si, bizarrement, nous n'avons dégoté sur Internet que peu de projets l'exploitant. La méthode QTouch s'applique aux cap-

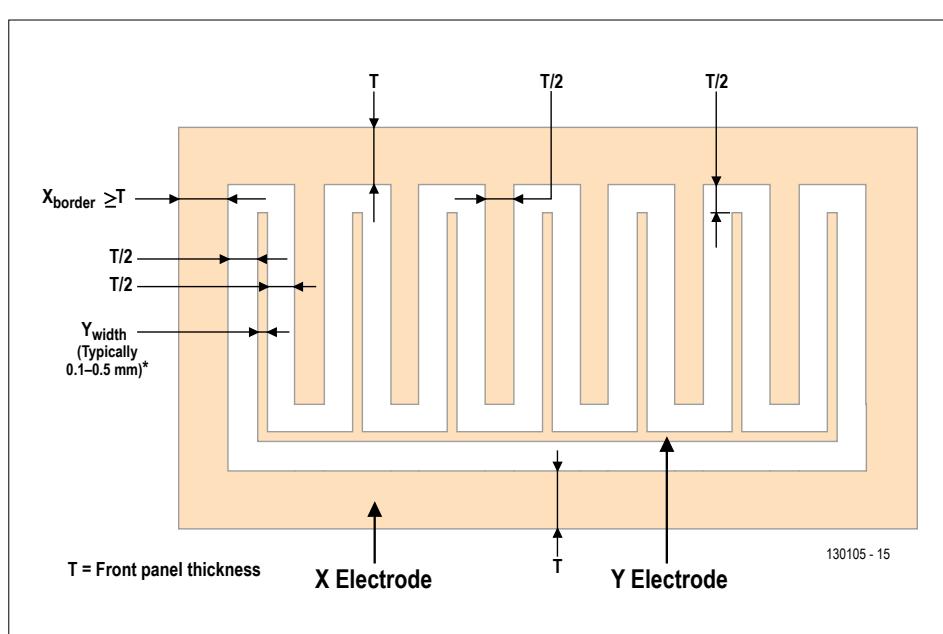


Figure 3. La conception d'un capteur à capacité mutuelle est soumise à certaines contraintes.

teurs à capacité propre et mutuelle. Nous avons opté pour des capteurs à capacité propre car ils sont faciles à concevoir et à utiliser, sans les entraves de contraintes mécaniques fortes. Et nous n'avions besoin que de boutons, pas de glissière ou autre surface tactile fantaisiste.

Avant d'utiliser une bibliothèque tierce, il paraît opportun d'en lire les exigences matérielles. Ainsi avons-nous découvert que la bibliothèque QTouch imposait quelques restrictions quant au câblage : il faut deux broches par capteur (appelé canal) et, même si toutes sont susceptibles d'être compatibles QTouch, on ne peut pas les câbler n'importe comment. Un clavier de 12 touches nous a semblé un bon choix, donc il nous fallait 24 broches compatibles QTouch, soit 3 ports de 8 bits sur un AVR. Et puisqu'il nous fallait aussi un port de communication pour transmettre au système hôte les touches activées, et sans doute d'autres E/S, notre AVR devait avoir au moins 4 ports de 8 bits. Comme nous ne savions pas trop à quel point le circuit affecterait les capteurs, nous avons décidé de faire aussi petit que possible et choisi un assemblage

CMS à 44 broches. Notre choix final s'est porté sur l'ATmega324PA-AU, car le guide de sélection des bibliothèques mentionnait QTouch (il existe aussi des versions A et P, mais personne ne sait vraiment ce qui les différencie, à part probablement le détenteur des secrets d'Atmel).

Pour l'affectation des broches aux capteurs et aussi à des fins de test, Atmel fournit l'utilitaire QTouch Studio. La version que nous avons téléchargée ne fonctionnait hélas que sous Windows XP (peut-être existe-t-il une nouvelle version depuis). Le code de configuration créé n'était pas exempt d'erreurs, mais nous aura néanmoins aidés. Comme vous le voyez sur la **figure 4**, le port A est pour les touches S9 à S12, les autres ayant un fil relié au port C et l'autre fil au port D. Il s'agit d'un compromis : l'UART de l'ATmega est inutilisable (seulement disponible sur le port D), mais le port de programmation du port B est laissé libre. Manque d'expérience oblige, nous avons trouvé prudent d'éloigner le port de programmation/débogage des capteurs. Quoi qu'il en soit, la communication sérielle est facile à planter de façon logicielle.

Chaque capteur S1 à S12 possède une résistance-talon de 1 kΩ (valeur non critique) et un condensateur d'échantillonnage de 22 nF. Notez que les condensateurs doivent être stables et de bonne qualité, X7R ou X5R au moins ; n'utilisez pas de Y5R. Nous avons utilisé des boîtiers 0603 pour garder l'ensemble compact, mais exploitable.

Conformément aux conventions d'Atmel, le signal sur PA1 (et similaires) est appelé SNSK (SeNSE Key), celui sur PA0 (et similaires) est le signal SNS (SeNSE).

K1 sert à relier le clavier à un système hôte. K1 est un connecteur ECC (*Embedded Extension Connector*) compatible avec les ECC des cartes Elektor (p. ex. *shield* d'extension Arduino, Elektor 07-08/2014, 140009-91). K2 est le connecteur de programmation/débogage. Le régulateur de tension IC2 permet d'alimenter le clavier via K3 avec une source externe de +6 à +9 V (broches 1 et 2 de JP1 court-circuitées avec un cavalier), mais la carte peut aussi être alimentée via K1 (broches 2 et 3 de JP1 court-circuitées).

K4 et K5 ne sont pas à proprement parler

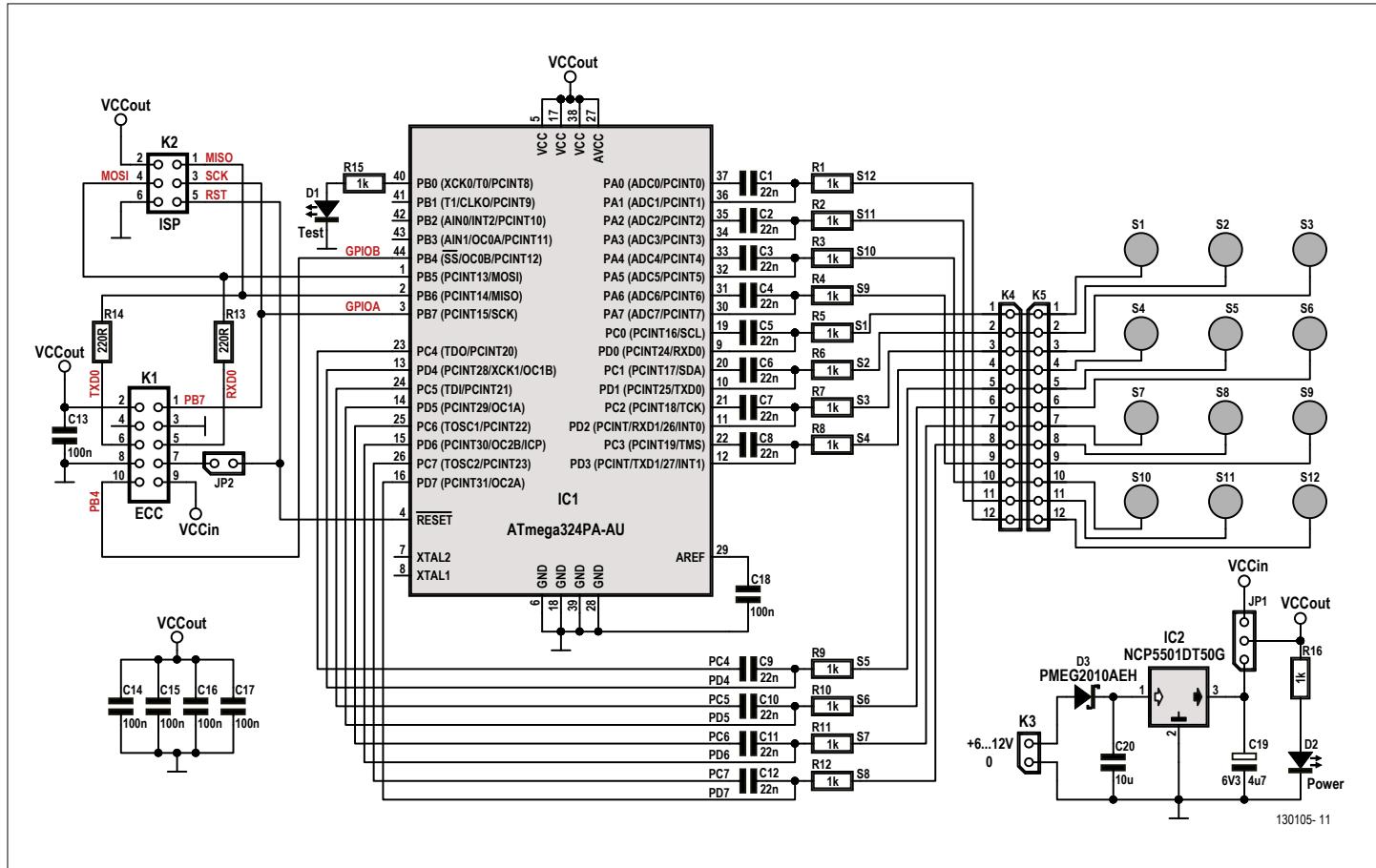


Figure 4. Schéma de notre clavier tactile à 3 x 4 touches. Pas une seule résistance de  $10\text{ M}\Omega$  en vue !

des connecteurs, mais des empreintes, utiles si p. ex. des contraintes mécaniques dues au système hôte ou au boîtier obligent à séparer la partie microcontrôleur du clavier.

La LED D1 est disponible pour déboguer ou visualiser des signaux. La LED D2 s'allume lorsque la carte est alimentée. JP2 peut être court-circuité si un signal Reset externe est disponible sur K1.

L'ATmega est cadencé par son oscillateur interne, car la précision temporelle n'est pas très importante — et cela économise un quartz.

La carte (**fig. 5**) a été pensée pour faciliter sa mise en boîtier : les capteurs sont sur une face et les composants sur l'autre. Les pistes allant des capteurs aux résistances-talons sont étroites et placées

aussi loin que possible des autres pistes et des capteurs. Ces pistes font partie des capteurs et sont donc sensibles au toucher. Le nombre de *vias* a été réduit au minimum pour ces pistes.

### Configuration logicielle

La documentation QTouch est copieuse, mais confuse et, pour ne rien arranger, le site d'Atmel donne l'impression que QTouch est dépassée alors qu'Atmel Studio en propose des mises à jour presque chaque semaine. Nous avons installé QTouch pour Atmel Studio, mais n'avons pas compris comment l'utiliser. Même si cela en dit probablement plus sur notre patience que sur le programme, il n'en reste pas moins que nous avons dû sortir un vieux portable équipé de

Windows XP pour vérifier avec QTouch Studio que la configuration de nos capteurs était correcte. Bref, pour vous éviter les mêmes tribulations, voici, sous une forme condensée et espérons-le assez claire, la procédure à suivre pour configurer QTouch :

1. Télécharger l'archive de la bibliothèque QTouch depuis le site d'Atmel [1].
2. Extraire et ouvrir la feuille Excel *Library\_Selection\_Guide.xls*.
3. Sélectionner la seconde feuille QTouch (nous ne créons pas de QMatrix et n'utilisons pas d'ATtiny).
4. Sélectionner le µC (ATmega324PA ici).
5. Sélectionner *Max Num Channels* (12 ici, un canal par capteur).
6. Sélectionner *Max Num Rotors/Sliders* (0 ici, nous n'en avons pas).

Figure 5. Nous avons conçu la carte double face en tenant compte de tous les paramètres et exigences qu'impose la construction d'un système de détection capacitif avec un microcontrôleur.

## Liste des composants

### Résistances

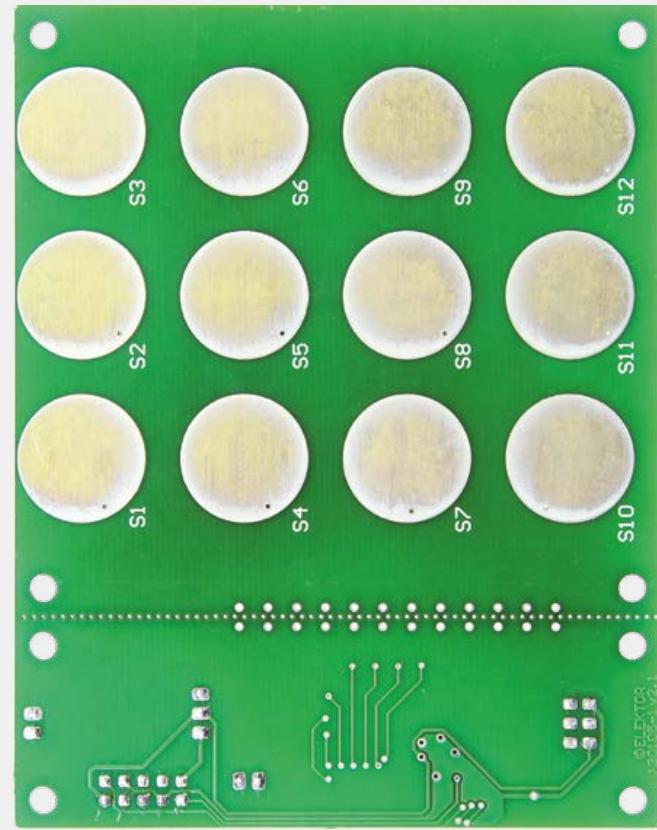
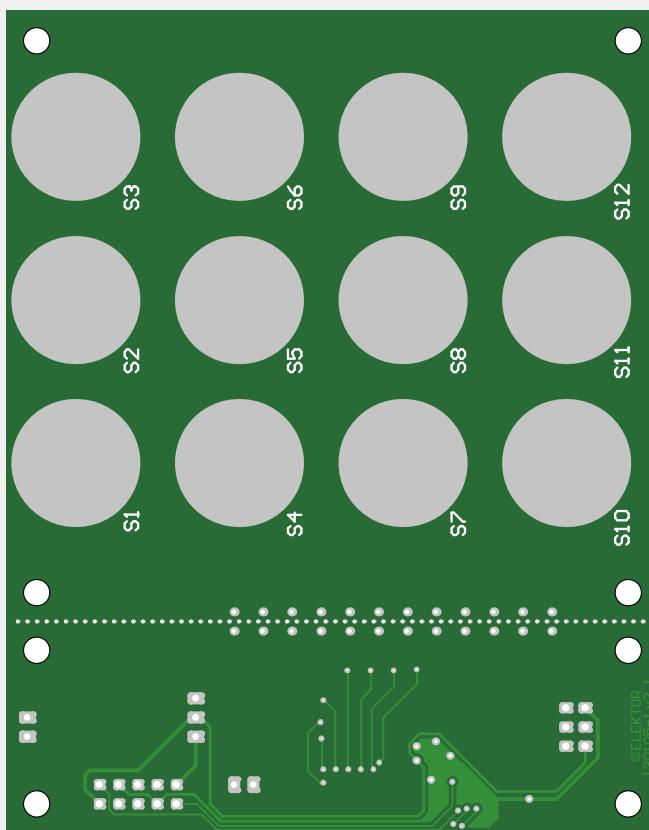
Par défaut : 5 %, 0,1 W, CMS 0603  
R1 à R12, R15, R16 = 1 kΩ  
R13, R14 = 220 Ω

### Condensateurs

C1-C12 = 22 nF, 10 % 50 V, X7R, CMS 0603  
C13-C18 = 100 nF, 5 %, 16 V, X7R, CMS 0603  
C19 = 4,7 µF, 10 %, 6,3 V,  
CMS boîtier R (0805), tantale  
C20 = 10 µF, 10 %, 25 V, X5R, CMS 1206

### Semi-conducteurs

D1, D2 = LED, CMS 0805  
D3 = PMEG2010AEH, CMS SOD-123F  
IC1 = ATmega324PA-AU, CMS TQFP-44,  
programmé, e-choppe 130105-41  
IC2 = NCP5501DT50G, CMS DPAK 3



7. Sélectionner *Toolchain* (GCC car nous utilisons Atmel Studio).

Il ne reste alors plus qu'une seule bibliothèque (*libavr5g1-12qt-k-0rs.a* dans notre cas). Extrayez-la et copiez-la dans votre répertoire de travail. Vous aurez aussi besoin des fichiers suivants, inclus dans l'archive QTouch :

- *touch\_config.h* ;
- *touch\_api.h* ;
- *qt\_asm\_tiny\_mega.S* ;
- *qt\_asm\_avr.h*.

Il faut ensuite sélectionner les ports d'E/S. Vous pouvez vous référer à notre schéma, mais les indications suivantes vous aideront en cas de besoins particuliers.

Chaque canal QTouch (touche) nécessite deux broches GPIO pour les signaux SNS et SNSK. Chaque port de 8 bits du µC

peut traiter 4 canaux à 2 broches, mais on ne peut utiliser qu'un seul port de cette façon. Les canaux restants doivent être répartis sur deux autres ports de façon à ce que chaque canal utilise une broche de chaque port. Pour un port donné, les broches peuvent être réparties librement tant que les règles précédentes sont respectées. Le plus simple est d'utiliser des broches consécutives pour s'épargner le tracas des masques de bit dans le programme. Nous avons utilisé le port A comme port à 4 canaux (S9 à S12), et la paire de ports C et D pour traiter les huit canaux restants (S1 à S8).

QTouch Studio peut aider à déterminer les masques et à choisir la bibliothèque à utiliser. Il produit aussi un peu de code C pour le projet, hélas un tantinet bogué et donc à corriger.

Le fichier *touch\_config.h* doit refléter la façon dont les canaux sont reliés aux bro-

ches des ports. Trouvez la partie ad hoc (*0 rotors, 0 sliders* dans notre cas) et entrez (les valeurs données reflètent notre schéma) :

- QT\_NUM\_CHANNELS -> 12
- NUMBER\_OF\_PORTS -> 2
- SNS1 -> A
- SNSK1 -> A
- SNS2 -> C
- SNSK2 -> D

SNS1 et SNSK1 partagent le port A, ce que nous devons définir avec *\_SNS1\_SNSK1\_SAME\_PORT\_*.

Tous les autres paramètres gardent leurs valeurs par défaut, notamment les masques, car nous n'avons utilisé que des broches consécutives.

Le code est dans l'archive 130105-11.zip, à télécharger gratuitement depuis [2].

#### Divers

K1 = barrette mâle 10 broches (2x5),  
au pas de 2,5 mm

K2 = barrette mâle 6 broches (2x3), droite,  
au pas de 2,5 mm

K3, JP2 = barrette mâle 2 voies,  
au pas de 2,5 mm

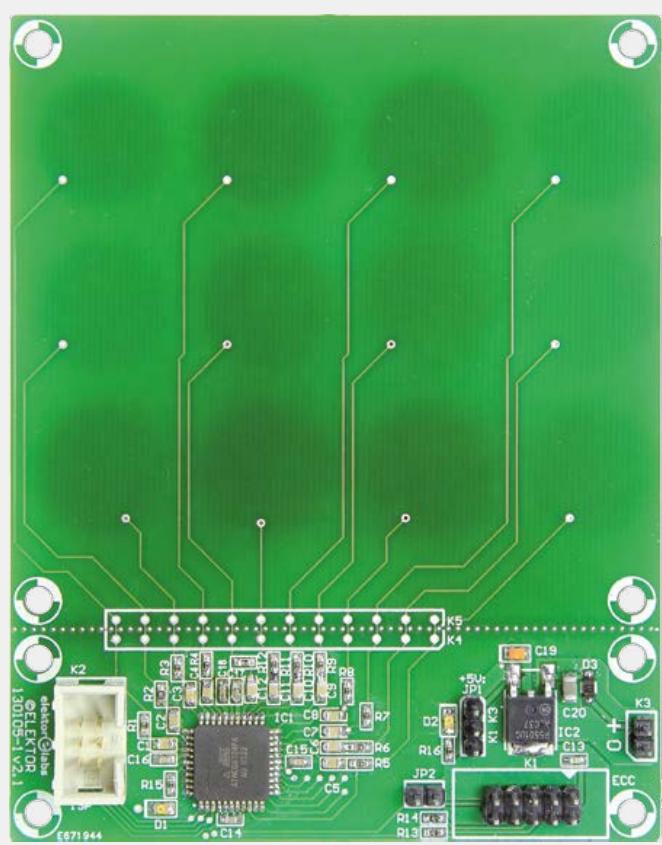
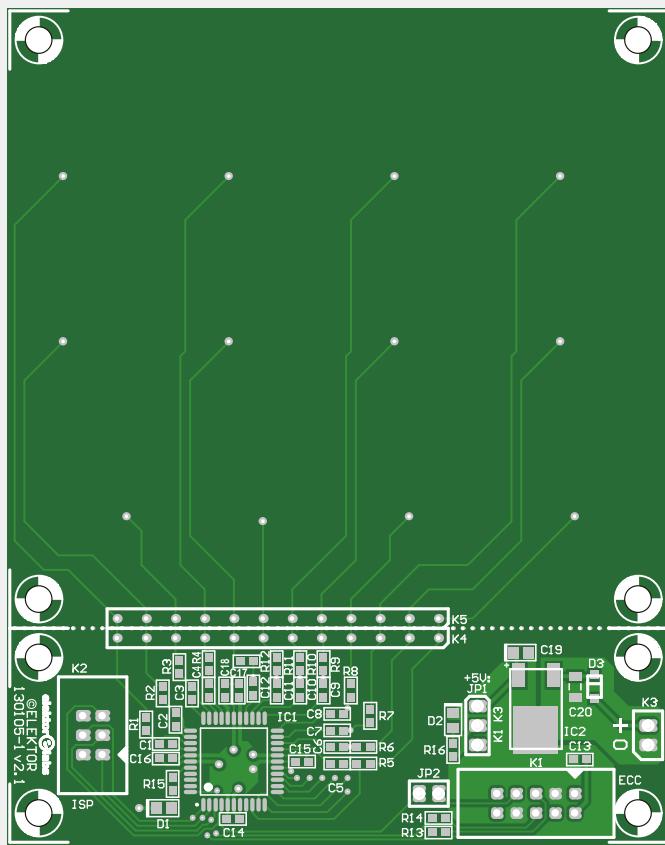
K4, K5 = non montés, à laisser ouverts

JP1 = barrette mâle 3 broches,  
au pas de 2,5 mm

cavalier simple au pas de 2,54 mm  
pour JP1 et JP2

carte assemblée, e-choppe 130105-91

carte nue, e-choppe 130105-1 v2.1





La documentation QTouch est copieuse, mais confuse

### Utilisation de QTouch

Avant de poursuivre, assurez-vous que la configuration de votre projet Atmel Studio est correcte et que la chaîne d'outils peut trouver la bibliothèque QTouch et les fichiers.

La documentation QTouch n'est pas très claire quant à la vitesse d'horloge du  $\mu$ C et à l'importance de cette fréquence. Les exemples semblent être prévus pour 4 MHz, mais le code n'est pas cohérent. Pour éviter tout problème, nous avons modifié le registre CLKPR du prédiviseur d'horloge pour obtenir 4 MHz. La bibliothèque doit être initialisée à la fois globalement et pour chaque touche/canal :

- compléter la structure qt\_config\_data (les valeurs par défaut ont marché pour nous) ;
- pour chaque canal appeler qt\_enable\_key (les valeurs d'exemple ont marché pour nous) ;
- appeler qt\_init\_sensing.

La méthode de détection est prête. Veillez à appeler régulièrement qt\_measure\_sensors. Un timer (timer 1 pour nous) déclenché toutes les 25 ms convient. Contrôlez la valeur de retour. Si le drapeau QTLIB\_BURST AGAIN est à 1, appelez à nouveau qt\_measure\_sensors. Lorsque les drapeaux QTLIB\_NO\_ACTIVITY et QTLIB\_BURST AGAIN sont mis à 0, vérifiez les touches actives dans la bibliothèque. Pour cela le plus simple est d'inspecter le tableau qt\_measure\_data. qt\_touch\_status.sensor\_states. Il est possible de détecter la pression simultanée de plusieurs touches, mais par défaut notre micrologiciel n'en détecte

qu'une à la fois. La touche active est identifiée sur le port série au moyen d'une chaîne ASCII Sxx, xx valant entre 00 et 12. Les évènements « touche relâchée » ne sont pas envoyés.

Le port série matériel du  $\mu$ C n'est pas disponible, car le port D est utilisé pour les canaux QTouch. Le programme utilise donc un port série logiciel de 9600 bauds (pas de parité, 8 bits de données, 1 bit d'arrêt).

### Petits trucs en vrac

Si vous testez différents matériaux pour recouvrir le clavier (verre, bois, Plexiglas, etc.), pensez à relancer le programme après chaque modification, sinon le système ne fonctionnera pas correctement.

Pour connaître l'état des touches, vous pouvez appeler qt\_get\_sensor\_delta au lieu de qt\_measure\_data.qt\_touch\_status.sensor\_states.



Cette fonction donne plus d'informations, mais demande une meilleure connaissance du matériel.Modifier le matériel entraîne un changement des valeurs *delta*. Elles peuvent être très élevées (clavier sans protection) ou très faibles (matériau de protection épais),

donc pensez à déterminer l'étendue de ces valeurs pour votre configuration.

Un rappel qt\_filter\_callback peut être enregistré pour filtrer les mesures sur les canaux avant leur traitement. Nous avons ajouté ici un simple filtre qui effectue une moyenne sur quatre échantillons.

Changer les valeurs par défaut de la structure qt\_config\_data semble sans grand effet. Seule la modification du paramètre DI (suppression des fausses détections) a une influence notable, car le système ralentit lorsqu'on l'augmente. Pour jouer avec ces valeurs, envoyez au clavier les commandes suivantes (validées avec Entrée) :

- [i|I] limite de détection (valeur DI) (défaut = 4)
- [n|N] taux de dérive négative (défaut = 20 [x 200 ms])
- [p|P] taux de dérive positive (défaut = 5 [x 200 ms])
- [h|H] temps de maintien de dérive

- (défaut = 20 [x 200 ms])
- [m|M] durée ON maximale (défaut = 0 [x 200 ms])
  - [r|R] seuil de recalibrage (défaut = RECAL\_50 = 1)
  - [d|D] retard de recalibrage positif DEF\_QT\_POS\_RECAL\_DELAY (défaut = 3)

Le rôle de ces paramètres est détaillé dans la section 5.3 du Guide de l'utilisateur de QTouch [3].

