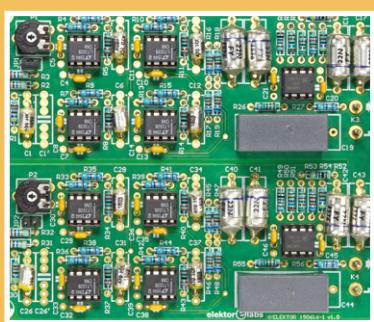




# elektor

DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER



**SUPRA 2.0**  
préampli phono MM/MD  
à bruit minimal



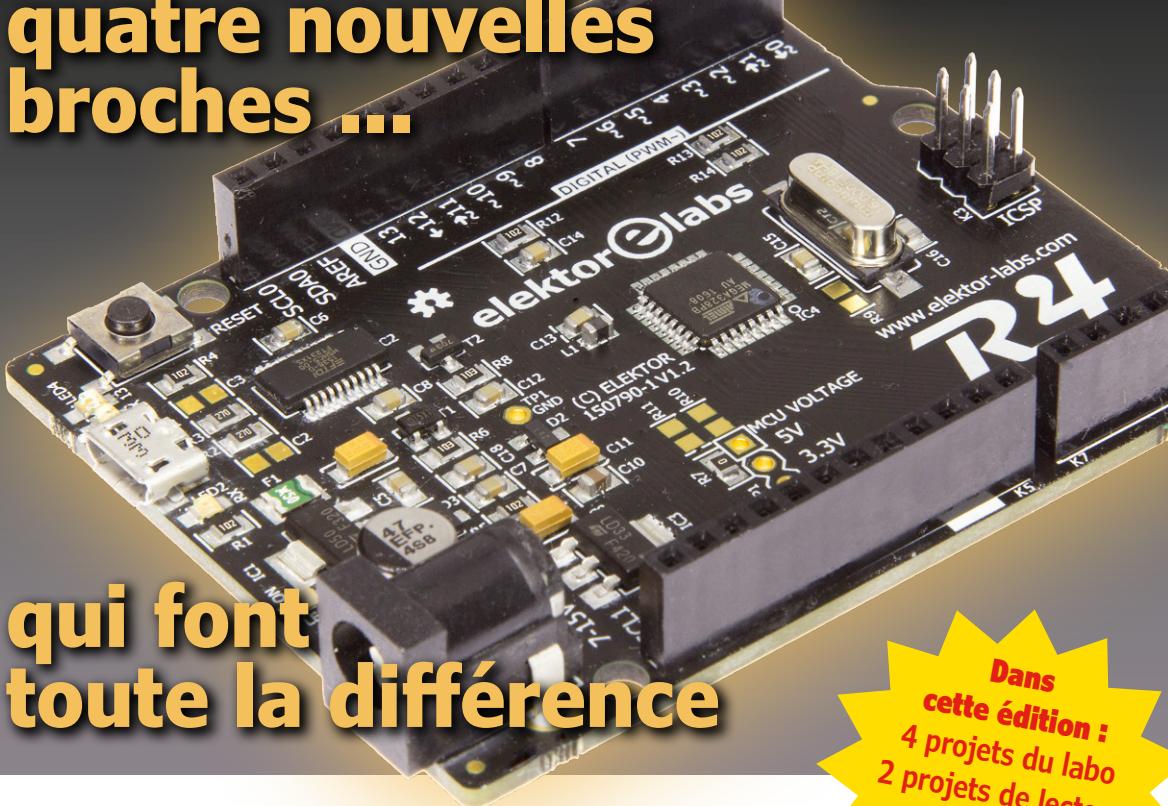
cours intensif  
d'assembleur 2.1  
les interruptions



**alimette**  
alimentation modulaire  
polyvalente

## Elektor Uno R4

quatre nouvelles  
broches ...



qui font  
toute la différence

commande de ventilateur thermocontrôlée avec ATTiny

- PICAXE, plateforme d'apprentissage de la programmation des µC
- **CircuitMaker** • chien de garde pour ordinateur •
- z'avez pas vu LoRa ? • œil magique en S-mètre • **gradateur de bande de LED maître/esclave** • carte micro:bit de la BBC • **Noisebridge, cœur de la scène Maker** • durée de vie d'une pile • **réparation des vieux appareils**

Dans  
cette édition :  
4 projets du labo  
2 projets de lecteur  
cours, MAJ,  
Q&R, LoRa, ...