### Liens

- [1] Bibliothèque QTouch d'Atmel : [www.atmel.com/tools/qtouchlibrary.aspx](http://www.atmel.com/tools/qtouchlibrary.aspx)
- [2] Code du projet : [www.elektor-magazine.fr/130105](http://www.elektor-magazine.fr/130105)
- [3] Guide de l'utilisateur de QTouch : [www.atmel.com/images/doc8207.pdf](http://www.atmel.com/images/doc8207.pdf)



# intercepteur de données 2.0 pour Märklin Digital

## des paquets d'impulsions sur l'écran du PC



Nils Körber DHØHAN (Allemagne)

Peu importe que l'on tourne sous DELTA-Control, Control Unit, Digital Railrunner, EDiTS Pro ou tout autre système : sur les rails, les signaux numériques de pilotage des locomotives au format Motorola présentent une très grande similitude. L'intercepteur de données décrit ici permet d'observer ces signaux en direct sur l'écran d'un PC. Un outil précieux !

Vous avez déjà lu cette introduction ? Eh oui ! L'intercepteur de données a été publié dans Elektor en avril 2002 ([1]). Le logiciel de l'époque n'est plus compatible avec les PC récents et les versions de Windows actuelles, d'où cette mise à jour.

### Rappels de théorie et de technique

Nous avons eu maintes occasions de décrire le protocole du système de commande Märklin Digital ([2] par ex.). Pour la théorie, il faut savoir que la transmission des données se fait sous la forme de trains d'impulsions constitués soit de dix-huit impulsions individuelles, soit de neuf paires d'impulsions. Les niveaux de tension sur les rails sont alors de quelque -15 et +15 V, les valeurs exactes varient légèrement en fonction



du système de commande et de la charge due aux consommateurs connectés.

En fonction des circonstances, une impulsion unique sera interprétée comme un bit, une paire d'impulsions composée de deux impulsions distinctes comme un trit (bit ternaire). La valeur logique correspondante se cache dans le rapport cyclique des signaux, plus précisément dans la largeur des impulsions. Dans le flux de données numériques sur les rails, les bits et trits prennent l'aspect suivant :

#### Bit « 0 »

26 µs à +15 V, 182 µs à -15 V

**Bit « 1 »**

182 µs à +15 V, 26 µs à -15 V

**Trit « 0 »**

26 µs à +15 V, 182 µs à -15 V

26 µs à +15 V, 182 µs à -15 V

**Trit « 1 »**

182 µs à +15 V, 26 µs à -15 V

182 µs à +15 V, 26 µs à -15 V

**Trit « ouvert »**

182 µs à +15 V, 26 µs à -15 V

26 µs à +15 V, 182 µs à -15 V

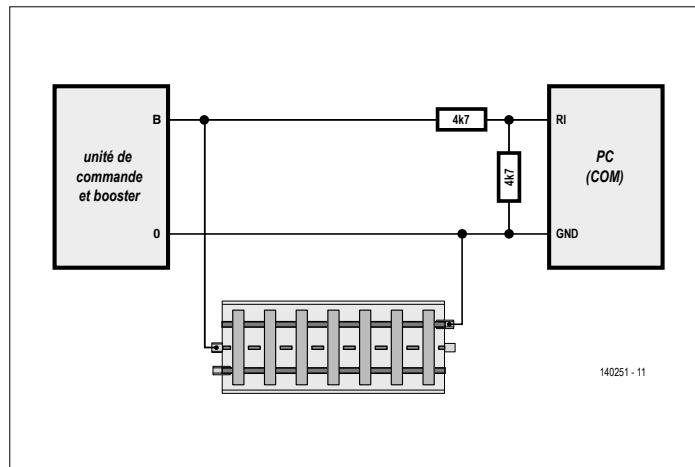


Figure 1. Voici comment sont interconnectés l'unité de commande/booster et le PC.

Dans l'ancien format Motorola, un paquet d'impulsions complet se compose de quatre trits pour l'adresse de la locomotive, d'un trit pour la fonction (*function*) et de quatre trits pour la vitesse, y compris l'information de changement de sens de circulation. Dans le nouveau format Motorola, les quatre derniers trits sont remplacés par huit bits qui servent à donner la vitesse, l'information de sens de circulation et les fonctions f1, f2, f3 et f4. La longueur des trains d'impulsions est donc la même dans les deux formats, à savoir de l'ordre de 3,75 ms.

Pour notre intercepteur de données, le signal de sortie du booster présent sur les rails est appliqué au port série du PC, après une adaptation de niveau. Le programme de l'intercepteur de données effectue une série de mesures pendant quelques secondes à des intervalles très rapprochés, échantillonne les niveaux présents (*sampling*) et les stocke. Après la mesure, les valeurs sont analysées et peuvent être affichées en détail sur l'écran.

La qualité de la mesure dépend intrinsèquement de la vitesse et de la constance du taux d'échantillonnage. Il faut tenir compte d'un certain nombre de facteurs (Cf. § *Logiciel*). À taux d'échantillonnage constant, il faudrait prélever deux échantillons pendant l'impulsion la plus courte (26 µs) pour obtenir un résultat de mesure fiable. Ceci implique un taux d'échantillonnage (*sampling rate*) minimum de quelque 83,5 kHz. Un PC récent sous Windows devrait s'en sortir. Sur son PC équipé d'un Pentium d'Intel 2 GHz sous Windows 7, l'auteur a atteint un taux d'échantillonnage de l'ordre de 160 kHz. Des fréquences d'horloge de CPU plus élevées donnent des taux d'échantillonnage supérieurs et de meilleurs résultats.

**Matériel : un diviseur de tension**

Le signal présent sur les rails est appliqué au port série du PC. Comme les tensions peuvent parfois dépasser 15 V, un diviseur de tension (fig. 1) constitué d'une paire de résistances de 4,7 kΩ fait en sorte que les niveaux sur le PC restent dans les limites définies par la norme RS-232C/V.28.

Sur le port COM, on utilise les lignes RI (**Ring Indicator**) et GND (**GrouND**, masse). Sur l'embase Sub-D à 25 contacts, la ligne RI se trouve sur la broche 22, la masse sur la broche 7 ; pour une embase à 9 contacts, RI se trouve sur la broche 9, GND sur la broche 5. La longueur de la liaison bifilaire vers le PC ne pose pas de problème particulier, mais il faut impérativement respecter la polarité. Sur le schéma de Märklin, le point de connexion B est relié au rail central.

N'oubliez pas : en raison de la liaison vers le PC, la boucle de courant constituée par la voie du réseau ferroviaire n'est plus à potentiel flottant, mais est reliée à la terre, par la masse. Si cela devait poser des problèmes avec d'autres extensions de votre réseau, il faudra les déconnecter de la boucle de courant.

**Logiciel**

Le programme de l'intercepteur de données 2.0 a été écrit en Visual Basic 2008 Express (Microsoft). L'accès au port série fait appel à une DLL (**Dynamic Link Library**) de Burkhard Kainka, auteur connu d'articles dans Elektor, RSCOM.dll (téléchargeable sur Internet).

**Interface utilisateur**

L'interface utilisateur de la **figure 2** comporte cinq zones :

- **Settings** (réglages)

S'il y a un port COM2 ou COM1, l'intercepteur de données ouvre automatiquement le port série au démarrage. Sinon, il faut saisir le numéro du port et l'ouvrir en appuyant sur le bouton *Open COM-Port*. On peut en outre définir le nombre d'échantillons (*samples*) à prendre pour la mesure.

- **Measurement** (mesure)

Le bouton *Start* démarre la mesure. Le bouton *Start Real Time* lance lui aussi la mesure, mais avec désactivation de certaines



interruptions, cela évite toute perturbation par d'autres processus Windows pendant la mesure, d'où une meilleure qualité des mesures et un taux d'échantillonnage plus élevé. Pendant la mesure, la case *Sniffer Active* est cochée. Entre les mesures, la case à cocher *RI* montre, par échantillonnage cyclique, le niveau de la ligne *RI*.

#### • **Process** (analyse)

Les différents boutons servent à la commande de l'affichage détaillé. Le numéro du premier échantillon visualisé y est affiché. Le bouton *net pulse paquet* constitue une particularité : il positionne l'affichage détaillé au début du train d'impulsions suivant (en fait, juste un peu avant) et analyse le contenu de ce train d'impulsions. Le résultat de cette analyse est alors affiché sous la forme d'un texte dans la fenêtre de visualisation détaillée.

#### • **Overview** (fenêtre de visualisation)

On y voit l'ensemble de la mesure, les échantillons y sont rassemblés sous la forme de blocs. Si l'un des blocs comporte un « 1 » (donc un niveau de 15 V), le bloc est affiché. De plus un trait rouge est inséré à l'endroit où commence la visualisation détaillée actuelle.

#### • **Detail** (visualisation détaillée)

L'affichage détaillé montre les valeurs de chacun des échantillons dans quatre champs de type *PictureBox*. Les boutons de la zone de *Process* permettent de manipuler le premier échantillon affiché. On a toujours à l'écran 3 088 échantillons. La figure 2 montre un paquet d'impulsions dans l'ancien format Motorola, correspondant à la locomotive n°78. Les bits de données visualisés 0000111100 et les trits de données 00110 disent *fonction désactivée* et *vitesse fixée à 6*. L'affichage commence ici à l'échantillon 3 303 sur un total de 200 000.

### Spécificités et exigences système

Pour des mesures fiables, choisissez le bouton *Start Real Time*. Il limite les perturbations dues aux autres processus Windows. En cours de mesure, évitez toute autre action, ne manipulez pas le PC, ne bougez pas la souris...

Le programme de l'intercepteur de données est disponible sous forme d'un fichier *Setup VB2008*. Pas besoin d'avoir installé Visual Basic sur l'ordinateur, Microsoft .NET Framework (déjà installé sur les ordinateurs récents) suffit. En outre, on a besoin de la DLL *RSCOM.dll* [3], que l'on mettra dans le dossier de travail de l'intercepteur de données ou dans le dossier système de Windows (C:\Windows\System32 par ex.). Si votre système ne reconnaît pas immédiatement *RSCOM.dll*, il faut enregistrer cette DLL manuellement.

Pour examiner le programme, voire le modifier, installez Visual Basic 2008 Express Edition (ou sup.) et ouvrez le projet *VB2008*. Le logiciel de l'intercepteur de données (code source et programme compilé) est téléchargeable gratuitement (voir [4]).

La qualité de la mesure dépend uniquement du taux d'échantillonnage

L'intercepteur de données requiert un PC avec un port série libre, COM1 ou COM2 de préférence. Sinon, utilisez un adaptateur USB 2.0/série RS-232, disponible dans le commerce pour moins de dix euros. En raison de leur taux d'échantillonnage plus élevé, les ports intégrés restent le meilleur choix. Les systèmes d'exploitation recommandés sont : Windows XP, Vista, 7 ou 8.



Figure 2. L'interface utilisateur du programme de l'intercepteur de données (en anglais).

**Important** : la boucle de courant du réseau ferroviaire, à savoir la sortie de l'unité de commande/booster, doit être à potentiel flottant par rapport à la terre ou bien reliée à la terre par le rail de commande (pas le rail central !). ■

(140251 – version française : Guy Raedersdorf)

### Liens

- [1] Intercepteur de données pour Märklin Digital, Elektor 4/2002
- [2] Numérisation & réseaux ferroviaires miniatures, Elektor 5/1999
- [3] RSCOM.dll : [www.elektronik-labor.fr/RS232/RSCOM.zip](http://www.elektronik-labor.fr/RS232/RSCOM.zip)
- [4] [www.elektor-magazine.fr/140251](http://www.elektor-magazine.fr/140251)
- [5] Page d'accueil de l'auteur : [www.koerber-home.de](http://www.koerber-home.de)



# Pan Tilt Zoom commande à distance de caméras de vidéosurveillance

## Platino apprend à parler Pelco-D et fait tourner les caméras...

Grégory Ester (Thorens-Glières / France)

Les images fournies par les caméras de vidéosurveillance sont (hélas) devenues familières. Leur qualité est le plus souvent désolante et souvent ces caméras restent immobiles alors qu'elles pourraient être pilotées et paramétrées à distance pour obtenir des images bien meilleures. C'est ce que je propose de faire avec une carte Platino. Il suffit d'apprendre à parler Pelco-D.

Une caméra dôme motorisée peut effectuer des mouvements de rotation horizontale (*pan* en anglais) et verticale (*tilt* en anglais). La fonction *zoom* permet de varier la focale afin de mieux distinguer ou identifier. Ces fonctions *Pan*, *Tilt* et

*Zoom* ont donné l'acronyme PTZ. Parmi les paramètres réglables, on trouve aussi le diaphragme (aussi appelé *iris* en anglais) dont l'ouverture détermine la quantité de lumière admise dans l'objectif et la mise au point (*focus* en anglais) pour obtenir la netteté de l'image filmée. Dans cet article, nous nous intéressons au protocole de communication des caméras PTZ. Pour cela deux logiciels ont été écrits pour la carte Platino d'Elektor, testés avec deux types de caméras (ou dômes) PTZ (**tableau 1**).

### Protocole Pelco-D

Une caméra PTZ est généralement pilotée par un clavier avec manche (**fig. 1**) et au moyen du protocole de commande Pelco, du nom de l'entreprise américaine *Pelco Corporation*.

Une référence, puisque ce protocole commande les caméras de sécurité aussi bien de Buckingham Palace, de

la statue de Liberté que du palais présidentiel à Pékin.

Dans le protocole Pelco-D, il y a un maître et un ou plusieurs esclaves : le maître est en général le boîtier clavier/manche, les caméras sont les esclaves. Un maître peut communiquer avec un maximum de 255 esclaves. Chaque esclave possède une adresse unique de 1 à 255. Comme le maître ne peut s'adresser qu'à un seul esclave à la fois, on parle de communication *unicast*.

Physiquement, les messages transitent sur un bus série RS-485 à deux fils. Le débit est généralement de 2400, 4800 ou 9600 bauds. Un caractère codé sur huit bits est envoyé, bit de poids faible en premier, encadré par un bit de départ et un bit d'arrêt et sans contrôle de parité. Comme à Buckingham ou à Pékin, c'est toujours le maître qui engage la communication, les esclaves n'ont le droit



Figure 1. Ce clavier avec manette à trois axes permet de piloter les caméras PTZ.



de répondre que sur requête du maître. Ils sont voués à une existence solitaire, car ils ne pourront jamais communiquer entre eux.

Une commande conforme au protocole Pelco-D comporte sept octets (**tableau 2**). L'octet d'adresse, les octets de commande et de données sont toujours encadrés par un octet SYNC qui marque le début de l'envoi des octets utiles et un octet CKSM qui correspond

à la somme de contrôle sur huit bits des octets 2 à 6.

Les octets DATA1 et DATA2 peuvent contenir des données à huit ou à seize bits. Si un mot de seize bits est requis, DATA1 correspond à l'octet de poids fort et DATA2 à celui de poids faible. Par exemple, si DATA1 = \$12 et DATA2 = \$34, le mot de seize bits est égal à \$1234 (les valeurs précédées d'un '\$' sont hexadécimales). La somme de contrôle est une somme

modulo 256 des octets 2 à 6. Une telle somme se calcule en tronquant sur huit bits les résultats intermédiaires et le résultat final.

Voici un exemple en binaire pour comprendre ce qui se passe si l'octet 2 = 0000 1010 (10, \$0A), l'octet 3 = 1000 1000 (136, \$88), l'octet 4 = 1001 0000 (144, \$90), l'octet 5 = 0000 0000 (0, \$00) et l'octet 6 = 0010 0000 (32, \$20)

0000 1010 (octet 2)  
1000 1000 + (octet 3)  
1001 0010 (= \$92), le résultat tient en huit bits  
1001 0000 + (octet 4)  
1 0010 0010 (= \$122), cette valeur nécessite neuf bits.

L'opération modulo 256 tronque le neuvième bit, nous obtenons donc 0010 0010 (= \$22) à la place et nous continuons notre calcul avec cette valeur :

0010 0010 (= \$22)

0000 0000 + (octet 5)  
0010 0010 (= \$22), le résultat tient en huit bits  
0010 0000 + (octet 6)  
0100 0010 (= \$42), le résultat tient en huit bits

La somme de contrôle CKSUM est donc \$42.

**Tableau 1. Références de la caméra IP et de la caméra analogique utilisées dans cet article. Les deux caméras peuvent être configurées à l'aide du micrologiciel platino-pelco\_camera\_osd\_setup. La caméra IP peut en plus être pilotée par le micrologiciel platino-pelco\_2df7274-a\_query.**

**Caméra IP 1.3 Megapixels**

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Référence           | <b>2DF7274-A</b>    |
| Focale              | 4.3 mm – 86 mm      |
| Zoom optique        | 86 / 4.3 = 20       |
| Version du firmware | V5.2.4 build 141009 |

**Caméra analogique 650TVL**

|                     |                  |
|---------------------|------------------|
| Référence           | <b>SD6C23E-H</b> |
| Focale              | 3.9 mm – 89.7 mm |
| Zoom optique        | 89.7 / 3.9 = 23  |
| Version du firmware | V1.03.8.RHAHDV   |

**Tableau 2. Le protocole Pelco-D utilise des trames de sept octets.**

| Octet    | Nom   | Contenu  |
|----------|-------|--|
| <b>1</b> | SYNC  | 255 (\$FF en hexadécimal), signale le début d'une trame. |
| <b>2</b> | ADDR  | 1 à 255, l'adresse de la caméra                          |
| <b>3</b> | CMND1 | La commande sur deux octets                              |
| <b>4</b> | CMND2 |  |
| <b>5</b> | DATA1 | Les données sur deux octets                              |
| <b>6</b> | DATA2 |  |
| <b>7</b> | CKSM  | Somme de contrôle sur les octets 2 à 6.                  |

**Tableau 3. Pour les commandes de mouvements, le bit 0 de CMND2 est toujours égal à 0. Une fonction est activée en mettant le bit correspondant à 1 ; elle est désactivée en remettant le bit à 0.**

**CMND1**

|       |       |       |                         |                       |            |           |            |
|-------|-------|-------|-------------------------|-----------------------|------------|-----------|------------|
| Bit 7 | Bit 6 | Bit 5 | Bit 4                   | Bit 3                 | Bit 2      | Bit 1     | Bit 0      |
| Sense | 0     | 0     | Auto Scan / Manual Scan | Camera On/ Camera Off | Iris Close | Iris Open | Focus Near |

**CMND2**

|           |           |           |       |       |       |       |       |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Bit 7     | Bit 6     | Bit 5     | Bit 4 | Bit 3 | Bit 2 | Bit 1 | Bit 0 |
| Focus Far | Zoom Wide | Zoom Tele | Down  | Up    | Left  | Right | 0     |

**Tableau 4 : Quelques exemples de commandes de mouvements adressées à la caméra 12 (\$0C).**

|                                | SYNC | ADDR | CMND1 | CMND2 | DATA1 | DATA2 | CKSUM |
|--------------------------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| <b>Pan Right, Vitesse \$25</b> | \$FF | \$0C | \$00  | \$02  | \$25  | \$00  | \$33  |
| <b>Motion Stop</b>             | \$FF | \$0C | \$00  | \$00  | \$00  | \$00  | \$33  |
| <b>Tilt Up, Vitesse \$20</b>   | \$FF | \$0C | \$00  | \$08  | \$00  | \$20  | \$34  |
| <b>Motion Stop</b>             | \$FF | \$0C | \$00  | \$00  | \$00  | \$00  | \$33  |
| <b>Zoom Out (Wide)</b>         | \$FF | \$0C | \$00  | \$40  | \$00  | \$00  | \$4C  |

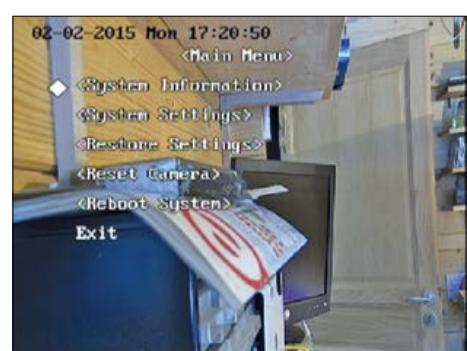


Figure 2. Le menu de paramétrage de la caméra est incrusté sur l'image de la caméra. On parle alors d'un menu *On-Screen Display* ou OSD.

pés d'une limitation des commandes de mouvement (*runaway protect*) : le mouvement commandé prend fin automatiquement au bout de 15 s. Pour obtenir un mouvement continu, il faut renouveler la commande de mouvement toutes les cinq secondes environ. C'est le cas sur notre caméra analogique.

Le **tableau 4** donne des exemples de commandes de mouvements qui agissent directement sur le *Pan*, *Tilt* ou *Zoom* de la caméra.

### Arrêt sur image : prérglages

Une caméra PTZ compatible Pelco-D offre des prérglages accessibles par un menu incrusté sur l'image (**fig. 2**, *On-Screen Display* ou *OSD* en anglais). L'appel de ce menu s'effectue par la commande de contrôle *Preset 95* détaillée dans le **tableau 5** (en effet, il s'agit bien d'une commande de contrôle, car le bit 0 de *CMND2* est à 1).

Une fois le menu principal visible sur l'écran, la navigation vers le haut ou vers le bas et dans les sous-menus, l'incrémentation ou la décrémentation des valeurs, la modification des options (*On/Off*), l'annulation (*Cancel*), etc. s'effectuent grâce aux commandes de mouvements. Celles-ci n'agissent plus désormais sur la caméra, mais sur le menu incrusté.

### La caméra te parle

Une commande au format Pelco-D peut donner lieu à trois types de réponse : *General Response* (4 octets), *Extended Response* (7 octets) et *Query Response* (18 octets).

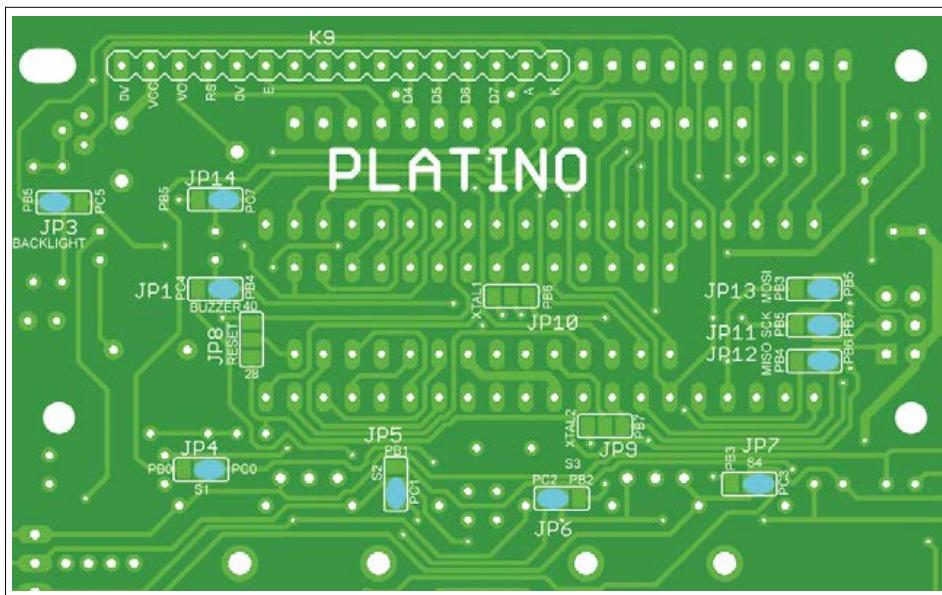


Figure 3. Voici comment placer les points de soudure pour configurer Platino pour cette application. JP8, JP9 et JP10 n'ont pas de fonction dans cette configuration (liste des composants téléchargeable).

La caméra référencée SD6C23E-H ne donne aucune réponse alors que le modèle 2DF7274-A envoie uniquement des réponses étendues (*extended response*), aussi ne nous intéressons-nous pas aux types *General Response* et *Query Response*.

Le **tableau 6** montre le format de la réponse étendue (*extended response*) construite sur sept octets, le **tableau 7**

donne des exemples de commandes de mouvements et de contrôles auxquelles la caméra répond.

### Platino en action

Pour mettre en application ce protocole, nous utiliserons Platino avec un codeur rotatif à bouton-poussoir et un simple bouton-poussoir. Les quatre actions possibles seront : rotation du codeur vers

**Tableau 6. Format de la réponse étendue (*Extended Response*), codée sur sept octets.**

| 1    | 2    | 3     | 4     | 5     | 6     | 7    |
|------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| SYNC | ADDR | RESP1 | RESP2 | DATA1 | DATA2 | CKSM |

**Tableau 5. Appeler le Preset 95 d'une caméra, la 12 (\$0C) en l'occurrence, se fait à l'aide d'une commande de contrôle, le bit 0 de CMND2 est donc égal à 1. Suite à cette commande, la caméra montrera son menu OSD de paramétrage.**

|                    | SYNC      | ADDR      | CMND1     | CMND2     | DATA1     | DATA2     | CKSUM    |
|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| <b>Binaire</b>     | 1111 1111 | 0000 1100 | 0000 0000 | 0000 0111 | 0000 0000 | 0101 1111 | 01110010 |
| <b>Hexadécimal</b> | \$FF      | \$0C      | \$00      | \$07      | \$00      | \$5F      | \$72     |
| <b>Décimal</b>     | 255       | 12        | 00        | 07        | 00        | 95        | 114      |

**Tableau 7. Une conversation entre le maître et la caméra 12. Le maître envoie les commandes et les requêtes, la caméra donne les réponses.**

|   | SYNC | ADDR | CMND1/RESP1 | CMND2/RESP2 | DATA1 | DATA2 | CKSM |
|---|------|------|-------------|-------------|-------|-------|------|
| <b>Commande Pan Right</b>               | \$FF | \$0C | \$00        | \$02        | \$25  | \$00  | \$33 |
| <b>Commande Motion Stop</b>             | \$FF | \$0C | \$00        | \$00        | \$00  | \$00  | \$0C |
| <b>Requête Pan Position</b>             | \$FF | \$0C | \$00        | <b>\$51</b> | \$00  | \$00  | \$5D |
| <b>Réponse reçue (\$7452 = 297.78°)</b> | \$FF | \$0C | \$00        | <b>\$59</b> | \$74  | \$52  | \$2B |
| <b>Requête Tilt Position</b>            | \$FF | \$0C | \$00        | <b>\$53</b> | \$00  | \$00  | \$5F |
| <b>Réponse reçue (\$0868 = 21.52°)</b>  | \$FF | \$0C | \$00        | <b>\$5B</b> | \$08  | \$68  | \$4C |

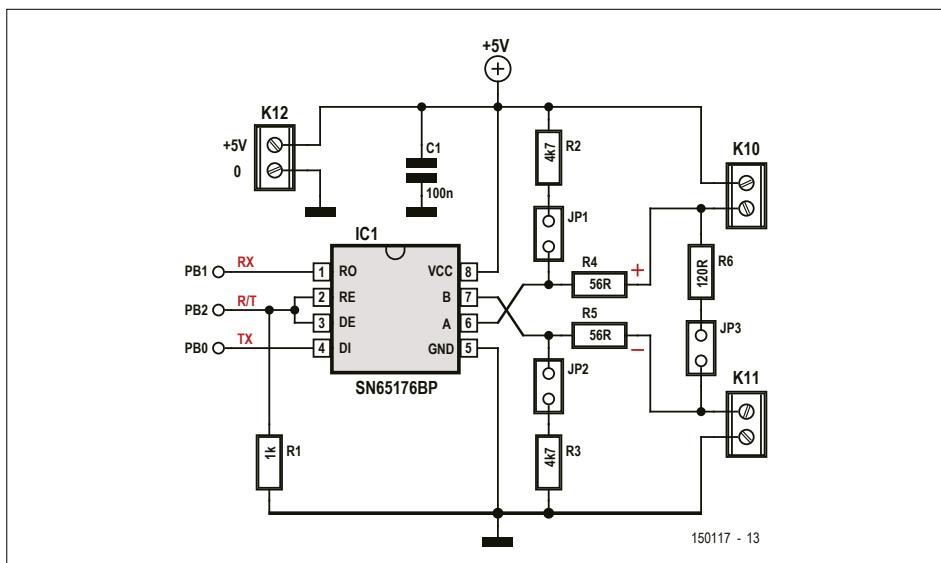


Figure 4. Schéma de l'interface RS-485.

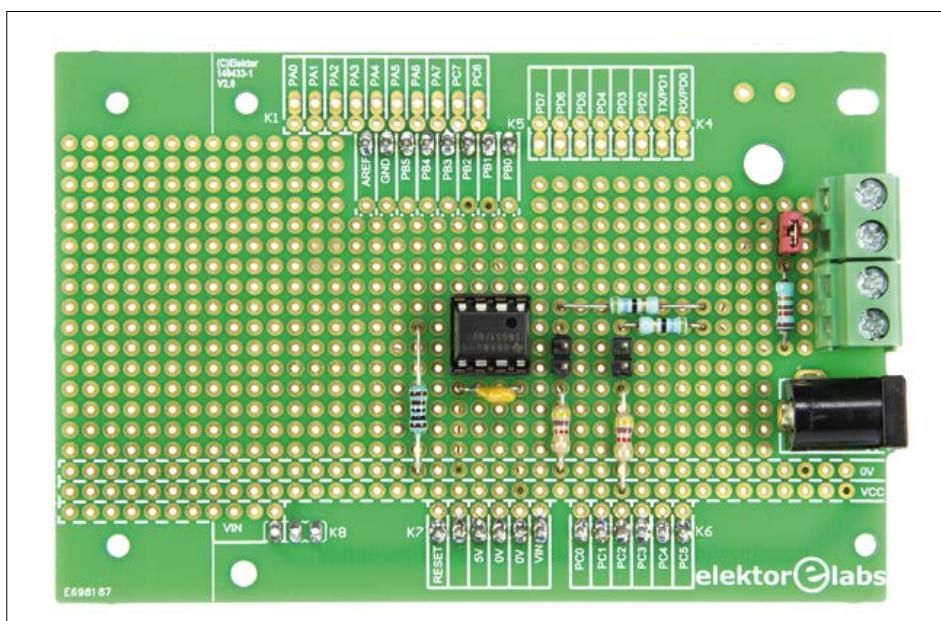


Figure 5. L'interface RS-485 réalisée sur la carte d'extension pour Platino.

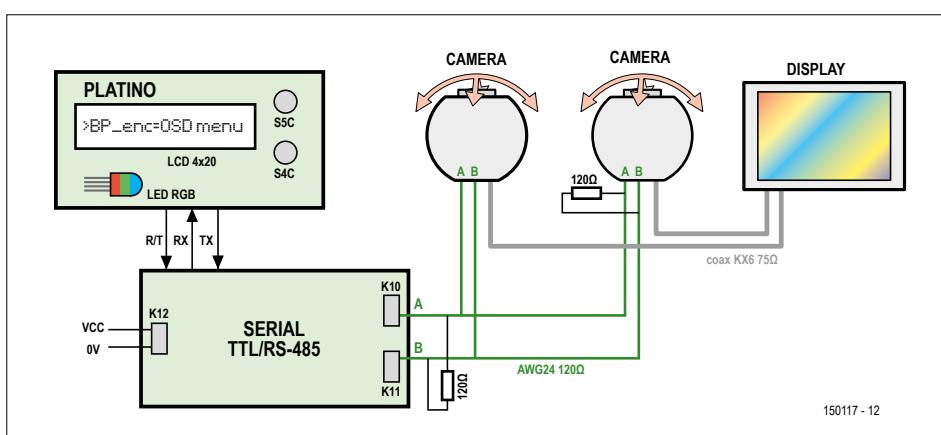


Figure 6. Le synoptique de notre système Platino Pelco-D. Si la liaison vers la caméra de gauche est longue, il faudra la munir d'une résistance de terminaison comme celle de droite.

la droite ou la gauche, appui sur le bouton-poussoir du codeur (S5C sur Platino) et appui sur le bouton-poussoir ordinaire (S4C sur Platino).

Une LED RVB et un afficheur à cristaux liquides de quatre lignes de vingt caractères permettent au système d'afficher les informations.

La lecture de l'article déjà paru [2] et la **figure 3** vous permettront de repérer les ponts de soudure. La liste des composants de la carte Platino est téléchargeable [1]. Faute de port RS-485, Platino ne peut pas communiquer directement avec les caméras PTZ. Une interface est nécessaire pour adapter le signal série dissymétrique (TTL) issu de Platino en un signal différentiel symétrique selon la norme RS-485. Nous avons réalisé cette interface sur une carte d'extension pour Platino (**fig. 4 et 5**). Le signal compatible RS-485 est disponible sur le bornier à vis.

La **figure 6** montre le synoptique du câblage de l'ensemble des objets techniques. Côté Platino, le maintien au niveau haut de R/T est suivi de l'envoi des données sur TX au format TTL. Un niveau bas sur R/T permet de recevoir les octets communiqués par la caméra PTZ.

L'ensemble Platino et interface RS-485 est alimenté par l'interface RS-485.

Un câble à paire torsadée AWG24 achemine les signaux électriques sur le bus RS-485.

## Liste des composants de l'interface RS-485

### Résistances (5% 0.25 W, 10 mm)

R1 = 1 kΩ  
R2, R3 = 4,7 kΩ  
R4, R5 = 56 Ω  
R6 = 120 Ω

### Condensateurs

C1 = 100 nF, 5 mm

### Semi-conducteurs

IC1 = SN65176BP

### Divers

K5 = barrette sécable 1x8 contacts, au pas de 2,54 mm  
K6, K7 = barrette sécable 1x6 contacts, au pas de 2,54 mm  
K8 = barrette sécable 3 contacts, au pas de 2,54 mm  
K10, K11 = bornier à vis 1x2 contacts, au pas de 2,54 mm  
K12 = connecteur DC (p.ex. Farnell 1217037)  
JP1, JP2, JP3 = barrette sécable 1x2 contacts, au pas de 2,54 mm  
circuit imprimé 140433-1 v2 ou plus récente (Elektor)



Figure 7. Tourner la caméra à droite (*Pan Right*).

### Deux micrologiciels

Pour pouvoir piloter nos deux caméras, deux micrologiciels ont été écrits en BASCOM :

Platino-pelco\_camera\_osd\_setup.bas permet d'accéder au menu OSD de paramétrage pour, par exemple, attribuer l'adresse IP 192.1.168.112 à la caméra IP 2DF7274-A ou pour régler la date et l'heure.

Platino-pelco\_2df7274-a\_query.bas pilote la caméra IP et récupère les informations de position de rotation horizontale et verticale.

Le premier logiciel est illustré en détail dans l'encart. Voici comment utiliser le deuxième. Il faut bien évidemment commencer par charger le logiciel dans le microcontrôleur de Platino, puis relancer le micro. Ensuite, les positions *Pan* et *Tilt* actuelles s'affichent en degrés sur la quatrième ligne de l'afficheur.

Avec des pressions successives sur le bouton-poussoir S4C, vous accéderez aux fonctions *Pan*, *Tilt* et *Zoom* de la caméra IP. Le codeur rotatif vous permet ainsi de tourner la caméra à droite (*Pan Right*, **fig 7**) ou à gauche (*Pan Left*), de l'incliner vers le haut (*Tilt Up*) ou le bas (*Tilt Down*), ou encore d'élargir le champ (*Wide*) ou de le resserrer (*Tele*). La LED RVB est rouge pendant la rotation horizontale, verte pendant la rotation verticale et bleue pendant le zoom. Appuyer sur le bouton poussoir du codeur pour stopper l'action (*Motion Stop*) et la quatrième ligne de l'afficheur à cristaux liquides indique les nouvelles positions horizontale et verticale.

### Clap de fin

Le but de cet article est essentiellement de faire comprendre la configuration et le pilotage d'une caméra PTZ avec le protocole de communication Pelco-D. Néanmoins, l'ensemble du dispositif présenté

### CCTV or not CCTV

Le protocole Pelco-D est enseigné au lycée professionnel ECA. Pour rapprocher théorie et pratique du métier, nous nous sommes associés avec Videocom 2000, une entreprise spécialisée dans le domaine de la vidéoprotection. Il nous a fallu trouver un terrain de travail répondant à des exigences réelles. Un autre lycée professionnel du secteur, Sainte Famille, forme des agents de sécurité dont la principale mission est d'assurer la sécurité des biens et des personnes. Ce lycée dispose d'un Poste Central (PC) Sécurité et d'une infrastructure riche en possibilités d'interventions techniques sur le thème de la vidéoprotection. Nos élèves installateurs peuvent donc répondre aux besoins d'autres élèves utilisateurs. À terme, 37 caméras surveilleront l'ensemble du site. Avant l'installation définitive, nous utilisons le logiciel JVSG - *CCTV Design Software* afin de mieux répartir et disposer les caméras de sorte que les images transmises couvrent la zone à surveiller.



Comme tout le monde, nos élèves sourient lorsqu'ils sont filmés, mais ils sourient aussi et surtout parce qu'ils sont valorisés et joyeux dans leur apprentissage quotidien.

### Liens

- [1] Cet article : [www.elektor.fr/150117](http://www.elektor.fr/150117)
- [2] Platino : [www.elektor.fr/100892](http://www.elektor.fr/100892)
- [3] [www.elektor-magazine.fr/150117](http://www.elektor-magazine.fr/150117)

### Paramétrage de caméra

Platino-pelco\_camera\_osd\_setup.bas permet d'accéder au menu OSD de paramétrage. La 4<sup>e</sup> ligne de l'afficheur de Platino donne la configuration en cours du codeur rotatif (défilement par pressions sur S4C). Ici une pression sur le poussoir du codeur affichera le menu OSD de la caméra avec possibilité de naviguer. Il est par exemple possible de régler les octets de l'adresse IP.

La procédure complète est décrite dans un document téléchargeable [3].

```
-- PLATINO >> PTZ --
DOME ADDRESS : 12
Camera Setup
> BP_enc = OSD menu
```



# émetteur IR en CMOS

## signaux infrarouges simplifiés

Viacheslav Gromov (Allemagne)

Avec un microcontrôleur on peut commander ce qu'on veut, y compris la production de signaux infrarouges, mais avec la logique CMOS du siècle dernier, c'est encore plus facile. Le circuit présenté ici, un brouilleur IR, en est la preuve : il paralyse les télécommandes classiques (mais pas uniquement elles) qui utilisent le classique protocole RC5. Une post-combustion IR en accroît la portée. Enfin, une extension IR pour µC apporte une solution simple pour émettre des signaux IR avec un microcontrôleur.

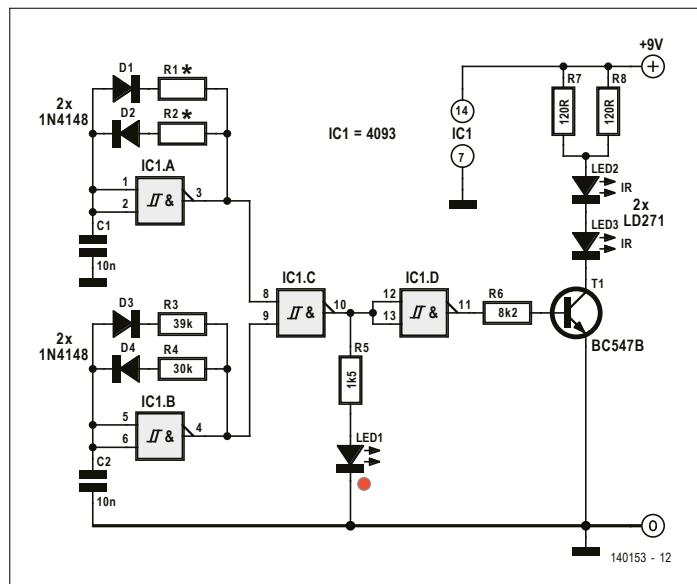


Figure 1. Un brouilleur IR en technologie CMOS.

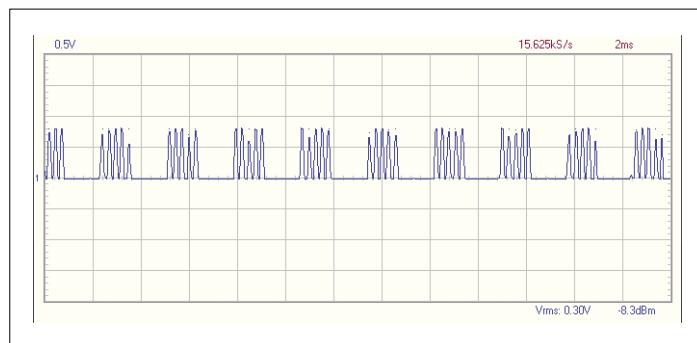


Figure 2. Copie d'écran d'oscilloscope du signal de sortie modulé (pris sur la base de T1).

Le code RC5 des télécommandes IR est simple. Les 14 bits par mot de donnée prévus (bits de départ, de commutation, d'adresse et de commande) sont transmis à un intervalle de 113,778 ms (débuts de 2 mots de données), chacun des bits ayant une longueur de 1,778 ms. Les données sont modulées sur une porteuse rectangulaire de 36, 38, 40 ou 42 kHz. Pour interférer avec la télécommande d'un téléviseur, il suffit de moduler avec un signal carré (1/1,778 ms  $\approx$  560 Hz) la fréquence de la porteuse en question. Confronté à un tel mélange de signaux IR, le récepteur du téléviseur est incapable d'en extraire le signal de la télécommande. Il faut pour cela que le puissance du brouilleur soit suffisante. Ce circuit fonctionne selon ce principe et est apte à couvrir une télécommande IR, en termes de puissance de transmission, jusqu'à une distance de 3 m environ.

Le second circuit est celui de l'extension IR pour microcontrôleur (µC) évoqué plus haut. On fabrique ici un signal de porteuse qui peut être commandé (en fait supprimé) par le biais d'une entrée de µC. De cette façon, le µC connecté peut envoyer un code arbitraire (pas spécifiquement RC5) sans devoir recourir à un temporisateur, d'où gain de ressources et moins de code. Ajoutons à cela, pour une portée encore plus grande, une post-combustion qui soumet les LED IR à de forts courants impulsifs.

### Le brouilleur

Le concept de brouillage d'une transmission de données IR RC5 décrit plus haut est réalisable en un tour de main à l'aide de circuits intégrés CMOS : un 4093 comporte 4 portes NAND à entrées à trigger de Schmitt, d'où la simplicité du schéma (fig. 1). On y découvre deux oscillateurs RC rectangulaires indépendants. Le circuit autour de IC1.A délivre la porteuse et l'oscillateur autour de IC1.B les pseudo-données sous la forme d'un signal carré de quelque 560 Hz. Sur les deux oscillateurs, des résistances de valeurs différentes compensent (par le biais de deux diodes) la position asymétrique des points de commutation à hystérésis des entrées à trigger de Schmitt, lors de la charge et de la décharge du condensateur, afin d'obtenir un rapport cyclique symétrique de 50 % environ. C'est un problème classique sur les récepteurs. Une troisième porte logique (IC1.C) mélange ces deux signaux rectangulaires. Le signal de mélange attaque également la LED1, qui indique ainsi un bon fonctionnement. Le signal est régénéré par la dernière porte, IC1.D, pour compenser la charge de cette LED à la sortie d'IC1.C. Ce signal rectangulaire échantillonné propre attaque T1 par R6. Les LED IR d'émission LED2 et LED3 en série sont commandées, via R7 et R8, par un courant de crête de quelque 100 mA. En raison du rapport cyclique de 50 % \* 50 % = 25 %, la dissipation de puissance sur R7 + R8 reste inférieure à 200 mW. Pour R7 et R8, on pourra donc utiliser des résistances ordinaires d'1/4 W. Le signal d'émission résultant, sur la base de T1, doit correspondre à l'oscillogramme de la figure 2.

## Post-combustion IR

Si la portée doit être plus grande, donc la puissance plus élevée, on remplacera l'étage de sortie IR reposant sur T1 par le circuit de commande de LED IR de la **figure 3**. T1 et T2 constituent un Darlington capable de faire circuler par les diodes IR (et R8) un courant de crête de plus de 500 mA. À en croire la fiche de caractéristiques [1], ces LED supportent, en continu, un courant maxi de 130 mA. Avec 500 mA et un rapport cyclique de 25 %, cette valeur limite est bien exploitée ; une pile alcaline de 9 V est mise à plat en 4 h.

## L'oscillateur pour le µC

La production de signaux IR à l'aide de µC est simple, mais gourmande de ressources, car il faut un temporisateur pour la synchronisation du code RC5 et un autre pour la porteuse, de sorte qu'avec des µC de bas de gamme, les deux seuls temporiseurs disponibles seraient pris. En créant une porteuse à l'aide d'un circuit externe, on récupérerait un temporisateur tout en éliminant le code requis par la porteuse. La **figure 4** propose le schéma d'un tel circuit de production de porteuse à l'aide d'une porte CMOS. En fait, il s'agit d'une partie du circuit de la figure 1. L'oscillateur pour la porteuse est simplement remplacé par T2. Un signal haut de 3,3 à 5 V sur l'entrée du circuit stoppe la production de la porteuse. Si IC1.B n'inversait pas le signal, pour la commande « porteuse supprimée », il circulerait en permanence du courant à travers les LED d'émission ; ce serait mauvais pour la longévité de la pile et irritant pour les récepteurs IR dans les parages.

Un µC peut moduler la porteuse avec n'importe quel protocole de transfert. Il est même possible de réaliser un deuxième circuit avec l'autre moitié du 4093.

## (Fréquence de) porteuse

On retrouve, dans le **tableau 1**, les différentes valeurs de R1 en fonction des (fréquences de) porteuses courantes. Elles vous permettront d'ajuster la fréquence de l'émetteur à celle du récepteur. R2 vaut en règle générale 2,2 kΩ. Même si le rapport cyclique varie quelque peu en fonction de la fréquence de la porteuse, ce léger écart par rapport aux 50 % idéaux n'a guère d'impact sur la porteuse. N'optez pour une valeur divergente de R2 qu'en cas de fréquences hors tableau. Les tolérances des composants ont une forte influence sur la fréquence. C1 (et C2 sur la fig. 1) en particulier, doivent avoir des tolérances serrées. R1 et R2 (et R3 et R4 de la fig. 1) seront des résistances à film métallique.

En général, il sera bon de vérifier la fréquence de la porteuse à l'oscilloscope ou au fréquencemètre. Normalement, les récepteurs IR ne sont pas trop sélectifs, mais veillez à rester à moins d'1 kHz de la fréquence cible.

## Mise en service

Les trois circuits sont simples à réaliser sur une carte d'expérimentation. Lors de la mise en service du circuit de la figure 1, la LED rouge en indique l'état : allumée, tout va bien ; éteinte ou allumée faiblement, il y a un problème sur au moins un des deux oscillateurs.

Si vous ignorez la fréquence de porteuse convenable pour le récepteur de votre TV, essayez 36 kHz ou 38 kHz, ce sont les deux porteuses les plus courantes ; le circuit fonctionne souvent même à 2 kHz de la porteuse.

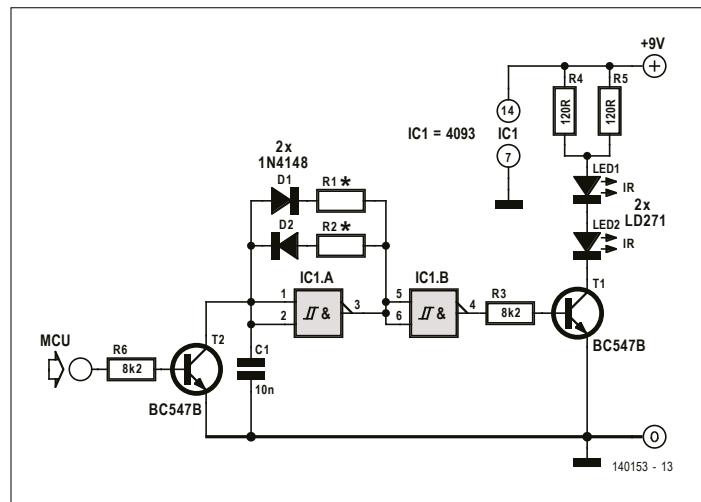


Figure 3. Ce circuit de commande permet, avec plus de courant, une puissance de transmission IR plus élevée. Attention : les LED et R8 chauffent !

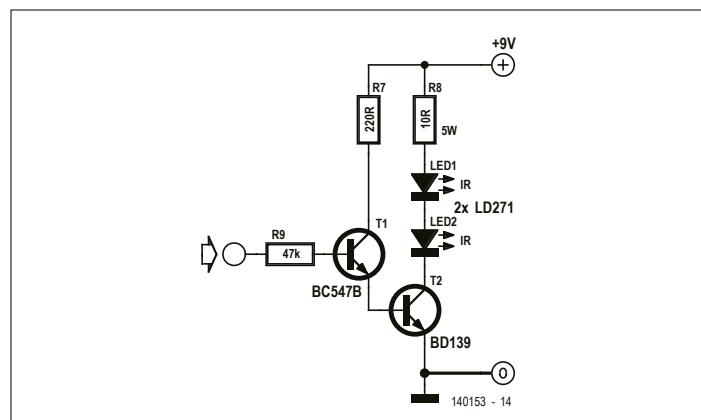


Figure 4. L'adaptateur IR pour µC permet d'envoyer des signaux IR sans sacrifier de temporisateur pour la porteuse.

Envoyez à [Elektor-Labs.com](http://Elektor-Labs.com) [2] vos commentaires et suggestions relatives à ce projet. ►

(140153 – version française : Guy Raedersdorf)

## Liens

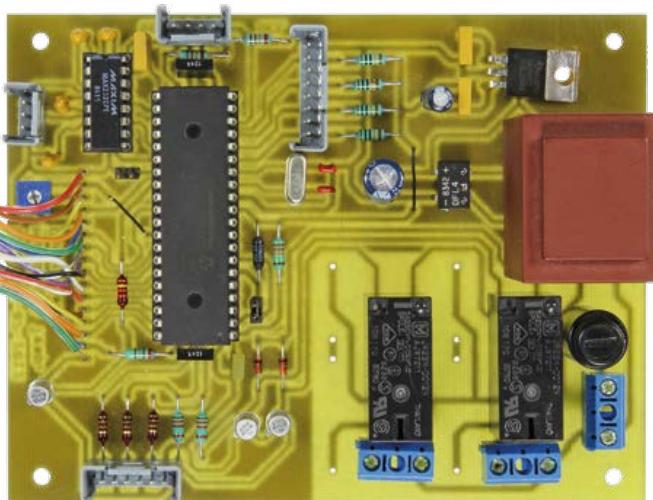
[1] [Fiche de caractéristiques LD271 d'OSRAM :](http://www.osram.com/datasheets/ld271.pdf)  
<http://goo.gl/vKDR2Y>

[2] [www.elektor-labs.com/node/3835](http://www.elektor-labs.com/node/3835)

**Tableau 1. Valeur de R1 pour R2 = 2,2 kΩ en fonction de la fréquence**

| porteuse | résistance R1 |
|----------|---------------|
| 36 kHz   | 5,1 kΩ        |
| 38 kHz   | 4,7 kΩ        |
| 40 kHz   | 4,3 kΩ        |
| 42 kHz   | 3,9 kΩ        |

# climatiseur réglable



## température et humidité régulées par un PIC

Goswin Visschers (Pays-Bas)

Chasser l'humidité et le froid, ventiler à volonté, c'est l'affaire de ce climatiseur à programme. Il mesure la température et l'humidité, puis en fonction des résultats, il commute des appareils tels que chauffage et ventilation pour votre confort intérieur. Un minimum de composants pour de grandes possibilités de réglage et même une communication sérielle avec le PC.

Au départ, il s'agissait de construire un réglage de ventilateur pour ma salle de bains. Puis j'ai ajouté un capteur d'humidité installé dans le conduit d'aspiration. Quand quelqu'un prend une douche, l'humidité parvient au capteur dont la mesure est convertie en numérique, transmise à un microcontrôleur qui la compare à une consigne. Dès qu'elle est dépassée,

le programme fait basculer un relais qui enclenche le ventilateur. L'arrêt ne se produira que 30 min après que la mesure d'humidité sera retombée sous le niveau de consigne, une sorte d'hystérésis pour éviter des commutations à répétition. À ce moment, on est sûr que la salle de bain est aérée convenablement.

Au cours du développement de ce projet, je me suis aperçu des nombreuses possibilités supplémentaires offertes par le circuit. Alors, j'ai donné libre cours à mon imagination pour en implémenter différentes dans le logiciel : le choix de commuter un relais en cas de température trop haute ou trop basse, idem pour le niveau d'humidité. Comme il reste encore une sortie libre sur le microcontrôleur, on peut y raccorder un autre relais pour un usage indépendant.

L'encadré renseigne sur les diverses possibilités et les caractéristiques actuelles du projet.

### Caractéristiques techniques

- Domaine de réglage de la température : -40 °C à 125 °C, par pas de 0,1 °C
- Domaine de réglage de l'humidité : 0 % à 99 %, par pas de 1 %
- Domaine de réglage de l'hystérésis de température : max. 5 °C, par pas de 0,1 °C
- Domaine de réglage de l'hystérésis de l'humidité : max. 10 %, par pas de 1 %
- Possibilité de commander les sorties en fonction de différentes combinaisons (température supérieure ou inférieure à la référence et aussi taux d'humidité supérieur ou inférieur à la valeur de référence)
- Délai réglable entre 1 et 99 min lorsque le seuil de température et/ou d'humidité est atteint (réglage indépendant pour chaque sortie)
- Possibilité de commuter séparément chaque sortie après une période d'inactivité réglable entre 1 et 99 h ; ensuite, la sortie restera active pendant la durée réglée
- Possibilité d'activer l'une ou les deux sorties entre 1 et 99 min après la mise sous tension du circuit
- L'interface RS232 permet de lire l'état des sorties, la température et l'humidité actuelles, ainsi que de commuter les sorties à distance.

### Matériel

Pas de complications dans le schéma de la **figure 1**. Le centre décisionnel est à bord du microcontrôleur PIC de type 16F887. Il est entouré du capteur, d'un LCD, de quatre boutons-poussoirs de commande, d'un convertisseur RS232/TTL et de quelques transistors.

Le LCD est connecté de manière conventionnelle au microcontrôleur : avec deux lignes de commande et quatre lignes de données. Les quatre autres lignes de données qui ne sont pas utilisées doivent être reliées à la masse, sinon il y a risque de

mauvaise initialisation et donc de fonctionnement incorrect de l'afficheur LCD. C'est le potentiomètre R8 qui règle le contraste sur le LCD.

Le microcontrôleur commande l'éclairage d'arrière-plan du LCD par la résistance R12 et le transistor T3. Cinq secondes après la dernière action sur les boutons-poussoirs, il éteint l'éclairage par souci d'économie d'énergie.

Les quatre boutons-poussoirs raccordés au microcontrôleur par le connecteur

SV3 servent au réglage des valeurs de température et d'humidité. Les quatre résistances de rappel haut R14 à R17 assurent le niveau haut de la tension sur les entrées RC0, RC1, RC2 et RC5 en absence d'action sur l'un quelconque des boutons.

À l'aide du cavalier J1, on peut indiquer au microcontrôleur s'il doit activer une seule ou deux sorties vers les relais. Si vous n'avez besoin que d'un relais,

comme chez moi, installez le cavalier. Le microcontrôleur omettra alors toutes les options pour le second relais, ce qui accélérera l'exécution du logiciel.

Jusqu'à présent, JP2 n'a pas de fonction. On branche le capteur d'humidité et de température au connecteur SV4. La communication s'effectue selon le protocole I<sup>2</sup>C et l'adresse standard du capteur est 0x28. La fréquence d'horloge sur le bus est d'office de 100 kHz, ce qui

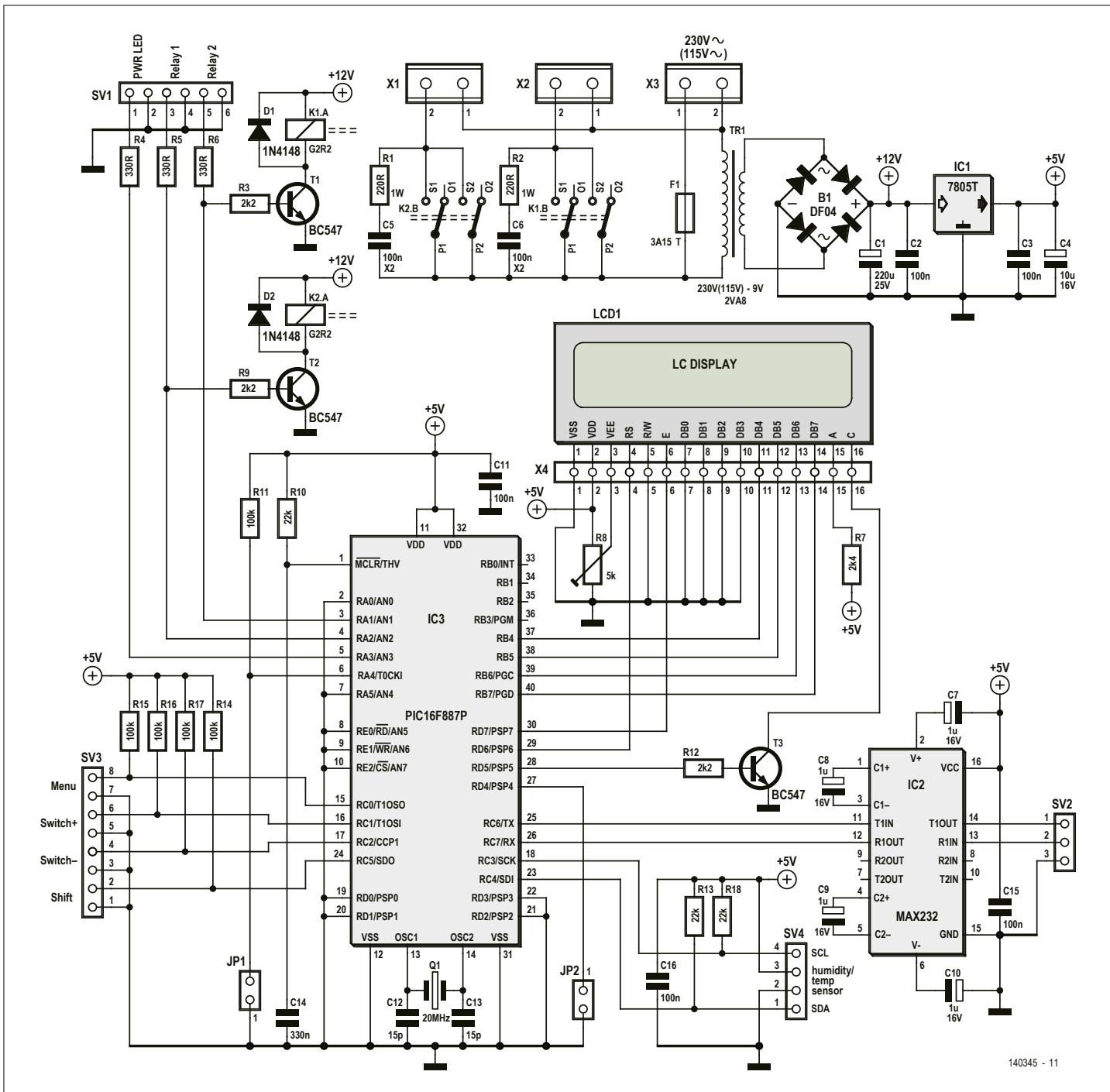


Figure 1. Le régulateur de climatisation s'articule autour d'un PIC16F887P. Le capteur s'y raccorde par un bus I<sup>2</sup>C.

## Utilisation de l'interface série

### Informations sur l'état

Après une mesure, la version 2.0s envoie toutes les deux secondes, par le port sériel SV2, une chaîne de caractères en série avec les valeurs de mesure et l'état des relais. Les réglages sont les suivants :

9600 bauds, 8 bits, 1 bit d'arrêt, pas de parité.

On peut les enregistrer sur le PC pour un traitement ultérieur.

Exemple de cette chaîne de caractères :

T:23.3°C H:44% 01:0 02:0[CR] [LF]

La longueur de la chaîne de caractères est constante. Si la température est notée avec un signe moins ou dépasse les 99 °, on supprime l'espace après le C. Pour l'humidité, on ajoute une espace après le caractère % si la valeur est inférieure à 10.

La valeur derrière O1: et O2: indique par un 1 que la sortie est active, par un 2 qu'elle est désactivée.

### Envoi de commandes

Si, lors d'un « OutputX ON set: » la sortie est mise dans l'état RS232, on peut commander à distance le régulateur de climatisation.

Il accepte alors la commande suivante :

0X=S[CR] [LF]

X = le numéro de la sortie, dans ce cas, il peut être 1 ou 2.

S = l'état de la sortie, donc ici 0 ou 1.

Exemple :

01=1[CR] [LF]

Ceci active la sortie 1.

Après l'envoi d'une commande, on peut voir l'état de la sortie dans la chaîne de caractères d'information sur l'état que le contrôleur expédie toutes les deux secondes

## Structure du menu

Tour d'horizon des possibilités de réglage dans la version 2.0, les points supplémentaires de la version 2.0s y sont inscrits en rouge pour attirer l'attention.

### Sélection du mode de sortie pour le relais 1 (& = et, + = ou)

Output1 ON set: [T high | T low | Hum high | Hum low | T high &Hum high | T high & Hum low | T low & Hum high | T low & Hum low | T high +Hum high | T high + Hum low | T low + Hum high | T low + Hum low | ON | OFF | **RS232**]

### Sélection du mode de sortie pour le relais 2 (& = et, + = ou)

Output2 ON set: [T high | T low | Hum high | Hum low | T high &Hum high | T high & Hum low | T low & Hum high | T low & Hum low | T high +Hum high | T high + Hum low | T low + Hum high | T low + Hum low | ON | OFF | **RS232**]

### Réglage de la valeur de température de référence à laquelle il faut commuter une sortie

T thres Outp1: [-40 à 125]

T thres Outp2: [-40 à 125]

### Réglage de la valeur d'humidité de référence à laquelle il faut commuter une sortie

Hum thres outp1: [0 à 99]

Hum thres outp2: [0 à 99]

### Réglage de l'hystérésis de température pour les deux sorties (absent dans la version 2.0s)

T hysteresis: [0 à 5°C]

### Réglage de l'hystérésis d'humidité pour les deux sorties (absent dans la version 2.0s)

Hum hysteresis: [0 à 10%]

### Réglage du temps maximum d'inaktivité d'une sortie

Outp1 nonactive interval: [OFF à 99 heures]

Outp2 nonactive interval: [OFF à 99 heures]

### Réglage du délai et du temps pendant lequel une sortie est active après une période d'inaktivité

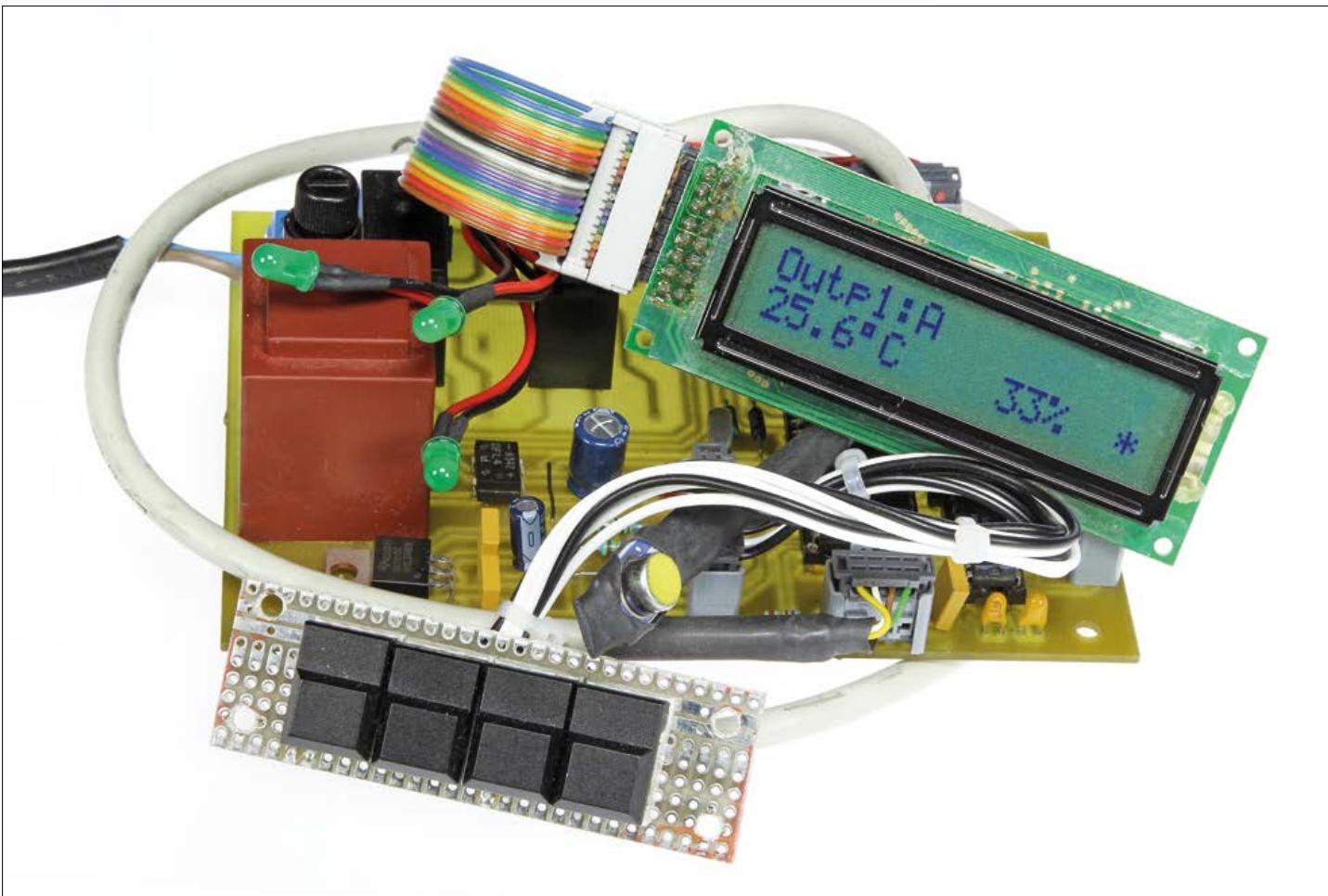
Outp1 threshold act time: [0 à 99 minutes]

Outp2 threshold act time: [0 à 99 minutes]

### Réglage du temps pendant lequel une sortie doit être active après mise sous tension du circuit

Outp1 power on act time: [OFF à 99 minutes]

Outp2 power on act time: [OFF...99 Minutes]



assure la communication par un câble blindé d'un mètre de long. Comme on ne peut pas changer cette fréquence fixée dans le micrologiciel, il n'est pas possible d'utiliser un câble plus long, sauf avec un répéteur I<sup>2</sup>C.

C'est un condensateur de 100 nF mis en parallèle sur l'alimentation au connecteur SV4 qui protège le ou les capteurs branchés contre les parasites dans la tension d'alimentation.

Chaque relais est piloté par un transistor standard NPN (T1 et T2). Les bobines des relais se branchent sur l'alimentation non stabilisée d'environ 12 V.

Sur les contacts commutés des relais, il y a les réseaux RC discrets R1/C5 et R2/C6 qui affaiblissent les pointes de tension lors des déconnexions. Si les relais doivent désactiver un moteur électrique ou une charge inductive, une étincelle engendrée par une force contre-électromotrice élevée peut se produire entre les contacts de commutation, laquelle restreint la durée de vie du relais, mais aussi le bon fonctionnement du microcontrôleur. L'inconvénient du réseau d'amortissement est qu'un petit courant circule

dans la charge, même déconnectée. Il ne faut donc raisonnablement installer ce réseau amortisseur que si la charge est inductive.

Vous pouvez aussi lire les valeurs mesurées et commander le microcontrôleur à distance par une liaison RS232 ; l'adaptation de tension est alors effectuée par IC2, un MAX232. Et si votre PC ne dispose plus d'un connecteur RS232, passez par une interface USB-RS232.

Pour suivre de près l'état de marche du circuit, le connecteur SV1 permet de relier trois témoins à LED. Sous l'étiquette PWR, la LED signale la mise sous tension en clignotant au rythme de la seconde. Les deux autres indiquent l'état de chacun des relais.

Côté alimentation, on trouve le petit transformateur encartable TR1 dont la tension secondaire est redressée par B1 et pondérée par C1 avant la stabilisation assurée par le célèbre 7805, lui-même encadré par les habituels condensateurs C2, C3 et C4 pour améliorer le filtrage et surtout prévenir toute velléité d'oscillation.

En série dans la liaison avec le secteur, il y a X3, un fusible de 3,15 AT dans un porte-fusible.

### Logiciel : 2 versions

Le programme dans le microcontrôleur est écrit en mikroC Pro version 6.4 avec licence complète. L'ennui, c'est que la capacité de mémoire de programme de 14 Ko dans le microcontrôleur est trop restreinte pour implémenter toutes les fonctions souhaitées. J'ai donc décidé d'écrire deux versions du logiciel :

- la version 2.0 ne prévoit pas la communication par RS232, mais bien le réglage séparé de la température et de l'humidité avec hystérésis ;
- la version 2.0s permet la communication par RS232, mais ne dispose pas de réglage de l'hystérésis pour la température, ni pour le taux d'humidité.

Quelle que soit la variante du logiciel, elle est disponible gratuitement en [1].

### Construction

Pour ce projet, j'ai développé le circuit imprimé de la **figure 2**, il porte l'électro-

nique et l'alimentation secteur ; le tracé des pistes est également disponible au téléchargement sur [1]. Tous les composants sont traversants, une construction facile donc.

L'afficheur est relié au connecteur X4 par un morceau de câble plat à seize conducteurs. Les capteurs sont raccordés sur SV4 en parallèle, par I<sup>2</sup>C au moyen d'un câble blindé à quatre fils, de moins d'un mètre de long. Les quatre boutons-poussoirs se placent sur un bout de plaque perforée reliée à SV3 par un petit câble. Sur SV2, c'est le connecteur sub-D à neuf voies qui se branche, si du moins vous voulez une liaison sérieuse et que vous utilisez la version 2.0s du logiciel.

Quant à SV1, il sert à relier les quatre témoins à LED.

Le circuit est ainsi prêt à l'usage. Le câble secteur vient sur X3 et les appareils commutés sur X1 et X2. La présence du secteur oblige à isoler la totalité du circuit dans un boîtier pour éviter tout contact accidentel. En outre, pour un usage dans une salle d'eau, ce boîtier doit être à l'épreuve des éclaboussures.

Après mise sous tension, il ne reste plus qu'à régler le potentiomètre de contraste du LCD et vous pourrez introduire les points de commutation et les durées.

### Utilisation

Tous les réglages s'effectuent avec les quatre boutons-poussoirs. Celui du *Menu* permet de parcourir les différents réglages. Le bouton + sert à augmenter les valeurs qu'il faut ajuster et le – à les diminuer. On accélère la progression en

appuyant simultanément sur le bouton *Shift*.

Enregistrer la valeur indiquée se fait avec le bouton *Menu*, à condition de l'actionner dans les cinq secondes qui suivent le réglage, sinon, on retrouve la valeur précédente à l'affichage.

Dans l'obscurité, pousser sur *Shift* permet de lire les valeurs, l'éclairage se maintient alors pendant cinq secondes

L'encadré **Structure du menu** donne une vue d'ensemble des possibilités de réglage. ▶

(140345 – version française : Robert Grignard)

### Lien

[1] [www.elektor-magazine.fr/140345](http://www.elektor-magazine.fr/140345)

## Liste des composants

### Résistances :

R1, R2 = 220  $\Omega$ /1 W  
 R3, R9, R12 = 2,2 k $\Omega$   
 R4, R5, R6 = 330  $\Omega$   
 R7 = 2,4 k $\Omega$   
 R8 = pot. ajust. 5 k $\Omega$  horizontal  
 R10, R13, R18 = 22 k $\Omega$   
 R11, R14 à R17 = 100 k $\Omega$

### Condensateurs :

C1 = 220  $\mu$ F/25 V radial  
 C2, C3, C11, C15, C16 = 100 nF  
 C4 = 10  $\mu$ F/16 V radial  
 C5, C6 = 100 nF/400 V, classe X2  
 C7 à C10 = 1  $\mu$ F/16 V radial  
 C12, C13 = 15 pF  
 C14 = 330 nF

### Semi-conducteurs :

D1, D2 = 1N4148  
 B1 = pont redresseur DF04  
 (280 V/1 A)  
 3 LED 3 mm pour SV1  
 T1 à T3 = BC547  
 IC1 = 7805T  
 IC3 = PIC16F887P  
 IC2 = MAX232

### Divers :

TR1 = transformateur secteur  
 encartable sec. 9 V/2,8 VA  
 (p.ex. Weiss EI 30/23 BV 85/341)  
 Q1 = quartz à 20 MHz  
 X1 à X3 = borne à 2 vis  
 au pas de 10,16 mm  
 K1, K2 = relais encartable bipolaire à double inverseur, 250 V/5 A,  
 bobine 12 V (p.ex. Panasonic  
 JW2SN-DC12V)  
 JP1, JP2 = embase à 2 picots, pas de 2,54 mm  
 SV1 = embase à 6 picots, pas de 2,54 mm  
 SV2 = embase à 3 picots, pas de 2,54 mm  
 SV3 = embase à 8 picots, pas de 2,54 mm  
 SV4 = embase à 4 picots, pas de 2,54 mm  
 X4 = embase à 16 picots, pas de 2,54 mm

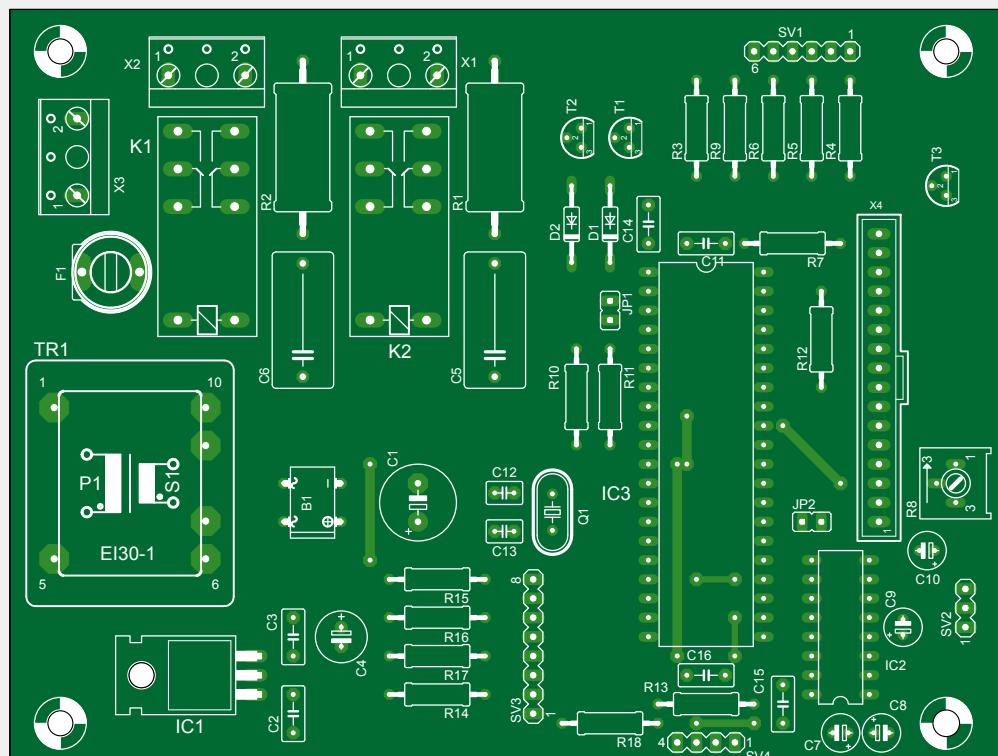


Figure 2. Le circuit imprimé est spacieux et accueille même le transformateur secteur. Raison pour laquelle il faut être vigilant quant à la sécurité.

afficheur LCD 2x16 caractères  
 (p.ex. Gleichmann GE-C1602B-YYH-JT/R,  
 Conrad 183043 - 89)  
 F1 = fusible 3,15 A T avec porte-fusible

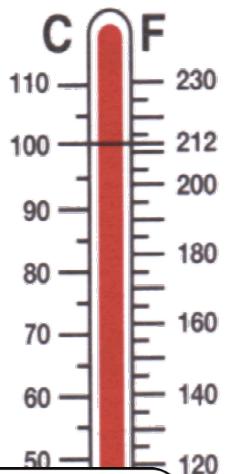
capteur d'humidité et de température  
 à interface I<sup>2</sup>C, HYT221 de IST  
 (Conrad, 505671 - 89)

# e-BoB BL600

## Bluetooth Low Energy

(4<sup>e</sup> partie)

### Le port I<sup>2</sup>C et son capteur de température



Jennifer Aubinais (Paris) elektor@aubinais.net

Notre petit module de communication sans-fil n'a que sept entrées/sorties, mais son port I<sup>2</sup>C lui donne des possibilités d'extension considérables. Utilisons-le pour communiquer avec différents types de composants tels des capteurs de température, des convertisseurs N/A et A/N, etc. Ici nous utiliserons aussi, pour l'échange de données, le nouveau service *Health Thermometer* du *Bluetooth Low Energy* au lieu du service UART employé dans les épisodes précédents.

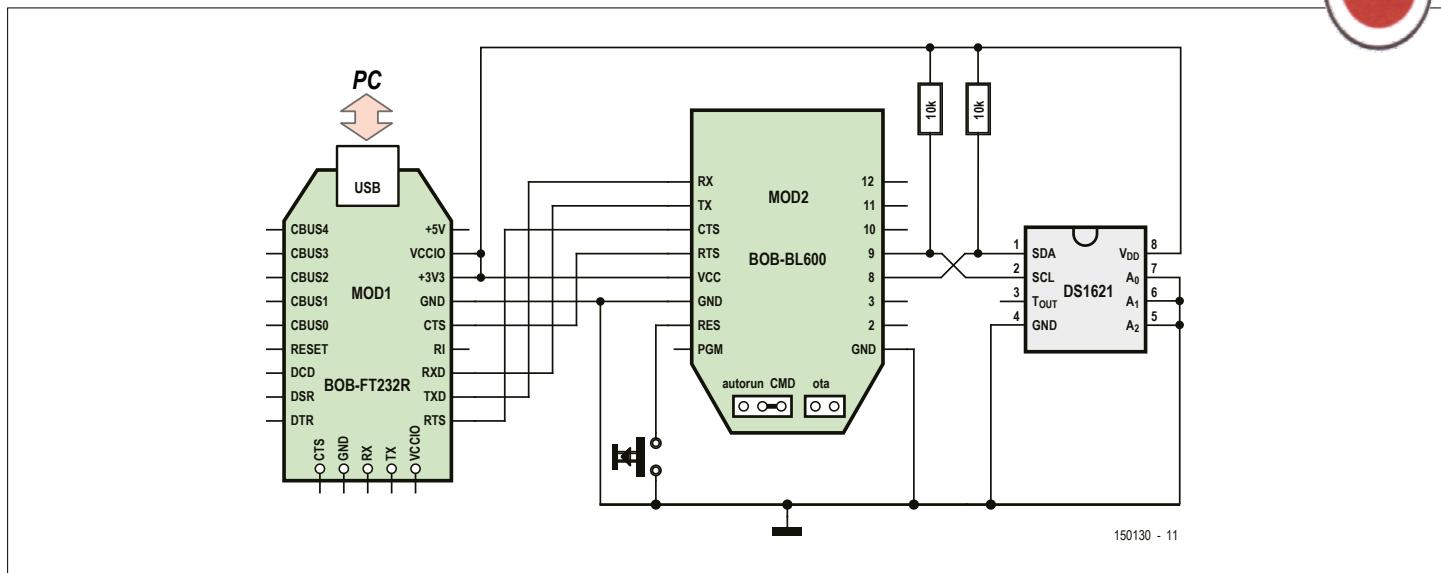
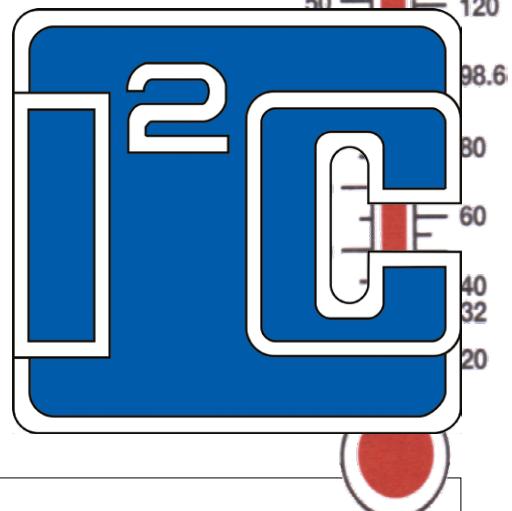


Figure 1. Schéma du thermomètre sans fil avec un capteur DS1621 qui communique avec le BL600 par I<sup>2</sup>C. La mise en œuvre de l'e-BoB FT232 a été décrite dans les épisodes précédents.

Nous avons appris à utiliser les événements dans *smartBASIC* le mois dernier. Abordons maintenant le port I<sup>2</sup>C du BL600 en le reliant au capteur de température DS1621 [1] de *Maxim Integrated*. Il peut paraître surprenant de communiquer par l'I<sup>2</sup>C avec un module Bluetooth... eh bien, vous n'êtes pas au bout de vos surprises, car ce module a encore bien d'autres ressources étonnantes, qui seront le sujet de prochains articles. Pour l'instant, nous mesurerons la température et l'afficherons

sur un téléphone tactile, soit sous Android dans une application Android téléchargeable sur *Google Play* [2], soit sous iOS avec une application téléchargeable sur l'*Apple Store* [7] ou un petit code source à télécharger sur le site d'*Elektor* [6].

**Attention :** l'utilisation des outils et des commandes auxquels nous nous référons ici est détaillée dans les épisodes précédents de cette série [3] qu'il vaut donc mieux lire aussi.

**listage 1**

```

DIM rc, handle, txt$
rc=I2cOpen(100000,0,handle)
IF rc!= 0 THEN
    SPRINT #txt$,INTEGER.H'rc
    DbgMsg("Failed to open I2C interface with error
code 0x" + Right$(txt$,4))
    PRINT "\nDO RESET"
    STOP
ELSE
    DbgMsgVal("\nI2C open success \nHandle is
",handle)
ENDIF

```

**listage 2**

```

DIM x, nSlaveAddr, nRegAddr, nRegVal, txt2$
nSlaveAddr = 0x48 : nRegAddr = 0xAC : nRegVal =
    0xAA
rc = I2cWriteReg8(nSlaveAddr, nRegAddr, nRegVal)
IF rc!= 0 THEN
    SPRINT #txt$,INTEGER.H'rc
    DbgMsg("Failed to Write to slave/register " +
    Right$(txt$,4))
ELSE
    SPRINT #txt$,INTEGER.H'nRegVal
    SPRINT #txt2$,INTEGER.H'nRegAddr
    DbgMsg("0x" + Right$(txt$,2) + " written
    successfully to register 0x" + Right$(txt2$,2))
ENDIF

```

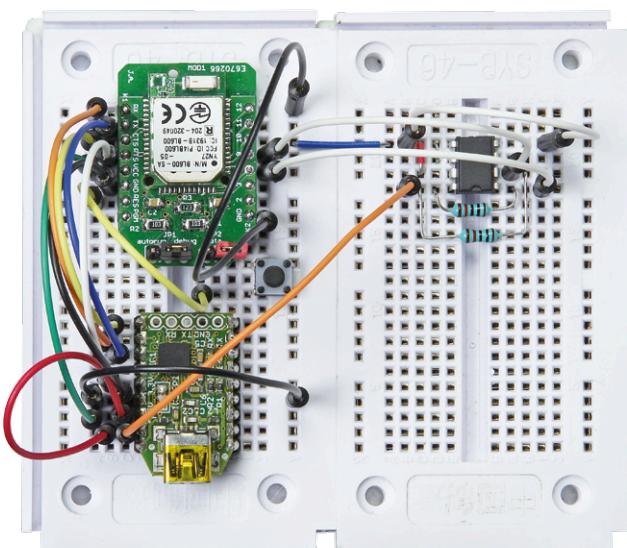


Figure 2. Photo de l'assemblage sur une plaque d'essais.

**Port I<sup>2</sup>C et capteur de température**

Le capteur de température DS1621 est idéal pour illustrer les fonctions de lecture et d'écriture du port I<sup>2</sup>C : le port SDA (données) sur la broche 8 de l'e-BoB BL600 est relié à la broche 1 du DS1621 ; le port SCK (l'horloge) sur la broche 9 l'e-BoB est relié à la broche 2 du DS1621 (**fig. 1**). *Laird Technologies* confirme que sur le bus I<sup>2</sup>C il faut des résistances de rappel (entre 4,7 et 10 kΩ). Conformément à la documentation du DS1621, nous lui enverrons des commandes puis lirons ses différents registres afin de calculer la température. L'application *Temperature* pour *Android* proposée par *Laird Technologies* permet de tracer la courbe de la température mesurée par le capteur. Le programme dont nous vous fournissons le code sous *iOS*, qui utilise le service *Health Thermometer*, nous permettra de faire la même chose sur un produit *Apple*.

**a. Ouvrir I<sup>2</sup>C**

Le premier pas est l'ouverture du port I<sup>2</sup>C suivie du traitement du code de retour par un simple *if* (**listage 1**).

**Rc = I2COpen(100000,0,handle)**

- nClockHz = 100000 : fréquence d'horloge
  - nCfgFlags = 0 : doit être mis à 0
  - nHandle = si le code de retour est 0, cette variable est ensuite utilisée pour lire, écrire et fermer l'interface I<sup>2</sup>C
- rc** = Le code de retour doit être à 0 pour continuer. Sinon, nous convertissons sa valeur en une chaîne de caractères par la fonction SPRINT avec l'option INTEGER.H pour convertir en hexadécimal, puis affichons le code d'erreur (cf. doc. *Laird Technologies*), avant d'arrêter le programme par STOP.

**b. Écrire un octet I<sup>2</sup>C**

L'étape suivante est l'écriture d'un octet sur le port I<sup>2</sup>C, destiné au DS1621. Nous choisissons le registre Access Config (0xAC), qui est en lecture/écriture et nous y écrivons la valeur 0xAA comme exemple (**listage 2**).

**Rc = I2CWriteReg8(nSlaveAddr,nRedAddr,nRegVal)**

- nSlaveAddr = adr. esclave du composant, entre 0 à 127
- nRedAddr = adresse du registre du composant
- nRedVal = valeur (8 bits) écrite à l'adresse du registre adressé

**rc** = le code de retour doit être à 0. Sinon, nous convertissons sa valeur en une chaîne de caractères, puis affichons le code d'erreur (cf. doc. *LT*).

**Liste des composants****Résistances**

R1, R2 = 10 kΩ

**Semi-conducteurs :**

IC1 = DS1621

**Divers :**

K1 = poussoir

MOD1 = e-BoB FT232 assemblé 110553-91 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

MOD2 = e-BoB BL600 assemblé 140270-91 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))

**listage 3**

```

nSlaveAddr = 0x48 : nRegAddr = 0xAA
rc = I2cReadReg8(nSlaveAddr, nRegAddr, nRegVal)
IF rc!= 0 THEN
    SPRINT #txt$,INTEGER.H'rc
    DbgMsg("Failed to Read from slave/register " +
    Right$(txt$,4))
ELSE
    SPRINT #txt$,INTEGER.H'nRegVal
    SPRINT #txt2$,INTEGER.H'nRegAddr
    DbgMsg("Value read from register 0x" +
    Right$(txt2$,2) + " is 0x" + Right$(txt$,2))
ENDIF

```

**c. Lire un octet I<sup>2</sup>C**

Nous lisons 0xAC qui est le registre haut de la température du DS1621. Comme le DS1621 n'a pas été initialisé, il ne contient pas de valeur exploitable (**listage 3**).

**Rc = I2CReadReg8(nSlaveAddr, nRegAddr, nRegVal)**

- nSlaveAddr = adresse esclave du composant donc entre 0 à 127
  - nRegAddr = adresse du registre du composant
  - nRegVal = valeur (8 bits) écrite à l'adresse du registre adressé
- rc** = Le code de retour doit être à 0. Sinon, nous convertissons sa valeur en une chaîne de caractères, puis affichons le code d'erreur (cf. doc. *LT*).

**d. Fermer I<sup>2</sup>C**

La dernière étape est la fermeture du port I<sup>2</sup>C. À double tour, comme le recommande *Laird Technologies* (**listage 4**).

**I2cClose(handle)**

- **nHandle** = valeur créée par I2cOpen

Le fichier demoI2C.sb est téléchargeable sur le site d'Elektor [6].

**Lire le DS1621 par le port série de l'e-BoB FT232**

Nous ne décrirons pas le DS1621 [1] en détail, mais nous vous fournissons un programme complet pour l'utiliser, avec notamment les fonctions I2COpen, I2CWriteReg8, I2CReadReg8 et I2COpen décrites ci-dessus.

La fiche technique du capteur propose l'équation suivante pour transformer en températures les mesures faites par le DS1621 :

$$TEMPERATURE = TEMP\_READ - 0.25 + \frac{(COUNT\_PER\_C - COUNT\_REMAIN)}{COUNT\_PER\_C}$$

Comme le BL600 n'accepte que les entiers (de 0 à 65535), toutes les valeurs sont multipliées par 100, de sorte que la température sera en 100es de degrés Celsius. Ce qui nous arrange bien pour l'affichage sous forme de texte de la température en degrés : il suffit de placer correctement le point décimal (**fig. 4**).

$$tHR = (tHR * 100 - 25) + ((slope - cRem) * 100 / slope)$$

Le fichier DS1621.sb est téléchargeable sur le site d'Elektor [6].

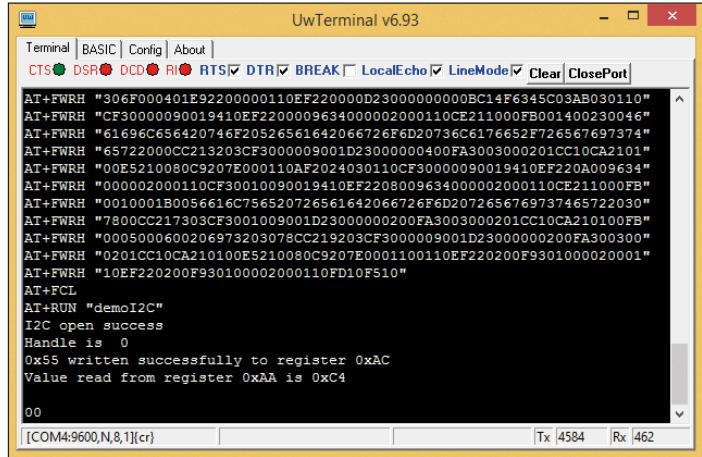


Figure 3. L'écriture sur le port I<sup>2</sup>C puis la lecture se passent correctement.

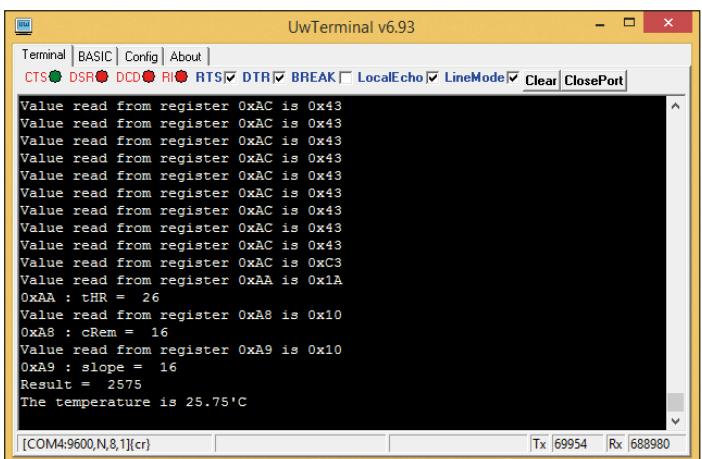


Figure 4. Affichage de la température en degrés : dès que le bit 7 du registre de configuration 0xAC passe à 1 (0x43 -> 0xC3), on peut lire les registres de température et faire le calcul.

**listage 4**

```

I2cClose(handle) //close the port
I2cClose(handle) //no harm done doing it again

```

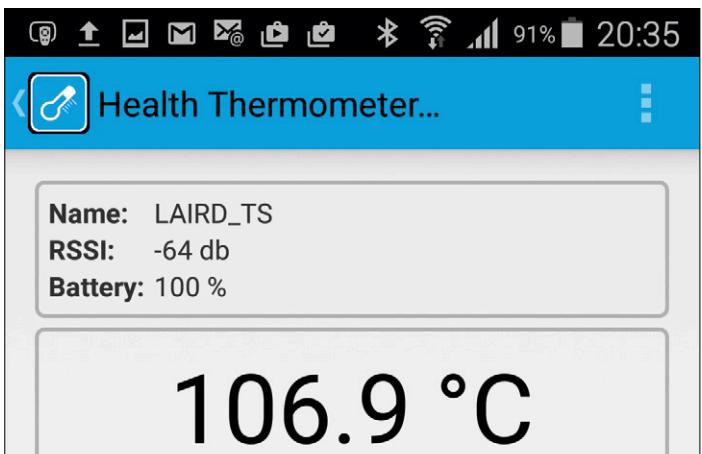


Figure 5. Pas de panique, il ne fait pas 106,9 °C chez l'auteure ni au laboratoire d'Elektor.

**listage 5**

```

FUNCTION InitI2C()
DIM rc, txt$ // DIM Handle is define in top of library
DIM rc, x, a, tC, flag, handle, txt$
rc=I2cOpen(100000,0,handle)
IF rc!= 0 THEN
  SPRINT #txt$,INTEGER.H'rc
  DbgMsg("Failed to open I2C interface with error
code 0x" + Right$(txt$,4))
  PRINT "\nDO RESET"
  STOP
ELSE
  DbgMsgVal("\nI2C open success \nHandle is
",handle)
ENDIF
ENDFUNC rc
'-----
FUNCTION InitDS1621()
DIM rc
// Tout = active high; 1-shot mode
DbgMsg("SetConfig")
rc = SetConfig(POL | ONE_SHOT)
ENDFUNC rc
'-----
FUNCTION ConvertDS1621()
DIM rc, tC
DbgMsg("DS1621")
DO
DbgMsg("\nStartConversion")
rc = StartConversion() // initiate conversion
tC = GetHrTemp() // read high-resolution temperature
ENDFUNC tC
'-----

```

```

FUNCTION ConvertTempTxt$(tC)
DIM rc, x, a, flag, txt$
flag = 0
IF (tC < 0) THEN
  tC = -tC // fix for integer division
  flag = 1 // indicate negative
ENDIF
SPRINT #txt$,tC
SELECT StrLen(txt$)
CASE 1
  txt$ = "0.0" + txt$
CASE 2
  txt$ = "0." + txt$
CASE 3
  txt$ = Left$(txt$,1) + "." + Right$(txt$,2)
CASE 4
  txt$ = Left$(txt$,2) + "." + Right$(txt$,2)
CASE ELSE
ENDSELECT
IF (flag == 1) THEN
  txt$ = "-" + txt$
ENDIF
PRINT "The temperature is "+ txt$ + "C\n"
for x = 0 to 40000
next
DO WHILE (1)
ENDFUNC txt$
'-----
FUNCTION CloseI2C()
I2cClose(handle) //close the port
I2cClose(handle) //no harm done doing it again
ENDFUNC 1

```

**Le DS1621 en mode HTS (Health Thermometer Service)**  
Sur mon **thermomètre sans fil Bluetooth Low Energy** publié dans le numéro de janvier/février 2015 d'Elektor [4], c'était à l'application sur le téléphone tactile de faire les calculs. Ici, c'est le BL600 qui s'en charge. C'est facile grâce à *Laird Technologies* qui propose un logiciel pour notre e-BoB BL600 et une application Temperature pour *Android*. Ainsi nous aurons un thermomètre sans fil avec le BL600 et le DS1621, qui affichera la température sur votre téléphone *Android*.

**Utilisation du fichier de Laird Technologies**

Nous compilons simplement le fichier htss.health.thermometer.sensor.sb. Pour vérifier son fonctionnement, nous lancerons l'application Temperature. Vous remarquerez que la température affichée dépasse 100 °C ! C'est normal, car nous n'avons pas connecté de capteur LM20 sur la broche 4 du BL600 comme prévu sur le kit de développement DVK-BL600-SA.

Le fichier htss.health.thermometer.sensor.sb figure dans le téléchargement du progiciel du BL600 [5] (**fig. 5**)

**Transformation du programme DS1621.sb en bibliothèque**

Première étape : copions notre programme DS1621.sb dans DS1621.splib. Nous découpons le programme principal (main) en plusieurs fonctions (**listage 5**) que nous appellerons dans notre nouveau programme.

**Modifier le programme HTS**

Deuxième étape : modifions le programme htss.health.thermometer.sensor.sb et renommons-le \$autorun\$.htss.ds1621.sb.

Voici ces modifications :

- Modifier DEVICENAME : JAHTS
- Ajouter la bibliothèque que nous venons de créer : ds1621.splib
- Supprimer les fonctions suivantes : Adc2mv, Mv2Temperature
- Remplacer dans la fonction HandlerTimer0 le code en rouge par le code en vert du **listage 6**
- Remplacer dans le programme principal (main) le code en rouge par le code en vert du **listage 7**

# ▶ Communiquer par l'I<sup>2</sup>C avec un module Bluetooth ?

## Vous n'êtes pas au bout de vos surprises

### listage 6

```
mv = Adc2Mv(GpioRead(4))
DbgMsg("\nAdc mV=")
PRINT mv
tmp = Mv2Temperature(mv)
tmp = ConvertDS1621()
tmp = tmp / 10
```

### listage 7

```
InitTempSensor()
rc = InitI2C()
rc = ConvertDS1621()
TimerStart(0, TEMPERATURE_POLL_MS, 1)
```

Rien de compliqué : au capteur analogique LM20 original, nous avons simplement substitué notre DS1621. Du coup, c'est I<sup>2</sup>C et, en plus, c'est plus précis. Le fichier \$autorun\$.htss.ds1621.sb est téléchargeable sur le site d'Elektor [6].

### Le programme sous Android

Utilisons maintenant l'application *HTM (Health Thermometer Per Minute)*, de *Laird Toolkit* que nous avons déjà téléchargé. Après le scan, nous choisissons le *DEVICENAME JAHTS* donné à notre e-BoB. Le dessin d'une courbe en rouge apparaît ; l'auteure s'est bien amusée, devinez comment (réponse dans la légende de la **fig. 6**). Épatant, non ?

### Le programme iOS

Après cet exemple d'utilisation sous Android du service HTS, au lieu du service UART du module *Bluetooth Low Energy* employé depuis le début de cette série, nous proposons aussi aux développeurs iOS qui ont acheté la licence, le code source d'un petit programme équivalent pour *Apple* (**fig. 7**). Ce fichier *BLE HTS.zip* est téléchargeable sur le site d'Elektor [6]. Sur le site de *Laird Technologies* [5], vous trouverez le code source complet de leur application *Toolkit iOS* comprenant les services UART, HTS....

### Appel à contribution

Dans cette série d'articles, nous avons fait appel au programme *Serial* du *Toolkit* de *Laird Technologies*. Celui-ci nous a bien facilité les choses, mais ne serait-il pas temps de faire votre propre application sur votre téléphone Android ? Dès le prochain article, nous proposerons pour Android un code source, le plus simple possible, qui vous permettra d'approfondir votre connaissance de l'e-BoB BL600.

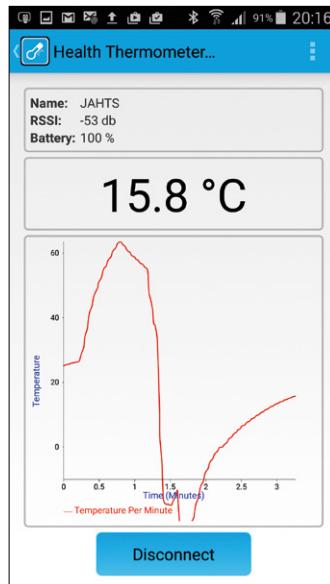


Figure 6. Courbe obtenue avec le DS1621 relié au bus I<sup>2</sup>C de notre e-BoB BL600. On remarque le pic à plus de 60 °C (avec un séche-cheveux) et un pic négatif à -20 °C (obtenu avec un aérosol givrant). Le DS1621 offre une plage de mesures de -55 °C à +125 °C.

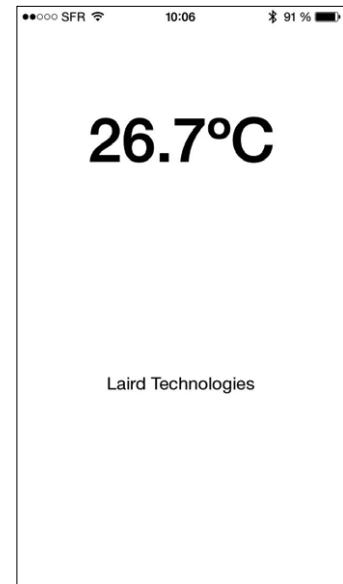


Figure 7. Capture d'écran de l'application BLE HTS sur iPhone.

Grâce à ce module disponible prêt à l'emploi dans l'e-choppe d'Elektor [8], la mise en œuvre de la communication par Bluetooth devient facile. Elektor souhaite donc en publier d'autres applications. Si vous avez des idées pour ce module, des études en cours ou même des projets encore dans l'œuf, nous vous invitons à les partager avec nous, l'auteure, et la communauté d'Elektor sur le site [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com). Votre projet sera peut-être retenu pour paraître dans un prochain numéro d'Elektor. ▶

(150130)

### Liens

- [1] <http://www.maximintegrated.com/en/products/analog/sensors-and-sensor-interface/DS1621.html>
- [2] <https://play.google.com>
- [3] Elektor n°442, avril 2015
- [4] Elektor n°439/440, janvier/février 2015
- [5] [https://laird-ews-support.desk.com/?b\\_id=1945](https://laird-ews-support.desk.com/?b_id=1945)
- [6] [www.elektor-magazine.fr/150130](http://www.elektor-magazine.fr/150130)
- [7] <https://itunes.apple.com/fr/app/bl600/id594855763?mt=8>
- [8] <http://www.elektor.fr/bl600-e-bob-140270-91>



# bienvenue dans votre e-choppe

## T-Board 28

Les modules T-Board, conçus pour les cartes d'essai à trous, offrent plus de flexibilité que les modèles style Arduino. Ils permettent un prototypage simple et rapide sur *breadboard*, tout en réduisant le nombre de fils de raccordement nécessaires. Un cavalier de sélection de tension permet au contrôleur de fonctionner en 5 V ou 3,3 V. Il en existe trois modèles, compatibles chacun avec différents microcontrôleurs.

Le module T-Board 28 (130581-93) est la version à 28 broches, pour les microcontrôleurs ATmega328.

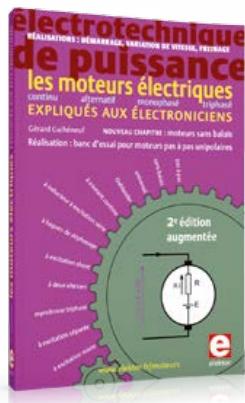
Le module T-Board 28 est également programmable via un câble FTDI, et il vous permet d'utiliser votre propre quartz pour le signal d'horloge dont vous avez besoin.

Luc Lemmens  
Elektor Labs

[www.elektor.fr/t-board-28](http://www.elektor.fr/t-board-28)



## Les moteurs électriques expliqués aux électroniciens



Les électroniciens découvriront ici les moteurs électriques, tandis que les électrotechniciens admettront qu'électronique n'est pas synonyme de complexité. L'information est digeste : constitution, fonctionnement, caractéristiques, domaines d'utilisation, réalisations simples et concrètes. Le lecteur mesurera ses connaissances grâce à des questionnaires d'évaluation (avec corrigés).



Prix (membres) : 39,50 €

[www.elektor.com/moteurs](http://www.elektor.com/moteurs)

## DVD Elektor 2014



Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR parus au cours de l'année 2014, en français (mais aussi en anglais, allemand et néerlandais). Il contient le texte des articles ainsi que les schémas, et tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Une fonction de recherche dans la table des matières vous permet de trouver immédiatement l'article souhaité.

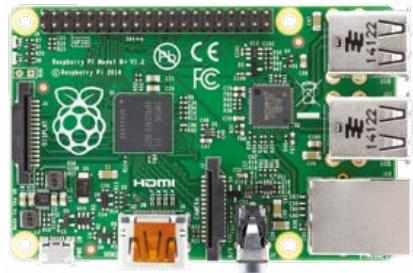


Prix (membres) : 24,75 €

[www.elektor.fr/dvd-2014](http://www.elektor.fr/dvd-2014)

## Vos favoris :

1. Raspberry Pi 2 Mod. B  
[www.elektor.fr/top1](http://www.elektor.fr/top1)



2. Raspberry Pi Mod. B+  
[www.elektor.fr/top2](http://www.elektor.fr/top2)
3. DVD 2014  
[www.elektor.fr/top3](http://www.elektor.fr/top3)
4. Atmel SAM D20 Xplained Pro  
[www.elektor.fr/top4](http://www.elektor.fr/top4)
5. Maîtrisez les µC à l'aide d'Arduino  
[www.elektor.fr/top5](http://www.elektor.fr/top5)
6. BL600 e-BoB  
[www.elektor.fr/top6](http://www.elektor.fr/top6)
7. Arduino Uno  
[www.elektor.fr/top7](http://www.elektor.fr/top7)
8. L'électronique pour les débutants  
[www.elektor.fr/top8](http://www.elektor.fr/top8)

## Raspberry Pi 2 modèle B



La performance de cette nouvelle version du petit ordinateur à la framboise est sextuplée, grâce à sa quadruple unité centrale ARM Cortex-A7 900 MHz. Sa mémoire est doublée, avec 1 Go SDRAM LPDDR2. Son format reste celui d'une carte de crédit. Il peut tout faire, il a accès à l'internet et un graphisme HD. Sa compatibilité avec Raspberry Pi 1 est intégrale. Le plus fort, c'est peut-être que le prix est resté grosso modo le même !

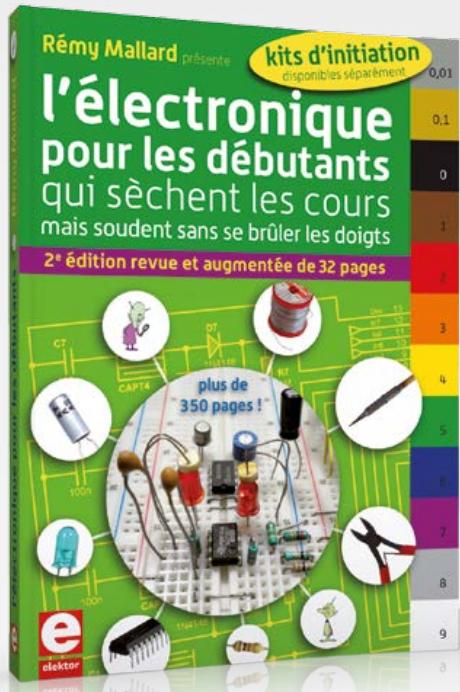


Prix (membres) : 38,66 €

[www.elektor.fr/raspberry-pi-2-model-b](http://www.elektor.fr/raspberry-pi-2-model-b)



# Plongez dans le monde de l'électronique



Fin pédagogue, Rémy Mallard démystifie l'électronique en n'utilisant que ce qu'il vous faut de théorie pour aborder la pratique : identifier les composants et leur rôle, les récupérer, les tester et les ranger (ça n'a l'air de rien, mais c'est primordial !) ; lire un schéma ; choisir ses outils ; mettre en boîte ses montages... Les kits permettent de réaliser quelques-uns des montages simples et ludiques présentés dans le livre. Pour vous faciliter les choses, Rémy présente ses kits en vidéo.



**Prix (membres) : 99,00 € pour le livre et les trois kits**

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

## L'électronique pour les débutants

La combinaison idéale pour commencer : livre et 3 kits

## Egg-bot DeLuxe

même une poule sous LSD ne pondra jamais des oeufs aussi bien décorés

## Arduino Baba et les 37 capteurs

37 capteurs variés, d'usage universel, compatibles avec l'univers Arduino

### Kit iFixit tournevis et embouts



Ce kit iFixit de 54 outils est indispensable pour l'intervention mécanique sur des téléphones et tablettes tactiles d'Apple et d'autres marques. Le manche en aluminium monobloc tient bien dans la main grâce à son profil ergonomique et ses anneaux de caoutchouc. Le porte-outil est usiné avec précision, comme les outils eux-mêmes, rangés par catégories. Sur son site [www.ifixit.com](http://www.ifixit.com) propose des vidéos d'instructions pour guider dans vos réparations.



Prix (membres) : 17,96 €

[www.elektor.fr/54-bit-driver-kit](http://www.elektor.fr/54-bit-driver-kit)

### Les microcontrôleurs PIC pour les débutants



Rémy Mallard initie les débutants à la programmation des PIC au moyen d'exemples pratiques. Il commence par les principes essentiels de programmation, puis regroupe par chapitre les informations nécessaires à la réalisation de chaque exemple. Il fait la part belle aux « petits » contrôleurs à 8 bits, qui disposent entre autres de comparateurs, d'un oscillateur interne, de convertisseurs A/N, de communication à deux fils ou série, et bien davantage.



Prix (membres) : 34,16 €

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

### Testeur de transistors avec Platino



Ce testeur permet de trier comme bons ou mauvais les transistors sans référence ou douteux, de déterminer leur type (bipolaires PNP et NPN, MOSFET à canal N ou P) et de mesurer leur gain. L'instrument de mesure repose sur la carte Platino d'Elektor. Sont fournis : circuit imprimé, microcontrôleur programmé, circuit imprimé polyvalent pour AVR-Platino, afficheur et boîtier.



Prix (membres) : 66,95 €

[www.elektor.fr/platino-transistor-tester](http://www.elektor.fr/platino-transistor-tester)



D'habitude, nous présentons ici le gagnant du mois, qui, pour son témoignage sur un produit d'Elektor, remporte un bon de 100 € à valoir sur de nouveaux achats dans notre e-choppe. Cette fois, l'heureux élu a vraiment une chance de cocu (vous allez voir pourquoi !). Son exploit date de Noël dernier, ce qui n'est ni une erreur ni un effet du réchauffement climatique, mais une conséquence de certains dérèglements internes que nous passerons sous silence ici. Ce qui est intéressant, c'est qu'en décembre 2014, pendant notre promotion de Noël, Max Roderer a, en souscrivant simplement à la formule d'abonnement GREEN d'Elektor, gagné la coquette somme de 1000 € en espèces. Oui, mille zeuros et en zespèces... sacré veinard, Max ! Ça valait la peine qu'on y revienne, non ?

Inutile de dire que c'est avec le plus grand plaisir qu'Elektor a remis un cadeau aussi consistant à une personne qui venait justement de devenir membre de la communauté internationale des électroniciens autour d'Elektor !

Vous aussi pouvez rejoindre cette communauté : grâce à notre formule GREEN (= sans papier) vous recevrez non seulement 10 fois par an le magazine Elektor, plus une remise de 10 % (au moins) sur tous nos produits, plus 26 x par an un nouveau projet inédit et l'accès libre au site [www.elektor-labs.com](http://www.elektor-labs.com).

Votre témoignage sur un article vendu dans l'e-choppe d'Elektor peut vous rapporter 100 € sous la forme d'un bon d'achat de produits à valoir sur vos achats dans notre boutique en ligne.

Informations complémentaires et conditions sur  
[www.elektor.fr/formule-greencard](http://www.elektor.fr/formule-greencard)

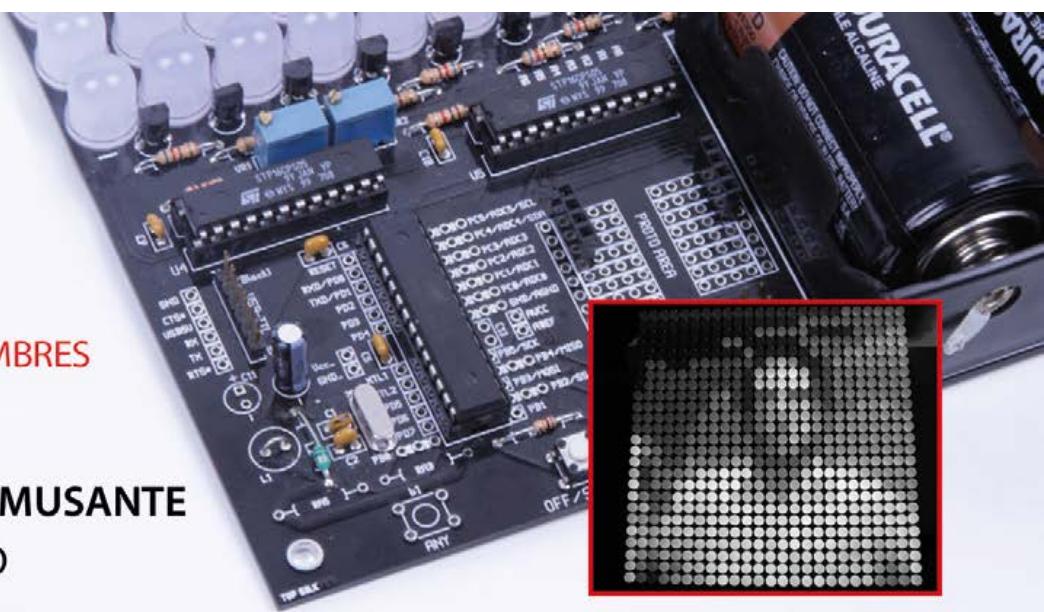


ELEKTOR.FR/PEGGY-2

module  
COMPLET  
249,95€

210 € POUR LES MEMBRES

NOUVEAU !  
L'ÉLECTRONIQUE AMUSANTE  
PANNEAU DE 625 LED



# PEGGY 2 : MODULE DE LED



Egg-Bot peut imprimer sur toutes sortes d'objets sphériques dont le diamètre est approximativement compris entre 3 et 10 cm. Vous pouvez l'utiliser pour créer des œufs que même une poule sous LSD ne pondra jamais, personnaliser des décorations de Noël, des balles de ping-pong, ou encore des ampoules. Dingue et cool, mais Egg-Bot n'est pas qu'un gadget. Son électronique et son programme ont été conçus pour pouvoir être adaptés à un nouvel usage. Egg-Bot est donc aussi un moyen ludique et pratique pour s'initier à la robotique faite maison et à la commande numérique par calculateur (CNC).



**Prix (membres) : 179,95 €**  
[www.elektor.fr/eggbot](http://www.elektor.fr/eggbot)

## L'électronique pour les débutants

La combinaison idéale pour commencer : livre et 3 kits

### Egg-bot DeLuxe

même une poule sous LSD ne pondra jamais des œufs aussi bien décorés

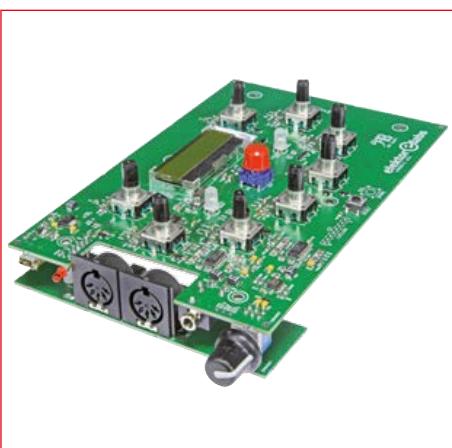
### Arduino Baba et les 37 capteurs

37 capteurs variés, d'usage universel, compatibles avec l'univers Arduino

#### Synthé J²B : plateforme ouverte pour la synthèse musicale numérique

### offre mystère

#### Ampli-op 741 discret format XL



oserez-vous ?



Inspiré par l'Atmegatron, ce nouveau synthé numérique d'Elektor invite (et incite) à l'expérimentation. Modifiez à votre guise le code source ouvert (en C). Huit codeurs rotatifs à bouton poussoir commandent, entre autres, la forme d'onde, le type de filtre, l'enveloppe ADSR de filtrage et de modulation d'amplitude, la fréquence du LFO, la vitesse des arpèges, la distorsion, le déphasage, la modulation de largeur d'impulsion, le portamento et l'excellent *broyeur de bits*.



Prix (membres) : 112,45 €

[www.elektor.fr/j2b-synthesizer](http://www.elektor.fr/j2b-synthesizer)

Construisez vous-même une réplique du μA741, cet amplificateur opérationnel intégré le plus populaire au monde, apparu en 1968 et resté pendant des décennies le cheval de trait de l'électronique ! La vocation de ce modèle non pas réduit mais agrandi (XL !), parfaitement fonctionnel, est avant tout didactique. Il a été conçu en hommage à son inventeur Dave Fullagar de Fairchild. Également disponible pour apprendre l'électronique analogique : un NE555 XL !



Prix (membres) : 39,95 €

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

[www.elektor.fr/xl-741-op-amp-kit](http://www.elektor.fr/xl-741-op-amp-kit)

- p.16 - SmartScope oscilloscope multiplateforme**
  - [www.elektor.fr/smartscope](http://www.elektor.fr/smartscope)
- p.22 - mise à niveau de la carte micro-SD pour RPi m.2**
  - livre Raspberry Pi, l'alliance de la programmation et de l'électronique, ISBN 978-2-86661-196-5
  - carte micro-SD V4
  - carte Raspberry Pi 2 modèle B, 150114-91
- p.36 - clavier capacitif à 12 touches**
  - circuit imprimé V2.0, 140279-1
  - PIC programmé 140279-41
- p.36 - clavier capacitif (12 touches)**
  - carte assemblée, 130105-91
  - carte nue, 130105-1 v2.1
  - ATmega324PA-AU, CMS TQFP-44, programmé, 130105-41
- p.46 - commande de caméra de surveillance**
  - carte d'extension Platino v2, 140433-1
- p.59 - e-BoB BL600 - Bluetooth Low Energy - 4e partie**
  - e-BoB FT232 assemblé 110553-91
  - e-BoB BL600 assemblé 140270-91
- p. 80 - des nouvelles du monde d'Elektor**
  - livre : 23 projets ludiques et instructifs à construire soi-même - Intelligence artificielle (ISBN 978-2-86661-179-8)

## Elektor post : votre lettre d'information électronique !



The newsletter features several news items:

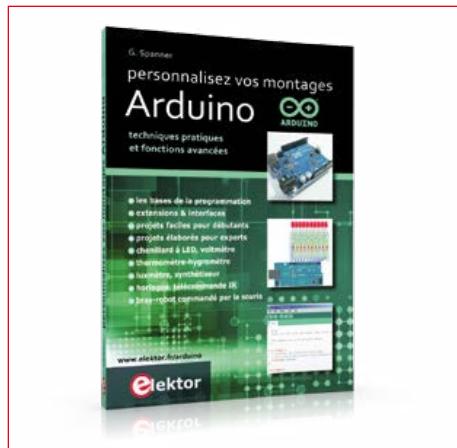
- Garder la fraîcheur**: A small tube is used as a heat sink for a processor.
- Nouvelles** (Compilation Arduino : l'intégrale des articles d'Elektor)
- PIKasa, un écran pour votre précieux Raspberry Pi**: A Raspberry Pi is shown with its screen removed.
- Hector le phasma, premier robot conscient de lui-même**: A small robot is shown.
- L'aluminium plus fort que le lithium-ion ?**: A smartphone is shown.
- Elektor.LABS**: A digital display showing various numbers.

Chaque semaine, plus de 100.000 lecteurs trouvent **elektor.post** dans leur boîte de réception le vendredi matin, avec des informations passionnantes sur le monde de l'électronique. Vous ne recevez pas **elektor.post** ? Savez-vous ce que vous manquez ?

- toutes les deux semaines un projet électronique Elektor inédit et gratuit sous forme de PDF (d'une valeur de 2,50 €) est joint à cette lettre
- des offres de réduction spéciales dans l'e-choppe d'Elektor
- 5 € de remise sur votre prochain achat dans l'e-choppe d'Elektor

**Inscrivez-vous, c'est gratuit !**  
[www.elektor.fr/elektorpost](http://www.elektor.fr/elektorpost)

### Personnalisez vos montages Arduino



L'objectif de ce livre est de vous emmener à pas guidés vers la maîtrise d'Arduino. Les projets sont regroupés par thème, avec des bases théoriques. Vous apprendrez à exploiter des techniques essentielles (conversion analogique-numérique, modulation de largeur d'impulsion, pilotage de différents types d'afficheurs, interface I2C, interruptions).



Prix (membres) : 31,05 €

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

### Carte Atmel SAM D20 Xplained pro



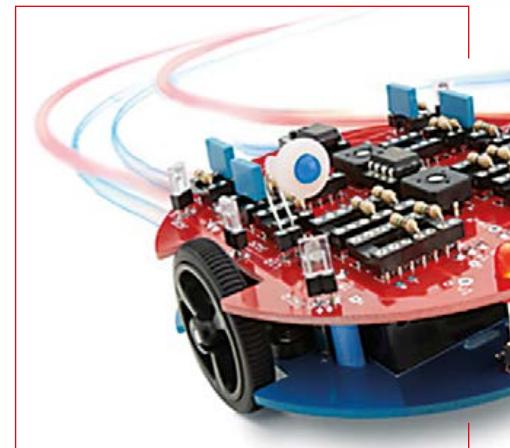
La carte Atmel SAM D20 Xplained Pro est conçue pour le prototypage avec les microcontrôleurs Cortex-SAM D20-M0+. Elle bénéficie d'un riche environnement d'outils pratiques et gratuits. Elle est utilisée notamment dans notre nouveau cours d'initiation aux µC à 32 bits dont le premier épisode a été publié dans le n° de janvier-février 2015, p. 112, et se poursuivra dans chaque numéro tout au long de l'année. Ce module est livré monté et testé. Lancez-vous !



Prix (membres) : 29,96 €

[www.elektor.fr/samd20-board](http://www.elektor.fr/samd20-board)

### Apprendre en s'amusant : Kit robot Tibo



Ce kit contient ce qu'il faut pour assembler un robot sur roues qui réagit aux jeux d'ombre et de lumière. Grâce au robot Tibo du spécialiste allemand Variobot, découvrez et faites découvrir le monde fascinant de l'électronique intelligente sans avoir à la programmer. Ce robot convient bien aux débutants, mais aussi aux autres ! Didactique et amusant (la notice est en **allemand**).



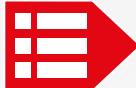
Prix (membres) : 80,96 €

[www.elektor.fr/variobot-robot-kit](http://www.elektor.fr/variobot-robot-kit)



« Vous avez aimé Ali Baba et les 40 voleurs, vous adorerez Arduino Baba et les 37 capteurs ! »

Une riche collection de capteurs variés et universel, utilisables directement avec les cartes Arduino (pas de soudage requis, compatibilité broche à broche directe). Avec cet ensemble bien conçu, vous mesurez tous que vous voulez à l'aide d'Arduino. Parmi les 37 composants, livrés dans une boîte plastique pratique, en plus des capteurs habituels vous trouverez notamment un module à LED clignotant automatique, plusieurs modules à LED bicolores ou tricolores, un détecteur de battement cardiaque, un détecteur de chocs, un interrupteur à clé, un capteur laser, un manche de commande X/Y et bien davantage.



Prix (membres) : 49,46 €

[www.elektor.fr/arduino-sensor-kit](http://www.elektor.fr/arduino-sensor-kit)



## L'électronique pour les débutants

La combinaison idéale pour commencer : livre et 3 kits

## Egg-bot DeLuxe

même une poule sous LSD ne pondra jamais des oeufs aussi bien décorés

## Arduino Baba et les 37 capteurs

37 capteurs variés, d'usage universel, compatibles avec l'univers Arduino

JUIN 2015

LE MOIS DE

L'ÉLECTRONIQUE FUN

OFFRES À SAISIR SUR **elektor.FR/FUN**

# bienvenue dans la section **PARTAGER**



Jaime González-Arintero [jaime.glez.arintero@eimworld.com](mailto:jaime.glez.arintero@eimworld.com)

## un Bob dans la tête

*Du numérique ? N'importe quel crétin peut compter jusqu'à un.*  
(Bob Widlar)

Steve Wozniak, le co-fondateur d'Apple, a affirmé récemment que lui et Steve Jobs n'auraient jamais pu obtenir un poste chez Apple aujourd'hui. Il est vrai que les tests d'embauche rigoureux mis en place par les entreprises d'ingénierie actuelles ne laissent guère de chance à ceux qui n'entrent pas dans le moule. Mieux vaut être bardé de diplômes et avoir un caractère lisse pour les réussir. Une fois admis dans le cercle des élus, le plus sûr pour garder son poste est de se conformer aux codes de l'entreprise, si possible avec une petite touche de médiocrité personnelle. Il est amusant à cet égard de constater que la plupart des génies de l'électronique, en particulier chez les concepteurs en analogique, étaient des excentriques. Parmi eux, Bob Widlar est mon préféré.

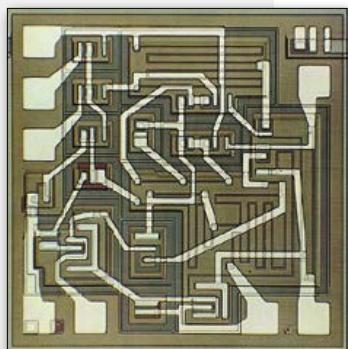
Fondée en 1957 par le groupe des « huit traîtres », Fairchild Semiconductor ne mit que quelques années à devenir une entreprise bien établie de la Silicon Valley. Ce n'est toutefois qu'avec l'arrivée en 1963 du magicien de l'analogique Bob Widlar que la firme décolla pleinement. Sans doute l'embauche de Bob Widlar ne fut-elle pas la plus sensée des décisions. On dit qu'il arriva à moitié soûl à son entretien d'embauche avec le directeur de la R&D, et que lors du suivant, il déclara au chef du personnel qu'il donnerait sa réponse « après six bières ». Widlar conçut pour Fairchild quelques amplis-ops emblématiques, comme le μA702 et le μA709, ainsi que le régulateur de tension μA723. Widlar quitta Fairchild après s'être vu refuser une augmentation. Au lieu de signer le formulaire d'entrevue de départ, il écrivit dessus : « Je veux être RICHE ». Il entraîna avec lui Dave Talbert, avec lequel il travailla pour Molex en 1966. Molex fut plus tard rachetée par National Semiconductor, où Widlar resta jusqu'en 1970. Durant ces quatre années il créa le LM100, le premier régulateur linéaire intégré, améliora une série d'amplificateurs opérationnels appelée LM101A, et créa

une référence de tension *bandgap* (à bande interdite) qui possédait une stabilité jamais atteinte auparavant. La légende s'est aussi construite autour du personnage lui-même : son fameux doigt levé sur les photos, la bombe de feu d'artifice qu'il utilisa pour faire sauter un interphone de bureau qui l'agaçait, les conseils qu'il donnait pour bien réduire en miettes les composants défectueux avec un marteau, ou encore les pelouses de National Semiconductor qu'il fit tondre par un mouton en réaction à des restrictions budgétaires qui affectaient aussi le jardinage. En 1980 il fonda avec ses collègues Robert Swanson et Bob Dobkin un autre fleuron de l'analogique, Linear Technology. Cette mince tranche de vie ne reflète qu'une partie du personnage, de sa vie et de son œuvre, Internet saura la compléter. Pour certains, les concepteurs en analogique sont des artistes. Chaque nouveau CI est une invention en soi, et inventer demande un talent inné qui va souvent de pair avec un caractère singulier. Bob Widlar en fut la preuve vivante. Et en plus d'avoir été un ingénieur de talent, il était une sacrée rock star. ■

(150220 – version française : Hervé Moreau)



© Bo Lojek, *History of Semiconductor Engineering*, 2006



Ampli-op de haut vol μA709 (1965),  
© Fairchild Camera & Instrument Corporation



© Fran Hoffart



Mon langage de programmation préféré est SOUDER – Bob Pease

# deux générateurs de signaux audio Philips GM2308 (1950, 1964)

## et battement d'ailes de papillons



Je prends plaisir à maintenir chez moi un labo équipé de vieux appareils de test et mesure Philips (pas : *Phillips*). Je dois avoir pris les mêmes habitudes que les électroniciens d'il y a 40-60 ans : en arrivant dans le labo, je mets sous tension tous les appareils afin qu'ils puissent chauffer un peu, le temps d'un café. Comme vous le verrez sur la couverture de mon livre [1] mes appareils sont presque tous à tubes ; quand j'entre dans mon labo, leurs odeurs et leurs lueurs typiques me rassurent. Mes instruments ne ronronnent pas contrairement aux insinuations de certains, aucun

bruit sourd ne se produit lorsque le chauffage se met en marche. Tout est bien isolé et protégé par des fusibles.

Cependant, j'ai été accueilli récemment par l'odeur nauséabonde d'un petit générateur audio type GM2315 dans lequel quelque chose avait cramé. Il ne me satisfaisait plus vraiment depuis quelques temps et se trouvait sur ma liste d'instruments à inspecter.

J'avais un générateur audio GM2308 dans le grenier qui pourrait pour remplacer le 2315. Malheureusement, le 2308 mesure et pèse quasiment le double du 2315 ;

Jan Buiting (elektor)

Avant que le numérique ne fasse tout et mieux (ou pas), il était difficile de fabriquer un générateur audio de laboratoire qui soit à la fois abordable, stable, léger et produise peu d'harmoniques. Au début des années 50, on pouvait cependant compter sur les scientifiques du *Physics Labs* de Philips pour inventer des solutions certes exotiques mais au charme technique indéniable.

l'installation s'est accompagnée de sons qui n'étaient ni sinusoïdaux ni convenables d'imprimer ici.

### Pourquoi et quand

Les GM2315 et GM2308 sont des générateurs de signaux audio sinusoïdaux pour laboratoires et atelier de réparation. Ils se distinguent largement par leur précision, leur gamme et leur prix. Tandis que le 2315 dépasse légèrement les 20.000 Hz, le 2308 est strictement limité à 16.000 Hz. Ce n'est pas surprenant puisqu'au début des années 50, l'équipement audio n'allait pas jusqu'à 22.000 Hz et que la HiFi était de la science-fiction. Lors de la conception du GM2308, autour de 1950, 16 kHz paraissaient suffisants en pratique.

Le GM2308 possède une sortie et un étage atténuateur bien plus précis et puissants que le 2315 : il fournissait jusqu'à 25 V en quatre gammes avec une bonne précision, alors que le niveau de sortie du 2315, tout comme ses réglages de fréquence, est, disons, aléatoire.

Le GM2308, originellement conçu autour de 1950, avec ses deux énormes boutons de réglage était un membre proéminent de la série GM de Philips d'appareils de laboratoire facilement reconnaissables à

### Caractéristiques du GM2308

- gamme de fréquences : 0 – 16.000 Hz
- jeu de tubes MiniWatt
- tension de sortie : 0-25 V
- sortie symétrique ou asymétrique
- atténuateur de sortie précis incorporé (max. 10<sup>4</sup>)
- calibrage de fréquence avec indicateur visuel
- atténuateur/amplificateur de sortie accessible en externe
- ondulation, bruit et distorsion faibles
- faible influence des fluctuations du secteur
- utilisable en milieu tropical
- seulement 15 kg
- consommation énergétique de seulement 50 W

leurs faces avant noires et austères, leurs gros boutons cannelés, leurs boîtiers en acier gris et leurs poignées de transport en cuir. L'instrument apparaît également sur certaines photos PTR (*Photo Thermo Refractive*) prises à l'intérieur du fameux laboratoire de physique d'Eindhoven, dans la section recherche acoustique.

## En bon état... ou pas

Voyant le GM2308 gris argenté en parfaite condition sur mon bureau alors que je le mettais progressivement sous tension avec un variac, un ami m'informe qu'il possédait « un truc du même genre ». Aussi un GM2308, mais une version bien plus ancienne à en juger par sa face avant noire. Extrait d'un garage et essuyé sommairement pour enlever le gros de la crasse, le vieux instrument avait apparemment subi des outrages : entailles et rayures, axes de commande tordus. Je l'ai mis sous tension doucement : aucun problème, excepté un œil magique presque mort.

## Fréquence de battement

Pour obtenir une stabilité et une précision meilleures qu'avec les oscillateurs RC et Wien de l'époque, Philips a utilisé le principe selon lequel deux fréquences

différentes mélangées produisent une fréquence de battement égale à la différence entre les deux. Si vous mélangez 99 kHz avec 100 kHz, vous obtenez 1,00 kHz. C'est exactement ce qui se passe le soir dans votre vieille radio AM lorsque la station étrangère à juste 1 kHz de « votre » fréquence entraîne un sifflement. Mais pourquoi construire *deux* oscillateurs HF, un mélangeur, un filtre passe-bas et plus quand il est possible de produire 1000 Hz directement avec des résistances, des condensateurs et un unique tube ? Si le mélangeur HF vaut le coup, c'est parce que les oscillateurs LC ont une distorsion intrinsèquement plus faible que leur équivalents RC. Seulement voilà : une inductance pour 100 Hz serait monstrueuse et, pour en changer la fréquence, ne serait-ce que de 10 %, il faudrait un condensateur d'accord improbable. C'est pour cela qu'ils ont utilisé deux oscillateurs LC à des fréquences plus élevées, un réglable entre 85 et 100 kHz, et un autre entre 100 et 101 kHz. Les deux étant réglés pour obtenir une *fréquence de battement*.

Mathématiquement, le mélange de deux fréquences  $f_1$  et  $f_2$  réalisé dans un composant actif comme un tube, produit les fréquences suivantes dans le courant d'anode :

$$\begin{aligned} &f_1, 2f_1, 3f_1 \dots \\ &f_2, 2f_2, 3f_2, \dots \\ &f_1 + f_2, f_1 - f_2, f_1 + 2f_2, f_1 - 2f_2, \dots \end{aligned}$$

Si l'on prend  $f_1 = 85-100$  kHz et  $f_2 = 100-101$  kHz, il est facile de supprimer les composantes haute fréquence indésirables  $2f_x, 3f_x \dots$  avec un simple filtre passe-bas :

la différence avec la gamme de fréquence audio désirée est énorme.

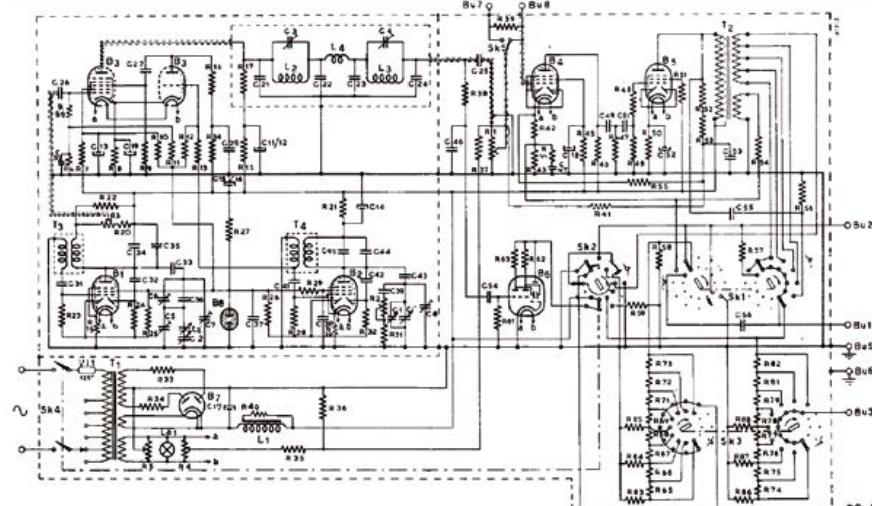
Pour peu que l'on puisse qualifier 100 kHz de haute fréquence, l'entreprise Philips possédait une expérience considérable de la conception HF grâce à ses radios à tubes et ses techniques pour la production de masse de bobines. Sans surprise, sur le GM2308 les célèbres condensateurs ajustables *beehive* de Philips sont disposés parfaitement pour la réparation, au-dessus des grosses bobines, et le circuit LC est méticuleusement protégé par un boîtier en métal (**fig. 1**).

## Un tube vous fait de l'œil

Sur le schéma sans surprises du GM2308 (**fig. 2**), les tubes B1 et B2 sont au cœur des oscillateurs 85-100 kHz et 100-101 kHz respectivement, et C2 et C1 les condensateurs d'accord associés aux gros boutons visibles sur la face avant. Nota : R2 permet un léger accord de l'oscillateur 100-101 kHz, juste quelques Hz. Le mélange se produit dans B3, suivi d'un filtre passe-bas. À la sortie se trouve B6 l'œil magique EM34 (indicateur à faisceau d'électrons), qui, directement couplé au filtre passe-bas, montre la différence de fréquence entre B1 et B2. Pour calibrer l'instrument avant chaque utilisation, les gros boutons seront mis en position de repos, puis R2 est manœuvrée délicatement jusqu'à ce que l'EM34 commence à clignoter, avant de finir par se stabiliser ou bouger très lentement, un peu comme une respiration (**fig. 3**). Il est ainsi possible de faire correspondre  $f_1$  et  $f_2$  au hertz près ! Le calibrage du zéro dérivera avec le temps et sera à renouveler toutes les 30 mn d'après Philips. Ce n'est pas mal du tout et même si l'EM34 vous montre une forme de papillon, l'erreur n'est que de l'ordre d'un hertz.

BU7 et BU8 permettent à des signaux externes d'utiliser l'amplificateur final articulé autour de B4-B5. En temps normal, c'est le signal audio issu du filtre passe-bas qui attaque B4. L'amplificateur à deux tubes est un trouble-fête : sa distorsion excède probablement celle du signal hétérodyne méticuleusement synthétisé (**tableau 1**). Par défaut, la puissance maximale en sortie de l'atténuateur est de 625 mW, vous imaginez l'effet dramatique sur la distorsion si 1 W est sélectionnée. L'atténuateur de sortie considérable avec son commutateur à deux étages Sk3 couvre une gamme de 40 dB (10.000).

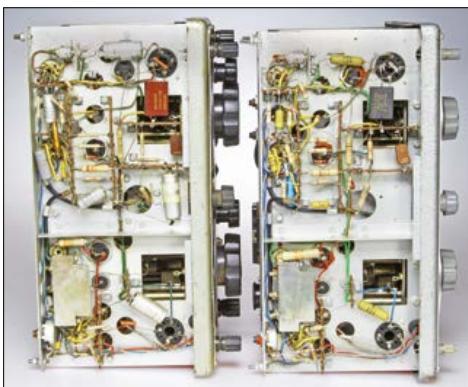
1



2



3



4

Sk2 permet de choisir une sortie symétrique ou asymétrique.

Les six positions de Sk1 permettent de choisir une impédance de sortie de  $5\ \Omega$ ,  $250\ \Omega$ ,  $600\ \Omega$  et  $1.000\ \Omega$ , toutes soigneusement adaptées par le transformateur T2. En position I-90V-ASYM. la tension de l'enroulement primaire est directement reliée à la sortie, cela correspond à 90 V dans  $100\ \text{k}\Omega$  mini.

Les tubes *œil magique* EM34 ont mauvaise réputation (disponibilité et durée de vie) ; c'est sans doute ce qui a poussé les concepteurs à faire en sorte que B6 ne reçoive sa tension de plaque que lorsque Sk2 est en position FREQ. (calibrage du zéro). Saviez-vous qu'il existe des équivalents à LED pour les EM34, EM4, EM1, EM35 ? [2]

## Une équipe qui gagne

Sur la photo (fig. 4) des deux boîtiers GM2308 côte à côté, notez le peu de changement apporté au GM2308 en l'espace d'environ dix ans : à gauche le vieux GM2308, à droite le récent. Il possède des condensateurs fiables, dits « moutarde », aux endroits critiques (production autour de 1964) ; le GM2308, de sa conception à son remplacement par des transistors, a tenu probablement quinze ans. À comparer à la durée de vie d'un iPhone proche de zéro. L'anneau sur les condensateurs utilisés dans le vieux GM2308 (à gauche)

Tableau 1. Distortion

| fréquence       | distortion max. à $P_{\text{out}}$ |        |     | note                     |
|-----------------|------------------------------------|--------|-----|--------------------------|
|                 | 400 mW                             | 625 mW | 1 W |                          |
| 30 – 200 Hz     | 2%                                 | 3%     | 4%  | distortion et ondulation |
| 200 – 16 000 Hz | 0,75%                              | 1%     | 2%  | distortion               |

servait à indiquer le pôle terre/masse du composant, ou l'extérieur du diélectrique. Comme les résistances du GM2308 de droite sont plus grosses, elles peuvent probablement dissiper plus de puissance pour s'affranchir des changement de valeurs dus à l'absorption d'humidité, des craquellements en surface ou de la chaleur. Il y a d'autres petites différences entre les deux GM2308. Le plus récent comporte un tube Pope et un tube Tungsram alors que le plus ancien ne comporte que des Philips MiniWatt originaux.

La prise jack isolée du plus vieux générateur se trouve à l'arrière afin de permettre au tube final, un EL84, d'être utilisé comme amplificateur en le commandant avec une source externe. Lorsqu'un jack audio 6,35 mm est inséré, le contact entre la sortie du générateur et la grille d'entrée de B4 est coupé. Cette possibilité a apparemment été abandonnée au début des années 60. Peu surprenant lorsque l'on sait que le GM2308 ne permet pas le balayage ou saut de fréquence. Le vieux générateur est, euh, vieux mais ne provient pas du premier lot produit, où un tube double diode-pentode EBL21 était apparemment utilisé dans l'étage de sortie. Les appareils en version /01 utilisaient un EL84.

## Utilisation

Elle demande un peu de pratique. Le calibrage du zéro avec l'œil magique du EM34 est amusant et intuitif, mais on ne peut pas en dire autant du réglage de la fréquence ou du niveau de sortie. Pour

connaître la fréquence de sortie, il faut ajouter les fréquences lues sur les échelles des boutons, par exemple 14.400 + 750 égal, euh. En pratique, on règle les kHz sur le bouton de gauche et on fignole avec celui de droite pour les derniers 1.000 Hz. Pour le niveau de sortie audio, il suffira de jongler avec des notations en exposant du type  $3 \times 10^{-x}$  sur le commutateur de sortie. En pratique, j'imagine que l'on écoute l'appareil audio en test et que l'on n'utilise l'atténuateur que pour obtenir des résultats censés et éviter de tout faire péter, même si les tubes sont tolérants.

Dans mon labo, j'ai pu vérifier que le plus récent des GM2308 était conforme (à l'aise) à ses spécifications pour ce qui est de la distorsion, tandis qu'il m'a fallu faire un réglage mineur sur un potentiomètre pour calibrer la gamme de fréquence. Ces résultats sont probablement dus aux condensateurs *moutarde*, le vieux GM2308 est un peu à l'ouest pour certaines choses ; pas de fumée mais les condensateurs auraient bien besoin d'être remplacés.

Attaqués par les signaux sinusoïdaux issus de mon GM2308 tous mes amplis, à tubes ou à transistors, laissent entendre une belle réponse en fréquence. Et au-delà de 16 kHz ? Rien à voir, circulez. Je suis un peu plus vieux que le plus récent des GM2308, mais j'entends encore à 16.000 Hz. Pas au-delà. ▶

(140368 – version française : Kévin Petit)

## ESTP 2004

[www.elektor.tv](http://www.elektor.tv)



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

## Références et liens

- [1] Retronics, 80 Tales of Electronic Bygones, Elektor International Media, ISBN 978-1-907920-18-9
- [2] [www.pcvana-z.nl/ledogen.html](http://www.pcvana-z.nl/ledogen.html)

# la peinture à l'ohm c'est rigolohm

Bare Conductive est une jeune entreprise qui « conçoit et fabrique des technologies reliant n'importe quelle surface, objet ou espace au monde numérique ». Bare Conductive a allié conception, technologie et innovation pour développer une peinture conductrice appelée *Electric Paint* qui permet de « dessiner des circuits, souder à froid des composants, ou transformer n'importe quelle surface en capteur ».

Nous avons voulu vérifier ces affirmations et donc commandé quelques tubes, tout excités à l'idée de pouvoir dessiner des circuits sur des tasses, des tables et autres portes vitrées à l'aide de LED et de capteurs. Ce n'est pas vraiment nécessaire, mais nous avons mis la peinture dans une seringue pour

d'un carré, la résistance totale ne change pas tant que largeur et longueur augmentent dans les mêmes proportions. Revenons à nos mesures. Il n'y avait que deux LED reliées en série, soit à leurs bornes une chute de tension d'environ 5 V. Par conséquent les 7 V restants étaient perdus en une certaine quantité de chaleur, dissipée par environ 7 cm de peinture. Avec 20 mA cela donne seulement 140 mW, donc rien ne chauffe, pas de souci à se faire de ce côté-là. Et avec 7 V et 20 mA, la résistance vaut  $350 \Omega$ , soit  $50 \Omega/\text{cm}$ . La fiche recommande pour la tension maximale applicable à la peinture une valeur de 12 V, ce qui pour notre test a limité le nombre de LED à 2.



photo 1

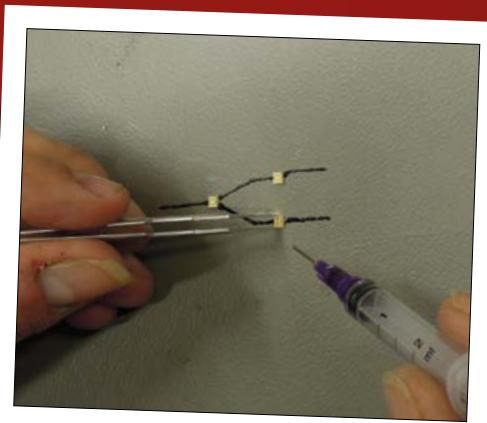


photo 2

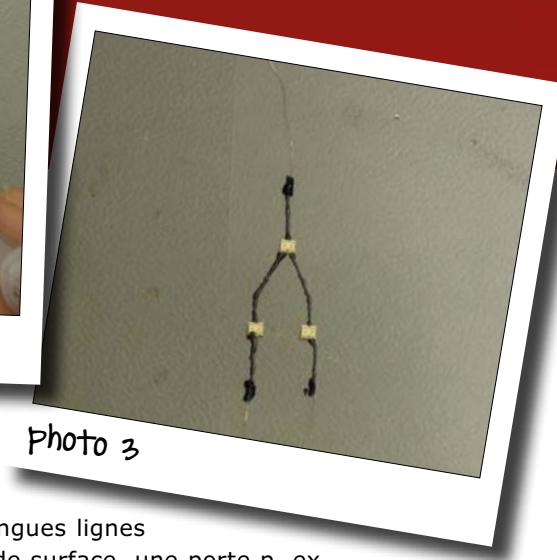


photo 3

mieux en contrôler la quantité appliquée [photo 1]. Nous avons dessiné sur un transparent [photo 2] un circuit composé de trois LED bicolores, puis utilisé la peinture pour y connecter de fins fils d'alimentation [photo 3], une opération qui s'est révélée particulièrement délicate. Nous avons attendu que la peinture sèche (humide elle n'est pas conductrice) avant de relier le circuit à une alim de labo dont nous avons réglé la limitation de courant sur 20 mA. Il aura fallu monter la tension jusqu'à un stupéfiant 12 V pour voir les LED s'allumer [photo 4].

O-k, nous n'étions pas vraiment dans la catégorie des supraconducteurs, mais la peinture était donc bien conductrice. La fiche technique précise : *Surface Resistivity 55  $\Omega/\text{Sq}$  @ 50 microns*. Cette unité un peu déroutante signifie qu'une couche de peinture appliquée sur un carré possède une résistance de  $55 \Omega$  lorsque la couche a une épaisseur de 50 microns. Peu importe les dimensions de la surface pourvu qu'il s'agisse

Peindre de longues lignes sur une grande surface, une porte p. ex., et vouloir y poser une centaine de LED, n'est donc pas une bonne idée.

Comme autre mesure élémentaire nous avons tracé une ligne droite de peinture et mesuré sa résistance : nous avons trouvé environ  $80 \Omega$  par cm de peinture, soit une valeur 60 % supérieure à celle de notre premier test. Il semble donc illusoire de compter sur des valeurs de résistance cohérentes. Cette valeur est aussi à comparer avec celle d'un fil de cuivre de 0,5 mm de diamètre (AWG 24) : environ  $80 \text{ m}\Omega/\text{m}$ . La différence est énorme !

Nous avons aussi comparé la peinture avec une colle conductrice récemment achetée sur eBay. La colle adhérait mieux et présentait une conductivité cinq fois plus grande. L'ingrédient conducteur de la colle consiste vraisemblablement en

Thijs Beckers (Elektor Labs)

Intrigués par le récent battage autour d'un concept qui n'a pourtant rien de révolutionnaire en soi, une peinture conductrice, nous avons décidé de tester la chose.



composés métalliques à en juger par sa couleur, tandis que celui de la peinture *Electric Paint* est sans doute du carbone d'après son aspect.

La peinture suit bien les courbes douces, mais pas les angles serrés : elle se rompt et c'en est fini de la continuité, même si cela dépend bien sûr du substrat utilisé et de l'épaisseur appliquée. Une couche fine donne les meilleurs résultats, mais, comme vous le voyez sur la **photo 5**, un substrat fin ne convient pas. Il est fortement recommandé d'utiliser des supports non extensibles.

Finalement, notre verdict : *Electric Paint* nous paraît utilisable tant que la résistance n'a pas un rôle important, p. ex. dans un montage avec des capteurs capacitifs, ou sur des distances très courtes où l'effet cumulatif de la résistance ne jouera pas. La peinture est lavable à l'eau et au savon, donc il vaut veiller à ce qu'elle reste sèche. N'espérez cependant pas remplacer votre fer à souder par un pinceau, sa résistance est beaucoup trop élevée par rapport à celle du cuivre. ▶

(150230 – version française : Hervé Moreau)

#### L'auteur

Thijs Beckers est entré chez Elektor en 2005 comme jeune rédacteur néerlandais après avoir obtenu sa licence d'électronique. Il a migré un temps vers la rédaction anglaise tout en travaillant à temps partiel au labo d'Elektor, qu'il a finalement rejoint en 2014 pour y travailler à temps plein. Thijs est aujourd'hui responsable de la production des kits et des modules d'Elektor. Ses centres d'intérêt sont la conception de circuits électroniques (en particulier audio) et de haut-parleurs, la réparation d'appareils électroniques et la batterie électronique, un domaine qui lui permet de chevaucher le meilleur de ses trois autres dadas.



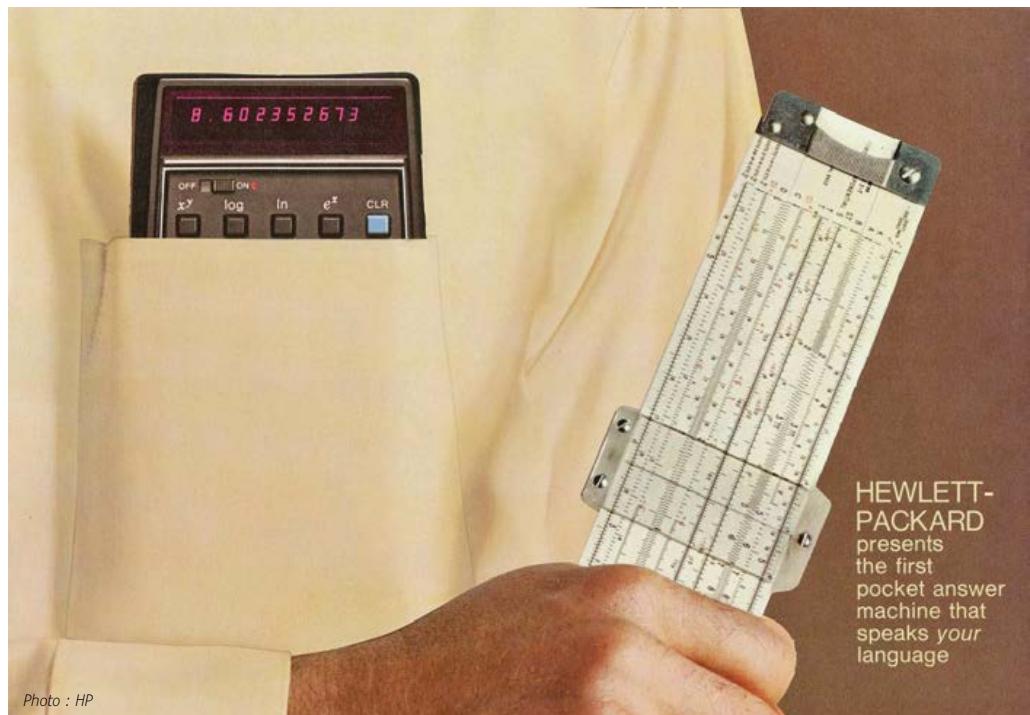
# apparition de la calculatrice

## ... et fin de la règle à calcul

**Harry Baggen** (Elektor)

Même s'il ne s'agit pas ici de la rubrique Rétronique, cet article de la rubrique SUR LA TOILE s'intéresse à l'histoire de l'électronique.

Comme la plupart des électroniciens ont grandi calculatrice (scientifique) à la main, faisons un tour sur quelques sites traitant de l'historique de cet appareil révolutionnaire.



Aujourd'hui, pour le moindre calcul, vous sortez votre téléphone intelligent (*smartphone*). Lorsque la calculatrice standard ne suffit pas, vous téléchargez une appli qui transforme ce même écran en calculatrice scientifique complète !

Par le passé, nos lecteurs d'un certain âge s'en souviennent encore fort bien, les choses étaient moins simples. Il y a une cinquantaine d'années, on utilisait une règle à calcul, une sorte de réglette coulissante ingénieuse, avec nombre d'échelles, qui permettait, avec un minimum d'habileté, d'effectuer un calcul avec une précision relative.

Ce n'est qu'au début des années 70 qu'apparurent sur le marché les premières calculatrices électroniques utilisables et à un prix abordable ; dès lors ces instruments ne cessèrent de se déve-

lopper à un rythme soutenu : versions programmables, modèles avec fonctions scientifiques, voire avec affichage graphique.

### Historique à vol d'oiseau

Bien que l'histoire de la calculatrice remonte à plus loin, nous nous limitons ici aux calculatrices scientifiques compactes. Le fabricant le plus connu dans ce domaine est indubitablement Hewlett-Packard (HP). HP introduisit en 1968 une calculatrice scientifique *abordable* (< 5 000 \$), non portable cependant. Cette machine utilisait le système NPI (Notation Polonaise Inverse, RPN en anglais), une méthode de saisie spéciale qui permet d'entrer des opérations arithmétiques composites sans utiliser de parenthèses (sacrilège pour les uns, bénédiction pour



Photo : International Slide Rule Museum



Photo : Wikipedia



Photo : International Slide Rule Museum

les autres). En 1972, la première « portable » (*handheld*), la HP-35, constitua le début d'une longue série, qui possédera de plus en plus de fonctions et une électronique de plus en plus intégrée.

Autre grand concurrent dans l'arène des calculatrices, Texas Instruments (TI). Chez eux, Jack Kilby, considéré comme l'inventeur du circuit intégré, se lança, au début des années 60, dans le développement de circuits intégrés pour une calculatrice de poche. En 1967, on vit apparaître le premier prototype d'une calculatrice portable à piles ne disposant cependant que des fonctions de base. TI poursuivit le développement et présenta en 1971 la « calculatrice mono-puce », sur laquelle un unique circuit intégré (CI) se chargeait de tous les calculs, de la gestion des touches et de la commande de l'affichage. Le prix d'achat du CI en grand nombre était de l'ordre de 100 \$/pièce, une somme élevée, mais bien plus faible que ce que coûtaient à l'époque les solutions discrètes. En 1974, TI lança sa première calculatrice programmable, la SR-50, en réponse à la très appréciée HP-35.

Au cours des années qui suivirent, de plus en plus de sociétés, japonaises pour la plupart, se spécialisèrent dans les calculatrices. Casio, Sharp, Canon et Citizen se firent un nom. Dans les années 80 et 90, il existait une riche palette de calculatrices pour toutes sortes de disciplines et proposées à des prix très variables. La roue du temps a fait son œuvre. Il n'en reste pas grand-chose. Aujourd'hui, on peut acheter une calculatrice scientifique aux capacités étendues pour quelques dizaines d'euros. Les deux grands survivants sont TI et Casio, les autres ont presque disparu.

## Catalogues

En matière de popularité, les calculatrices HP survolent le reste. Sur Internet, des dizaines de sites leur sont consacrés. On y découvre l'historique, les modèles, les caractéristiques, les logiciels, voire des émulateurs. Nous avons choisi un site Web à titre d'exemple, le *Museum of HP Calculators* [1]. Il vous raconte presque tout ce que vous pourriez vouloir savoir sur les calculatrices HP, même les numéros de série et les noms de code internes utilisés.

Les amateurs de TI pourront faire un tour au *Datamath Calculator Museum* [2]. Ici aussi, vous trouverez presque tout sur l'histoire, les modèles mis en vente, les manuels, etc. Le site est à jour et la liste des produits réactualisée jusqu'aux modèles actuels.

Le *Museum of Pocket Calculating Devices* [3] est un lieu de rassemblement de toutes sortes de calculatrices étonnantes, des parlantes aux astronomiques en passant par les stylos, les *spéciales dames* et autres montres-calculatrices. On y trouve aussi une section qui décrit des ordinateurs de poche, avec nombre d'appareils intéressants, de Sharp et Casio entre autres. RSkey.org [4] est un site consacré exclusivement aux calculatrices programmables. On y trouve des catalogues consacrés aux cinq fabricants les plus connus : Casio, Citizen (moins connu chez nous), HP, Sharp et TI. Les catalogues sont assez complets et presque chaque calculateur possède sa propre page avec une description détaillée. Pour les modèles programmables, on y propose même des listages d'exemples de programmation.

Comme on peut s'y attendre, l'*International Slide Rule Museum* [5] traite de tout ce qui a trait à la règle à calcul,

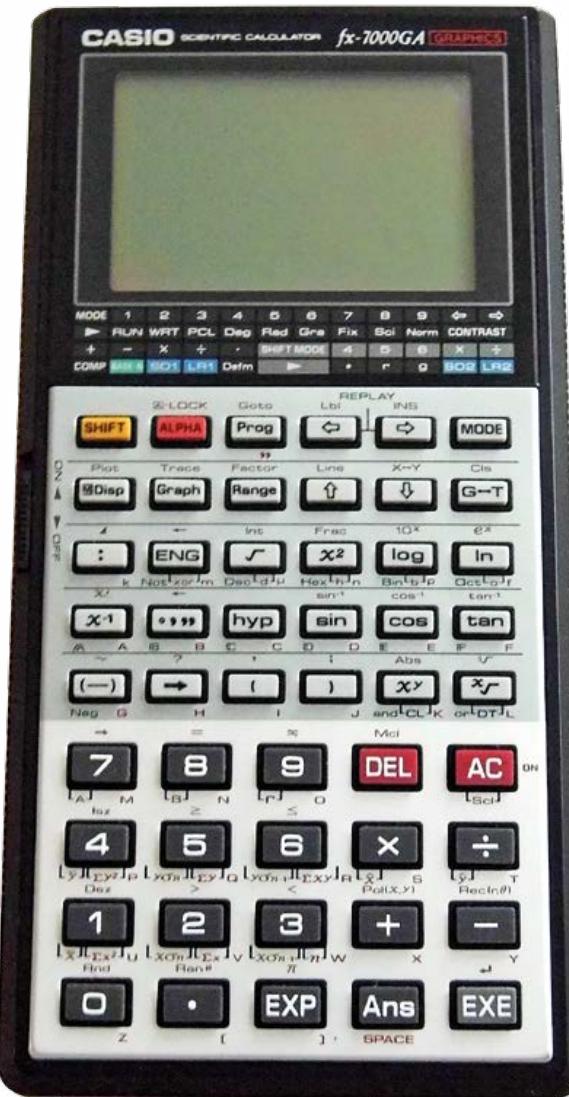


Photo : Joe Haupt, Wikimedia

mais il propose aussi une chronologie des calculatrices (modèles scientifiques y compris) très intéressante. Ajoutez à cela la disponibilité, sous forme électronique, du manuel de la plupart d'entre elles.

Après lecture de toutes ces informations, vous ne manquerez pas de vous dire : « J'ai sans doute encore une calculatrice de ce genre quelque part ! » Essayez de la trouver, dépoussiérez-la, rechargez-la ou dotez-la de piles neuves et remettez-vous à jouer avec. Vous serez sans doute surpris à nouveau de voir quelles étaient les incroyables possibilités de cette *antique* petite machine ! ►

(150216 - version française : Guy Raedersdorf)

## Liens

- ```
[1] www.hpmuseum.org  
[2] www.datamath.org  
[3] www.calculators.de  
[4] www.rskey.org  
[5] http://sliderulemuseum.com/Calculators.htm
```



# .LABorama

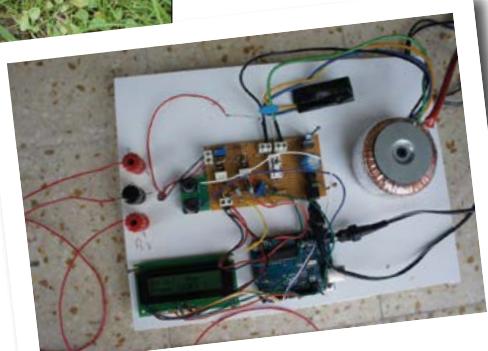
## florilège de projets elektor.labs

Horloge décimale, pile à fil, boîte à musique sans mécanisme, jeu de kart, telluromètre... recenser les projets créatifs du .Labs revient presque à dresser un inventaire à la Prévert !



### Tellurohmmètre maison

Les telluromètres sont coûteux et surtout utilisés par les électriciens professionnels. Cet instrument exploite une carte Arduino Uno pour lire puis afficher les mesures sur un LCD 16x2. Il est utile, amusant, et permet d'en apprendre beaucoup sur les techniques assez peu connues de mesure de la résistance de terre.



<http://po.st/earthtester>



<http://po.st/bikecomputer>

### Diagnostiqueur de compteur sans fil

Vous pédalez sur une route de campagne déserte, le vent est doux, les oiseaux gazouillent et le compteur de votre vélo indique que vous avez déjà brûlé plus de 190 calories. La vie est belle. Mais soudain le compteur devient noir. Changer les piles ne résout rien. Et impossible d'ouvrir le boîtier, la plupart des compteurs de vélo sont étanches à l'eau et ne sont pas faits pour être ouverts. Pour vous aider à localiser la panne, voici heureusement ce petit circuit de test qui travaille sur la plage de fréquence 105 à 128 kHz.

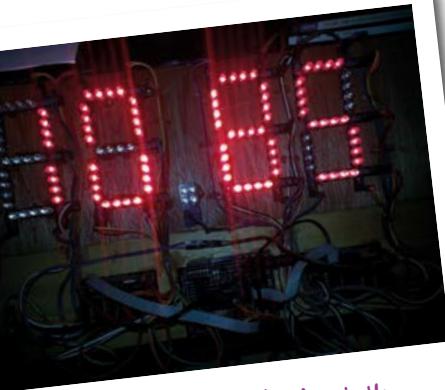
### Et si on jouait dans la cour des grands ?

Ce projet cherche à convertir un kart à moteur en kart équipé d'un moteur à CC sans balais de 48 V et 10 kW. N'hésitez pas à poster vos idées, astuces ou problèmes si vous trouvez l'idée

sympa. Bref rejoignez-vous à ce jeu de kart qui vient de débuter, peut-être ferons-nous aussi bien que Tesla (bon, o-k, plus ou moins !)



<http://po.st/ekart>



<http://po.st/decimalclk>

un peu plus celui de ses collègues), l'auteur a décidé de construire une horloge décimale pour cette salle (censée être) de repos. Convertir un nombre d'une base vers une autre est pure rigolade pour nous, donc lire cette horloge ne devrait pas nous être trop difficile, n'est-ce pas ?

## Quand Arduino fait bonne impression

Ce contrôleur à Arduino Micro veille à ce que la température de la tête d'impression et du plateau de votre imprimante 3D soit parfaite. L'écran à OLED affiche la température actuelle de la tête, la température cible, les écarts, et même les paramètres PID du contrôleur.



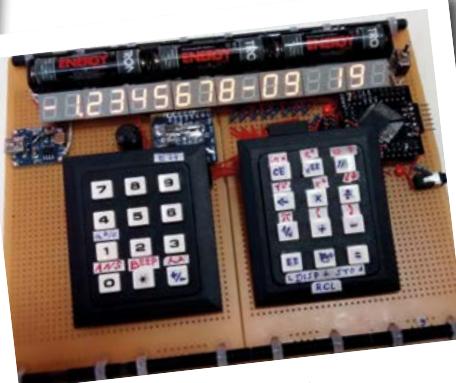
<http://po.st/3dtempctrl>

## Le charme discret de la calculette

Jens Grabner gardait un souvenir ému de sa première calculatrice, des chaude lueurs de son afficheur à sept segments, du cliquetis de ses touches et de l'attrait trouble qu'exerçaient sur lui ses fonctions scientifiques. Inutile de dire que comparée

à ses premières amours la calculatrice de son smartphone lui sembla aussi glamour que le clavier d'une cabine téléphonique.

Jens a donc entamé la construction d'une calculette rétro à seize chiffres. Il s'est servi d'un ATmega1284P et a tout câblé lui-même. Il nous a montré son prototype lors du salon Embedded World. Plutôt charmant, non ?



<http://po.st/retrocalc>



<http://po.st/USB2AAA>

## Un projet qui tombe pile

Nous sommes en 2015, au diable les changements de pile ! Cette mini-carte convertit en 1,5 V les 5 V d'un adaptateur USB et tient parfaitement dans un compartiment à pile AAA. Ce projet est pour vous si vous avez des appareils qui nécessitent ce type de pile et rêvez de ne plus avoir à les remplacer ou à les recharger. Jetez un œil au schéma, on ne peut pas faire plus simple !

## C'est dans la boîte

La vraie beauté est d'abord intérieure, nous dit-on. Il en va à n'en pas douter de ce petit circuit à base de PIC qui remplace le système mécanique d'une boîte à musique ancienne et permet à l'utilisateur d'ajouter ses propres morceaux. Oui, c'est une première, les boîtes à musique ont désormais des listes de lecture !



<http://po.st/musicbox>

(150221 –  
version française :  
Hervé Moreau)

Compilées par **Beatriz Sousa**



## Elektor présente : Fun Electronics

L'e-choppe propose une nouvelle catégorie de produits appelée *Fun Electronics*. Elle regroupe tout ce qui déclenche chez l'électronicien un sentiment d'émerveillement ou réveille l'enfant qui sommeille en lui : arbre de Noël à LED, robot, drone, ou encore imprimante à décorer des œufs. Pour bien séparer le sérieux du ludique, et aussi pour vous permettre de vous y retrouver facilement, nous avons créé une page spéciale : [elektor.fr/fun](http://elektor.fr/fun). Les projets que vous y découvrirez sont aussi un moyen amusant d'éveiller les enfants à l'électronique. N'hésitez pas à me contacter s'il y a un article attrayant que vous aimeriez trouver dans nos e-choppes : [beatriz.sousa@eimworld.com](mailto:beatriz.sousa@eimworld.com).



## Elektor Select

Nous vous proposons désormais sous la forme d'un livre électronique une compilation des meilleurs articles parus dans Elektor sur un sujet donné. Le premier est sur Arduino. Des idées ou envies pour la prochaine e-compilation ? Faites m'en part à l'adresse [beatriz.sousa@eimworld.com](mailto:beatriz.sousa@eimworld.com)

## READ ONLY MEMORY

Le magazine Elektor et son éditeur sont fiers de leur histoire. Cette rubrique montre pourquoi.

### Dessins elektoresques

Entre 1975 et 1990, les pages d'Elektor étaient parfois ornées des dessins burlesques de Jaap Kuiper, graphiste de notre ancien département Maquette. Bien que non-technicien, Jaap savait exprimer le cœur d'un circuit sans recourir à un seul mot. Beaucoup de ses dessins originaux ont heureusement survécu aux vicissitudes de la vie d'un magazine. La réponse aux dessins de Jaap possédait en général un gain unitaire (0 dB), autrement dit les lecteurs emballés étaient à peu près aussi nombreux que ceux qui envoyait des lettres furieuses en menaçant de ne pas renouveler leur abonnement si le magazine persistait à publier autre chose que des schémas sérieux.



**INDISCRÉTIONS** ... Diplômée en électronique avec mention honorifique, **Liwei Ma** a rejoint en mai le du Laboratoire Elektor dans le lancement des projets et produits chinois ... **Marc Friedheim**, auteur étudie avec l'éditrice **Jacqueline Pijcke** la possibilité d'étendre le contenu de son livre pour créer des l'entreprise partenaire ARCOSS, teste avec **Jan Visser** une « boîte labo Elektor » dont les produits et le

# Plus de labos Elektor

Les recherches montrent qu'en 2018 plus de la moitié des innovations en électronique proviendront de « labos perso ». Prévision ainsi commentée par un de nos clients : « Une bonne nouvelle pour vous les gars, non ? Car Elektor est distribué dans les maisons et les entreprises à... combien d'électroniciens déjà ? »

Ce nombre dépend de la façon dont on considère la communauté Elektor. 200 000 membres dans 83 pays sont abonnés à notre lettre d'information numérique Elektor.POST. Ils reçoivent chaque vendredi matin des nouvelles du monde de l'électronique avec un édito, des faits historiques, de l'info technologique condensée, des liens vers des vidéos, des projets .LABS résumés, des concours... Plus de 55 000 membres GOLD et GREEN achètent nos livres, cartes, modules et micro-contrôleurs, utilisent nos DVD et bien sûr lisent et partagent



# 10 000 sur le marché

nos magazines et hors-séries. Sans oublier les quelque 12 000 concepteurs de tout poil inscrits sur Elektor.LABS. Et notre communauté s'agrandit chaque jour.

Cet essor des entreprises à domicile a incité notre éditeur allemand Rolf Hahle à lancer en 2014 un hors-série appelé *Business Special*. Le succès a été tel que les co-éditeurs anglais et néerlandais ont suivi le mouvement.

Nous poursuivons cet élan avec la publication cet été du premier magazine au monde consacré aux entreprises à domicile : *Elektor Business*. Il sera publié en version papier et numérique, en allemand, néerlandais et anglais. Les membres GOLD et LABS recevront la version papier à leur adresse postale, la version numérique à leur adresse électronique. Le magazine sera aussi proposé en téléchargement. Un nouveau service est né pour un nouveau secteur de l'innovation et des affaires.



## PROFIL D'EXPERT

Elektor est au cœur d'un réseau de plus de 1.000 experts et d'auteurs engagés dans la publication de livres, d'articles, de DVD, de webinaires et autres événements. Coup de projecteur !



Nom : **Bert van Dam**

Publications : **plus de 14 livres publiés par Elektor, un cours pour les professionnels, du matériel, et de nombreux articles en plusieurs langues.**

### *Pourquoi et comment êtes-vous devenu auteur ?*

Ado, j'avais accès (de façon illicite) à un ordinateur central avec lequel j'ai appris seul à programmer en Algol 60. Je notais tout ce que je faisais, de là sans doute ma vocation. Quand est venu Internet, j'ai publié sur mon site des projets de robotique, intelligence artificielle et microcontrôleurs. Et un jour Elektor m'a contacté pour l'écriture d'un livre.

### *Quel est le livre dont vous êtes le plus fier ?*

*Intelligence artificielle*, un livre à mon avis unique par son contenu (ISBN 978-2-86661-179-8). Il traduit les mécanismes compliqués de l'intelligence artificielle en programmes simples, faciles à comprendre, et qui pourtant permettent de faire des choses étonnantes. Par exemple un petit robot qui apprend tout seul à ne pas heurter des objets. Le code ne fait que quelques lignes, mais son fonctionnement est fascinant.

### *Lego ou RPi pour attirer les profanes vers l'électronique ?*

Raspberry Pi est pour ceux qui aiment programmer et expérimenter avec des ordinateurs, et jusqu'à un certain point avec l'électronique. Il est si peu cher que le casser importe peu. Lego est pour ceux qui veulent construire des systèmes mécaniques et automatiser leur fonctionnement. Il est très robuste, fiable, et les modifications sont faciles si rien ne marche. Les deux répondent à des besoins différents et stimulent l'envie de se frotter à la technologie de façon différente.

### *Parlez-nous de votre prochain livre...*

Il portera sur l'Internet des Objets et contiendra 35 projets sans fil avec le Pi et Arduino, autrement dit pas de câbles dans la maison ! On parle de domotique depuis des décennies, et la technologie est enfin prête et assez bon marché pour transformer le rêve en réalité. Je montre comment monter un système très modulable qui peut être commandé depuis une tablette, un PC ou un téléphone, et il y a des projets comme la détection de fenêtres ouvertes, un capteur intelligent qui détecte si un enfant lit sous sa couette au lieu de dormir, une sonnette qui peut être déconnectée, et plein d'autres. ▶

(150222 – version française : Hervé Moreau)

château d'Elektor pour aider **Raoul Morreau** à lancer l'édition chinoise d'Elektor et pour assister **Luc Lemmens** d'Arduino in control, travaille à la seconde édition revue et augmentée de son livre, épuisé en six mois ... **Marc** manuels à destination des enseignants européens comme l'expert d'Elektor **Bart Huyskens** ... **Ben Verwaest**, de contenu permettraient à nos membres de lancer ou diversifier leur laboratoire personnel.

# hexadoku

## prête moi ta gomme pour l'amour du jeu !

Puisque vous êtes adepte du casse-tête proposé ici chaque mois, il y a de fortes chances pour que vous connaissiez des amateurs de ce genre de jeux qui eux-mêmes pratiquent peut-être le *sudoku*. Et si vous leur faisiez découvrir nos grilles hexadécimales ? Il leur suffira de suivre les règles (pas bien compliquées), et de nous envoyer leur solution. Une ou plusieurs de ces personnes gagneront peut-être l'un des bons d'achat mis en jeu. Et elles deviendront peut-être des lecteurs assidus d'Elektor.

N'oubliez pas de leur prêter votre gomme...

Une grille hexadoku est composée de chiffres du système hexadécimal, de 0 à F. Remplissez le diagramme de 16 x 16 cases de telle façon que **tous** les chiffres hexadécimaux de 0 à F (0 à 9 et A à F) n'apparaissent **qu'une seule et unique fois** dans chaque rangée, colonne et carré de 4 x 4 cases

(délimités par un filet gras). Certains chiffres, déjà placés dans la grille, en définissent la situation de départ.

Pour participer, inutile de nous envoyer toute la grille, il suffit de nous donner **la série de chiffres** sur fond grisé.



**Participez et gagnez !** Nous tirerons au sort **cinq bonnes réponses** internationales reçues dans les délais ; leurs auteurs recevront chacun un chèque-cadeau d'une valeur de **50 €** à valoir dans l'e-choppe d'Elektor.

À vos crayons !

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avant le **1<sup>er</sup> juillet 2015** avec vos coordonnées par courrier électronique exclusivement à **hexadoku@elektor.fr**

### Les gagnants

La solution de la grille du numéro d'avril est **DFBA9**

Les gagnants sont : **Gerhard Dum** (Autriche)      **Henk Borst** (Pays-Bas)  
**Martin Lorang** (France)      **Dirk Dreesen** (Belgique)      **Matthijs Adriaansz** (Pays-Bas)

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

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

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

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

# elektor PCB Service

le fruit de la coopération d'elektor et d'eurocircuits



**confiez-nous  
la production de vos circuits imprimés,  
vous avez tout à y gagner !**

➔ **le prix !**

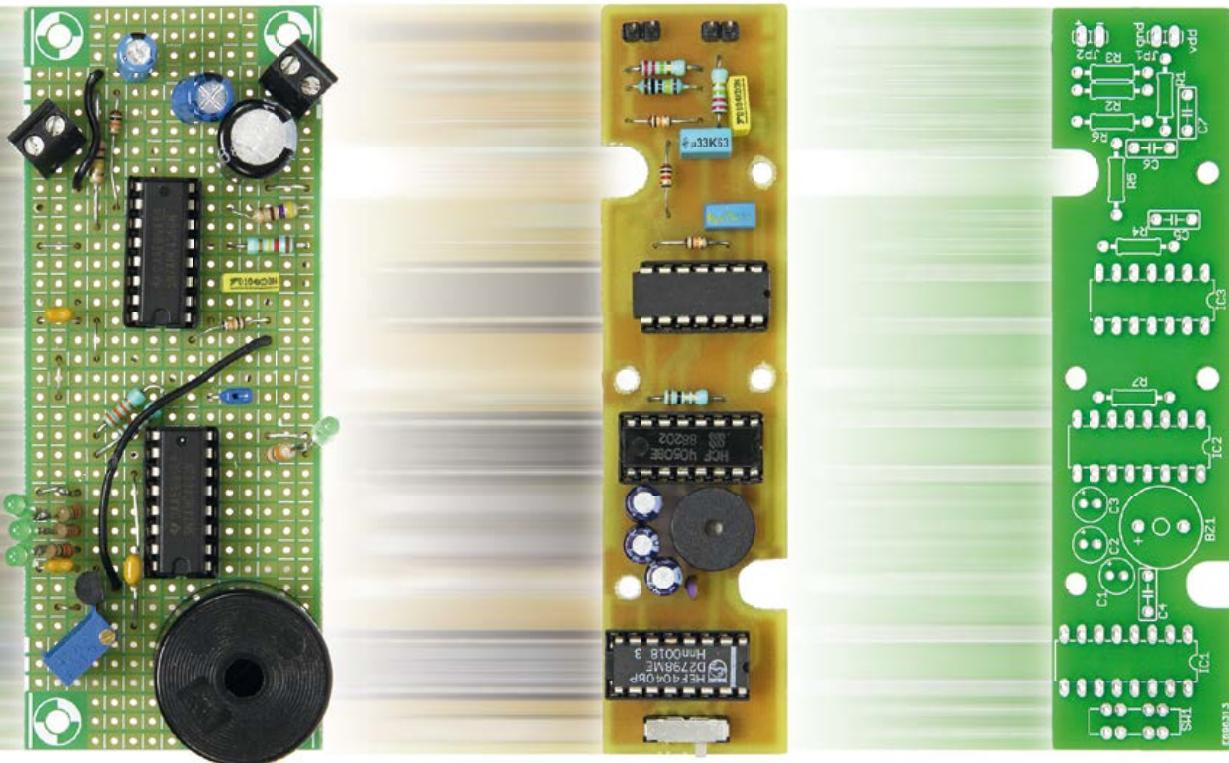
irrésistible...

➔ **la qualité !**

imbattable...

➔ **la fiabilité !**

inégalée...



**elektor PCB service** est, à l'échelle européenne, le service le plus complet de fabrication sur mesure de circuits imprimés. Ce service commence en ligne, par le confort et l'efficacité d'outils faits sur mesure, étudiés pour vous permettre de visualiser votre commande et de l'analyser avant de payer.

- Pour vos débuts, vous utiliserez éventuellement le service de **prototypage sans masque de soudure** ; dans ce cas, vos circuits imprimés simple ou double face sont nus.
- Pour les utilisateurs exigeants, nous proposons les options sans compromis. Le **PCB Visualizer** montre les circuits imprimés tels qu'ils seront livrés, le **PCB checker** procède à une vérification technique de votre circuits imprimés (*design rules check*), et enfin le **PCB configurator** facilite la préparation de la commande.

Des menus bien conçus et un guidage par options accélèrent le processus de commande sans négliger aucun détail. Au moment de passer votre commande, vous savez exactement ce qui sortira de nos machines.



**Qu'il soit perso ou pro, confiez votre prochain PCB à :**

**[www.elektorPCBservice.com](http://www.elektorPCBservice.com)**



- ✓ Plus de 45 ans d'expérience
- ✓ Envoi en 24 heures
- ✓ Plus de 50 000 produits

Les langues de notre boutique:



## Ensemble d'accessoires de mesure

Ensemble complet d'accessoires de mesure pour l'électronique.

- 2x pinces crocodile
- 2x pinces crocodile de sécurité
- 1x câbles de raccordement de sécurité 4 mm
- 2x câbles de contrôle de sécurité 4 mm avec raccord
- 2x câbles de contrôle avec pointe de contrôle 2 mm
- 1x perles de mesure de température
- 1x sonde de température universelle



PEAKTECH 8200  
**38,10**

## Coffret Premium verrouillable pour appareils de mesure



PEAKTECH 7300 320 x 250 x 150 mm 21,95 €  
PEAKTECH 7305 405 x 330 x 150 mm 26,45 €  
PEAKTECH 7310 460 x 330 x 150 mm 31,95 €

Prix du jour ! Prix à la date du : 28.04.2015

Prix en € T.V.A. incluse, frais de port en sus !  
reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)

Modes de paiement internationaux:



## Multimètre graphique avec Bluetooth

Multimètre graphique innovant, professionnel, à commande intuitive avec de multiples fonctionnalités.



PEAKTECH 3440  
**184,00**



- Ecran TFT 5,6 cm, 50 000 compte
- Précision de fond : 0,01 %
- Logger de données et représentation des courbes
- Interface Bluetooth pour la communication avec smartphones (Android/iOS)
- Mesure de la tension et du courant AC/DC jusqu'à 10 A/1 000 V
- Mesure de la résistance, de la capacité, de la fréquence et de la température

## Multimètre numérique jusqu'à 20 A AC/DC

Idéal pour les secteurs de la formation/du SAV et de l'industrie.



PEAKTECH 2005  
**29,95**

- Ecran LCD 28 mm, 2 000 compte
- Précision de fond : 0,5 %
- Test transistor HFE, Data-Hold
- Mesure de la température par sonde de type K
- Mesure de la tension et du courant AC/DC jusqu'à 20 A/1 000 V
- Mesure de la résistance, de la capacité, de l'inductivité et de la fréquence

## Oscilloscope à mémoire numérique, 30 MHz

- Ecran couleur TFT, 20 cm (8"), 800 x 600 pixels
- 30 MHz, 2 canaux, 125 MS/s, 11,7 ns
- Prise USB, VGA, LAN
- Fonction Autoset et Autoscale
- 20 modes de mesure automatiques et fonction FFT
- Fonction PASS/FAIL



PEAKTECH 1265  
**299,00**  
316,80

Commander maintenant! [www.reichelt.fr](http://www.reichelt.fr)

Assistance téléphonique en anglais : +49 (0)4422 955-360