# 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 !

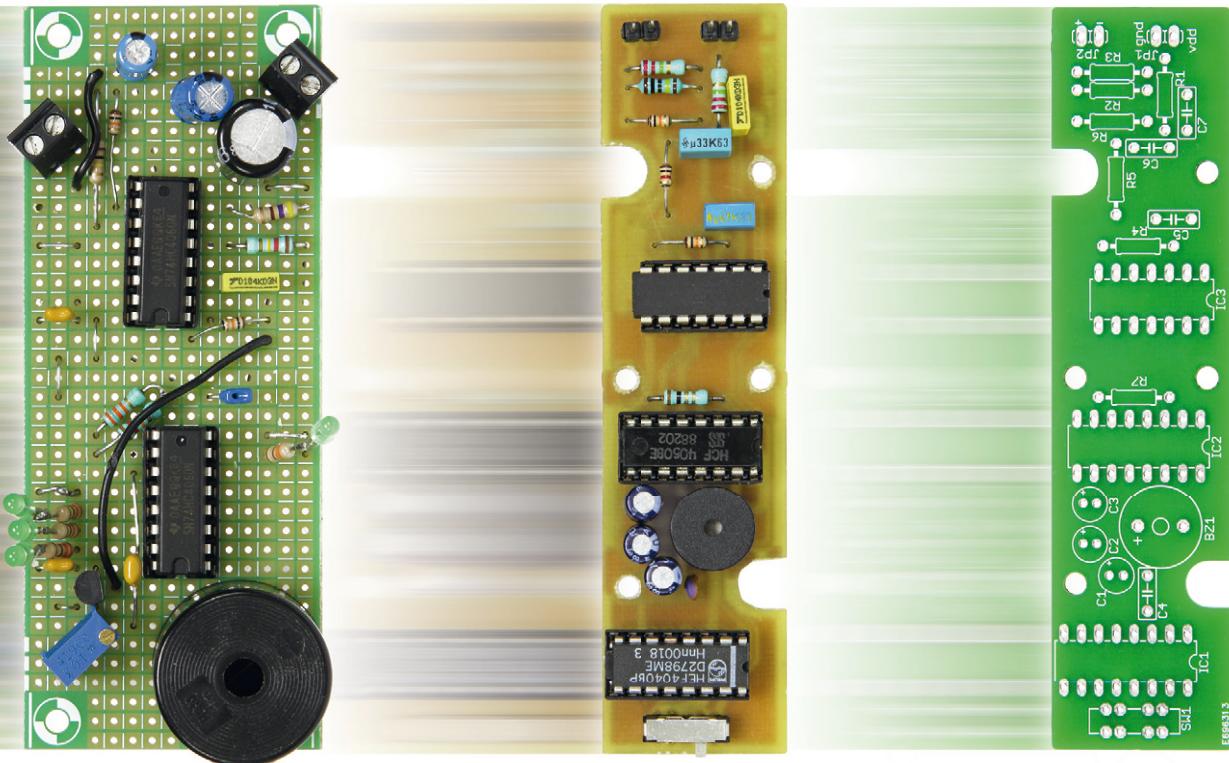
irrésistible...

➔ 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)**



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**  
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 | 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

#### DROITS D'AUTEUR :

© 2016 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.

## Et Caïn dit « Cet œil me regarde toujours ! »\*



Il y a une vingtaine d'années, le réfrigérateur avec écran de commande était présenté comme le nec plus ultra de la domotique. Malheureusement les ménagères de moins de 50 ans, pourtant choyées par la publicité, ne se sont pas jetées sur ce frigo augmenté. Ce fut même le contraire, un fiasco mémorable dans l'histoire de la domotique, l'exemple à ne pas suivre.

Voilà que l'Internet des Objets nous refait le coup du frigo branché : plusieurs grandes marques d'électroménager proposent des frigos avec caméras embarquées. Placées sur les clayettes, elles supportent l'humidité et le froid, et envoient des photos de l'intérieur de l'appareil vers une tablette ou un ordiphone.

Les fonctions supplémentaires de ce type de frigo sont attrayantes : alarme en cas de porte mal fermée ou mesure en continu de la température et du taux d'humidité ; ces informations sont envoyées vers votre ordiphone. Une telle surveillance est peut-être utile, mais qui ira jusqu'à débourser plusieurs milliers d'euros pour partager sa vie privée réfrigérée avec le reste du monde ? Apparemment cette fois encore ce n'est pas le frigo qui rendra populaire l'Internet des Objets.

Vous ne saurez donc pas lequel de vos adolescents a fini cette nuit les pâtes bolognaises ni qui s'est goinfré de crème au chocolat, et c'est peut-être mieux ainsi.

Souriez, vous êtes surveillé !

Mariline Thiebaut-Brodier

\* *La conscience*, Victor Hugo

## Notre équipe

Rédactrice en chef : Mariline Thiebaut-Brodier (redaction@elektor.fr)  
Rédaction internationale : Thijs Beckers, Jan Buiting, Jens Nickel  
Laboratoire : Ton Giesberts, Luc Lemmens, Clemens Valens (responsable), Jan Visser  
Coordination : Hedwig Hennekens  
Ont coopéré à ce numéro : Thierry Destinobles, Eric Dusart, Robert Grignard, Jean-Louis Mehren, Denis Meyer, Hervé Moreau, Kévin Petit, Guy Raedersdorf  
Service de la clientèle : Cindy Tijssen  
Graphistes : Giel Dols, Mart Schroijen, Patrick Wielders  
Elektor en ligne : Daniëlle Mertens

- 5 bientôt dans Elektor
- 6 Elektor : guide de connexion(s)
- 28 ElektorBusiness  
propulsez votre projet sur le marché international !
- 30 estimation de la durée de vie d'une pile de détecteur de présence
- 33 agenda juin 2016
- 34 labo d'Elektor
- 66 l'e-choppe d'Elektor
- 80 des nouvelles du monde d'Elektor
- 82 hexadoku casse-tête pour elektorniciens

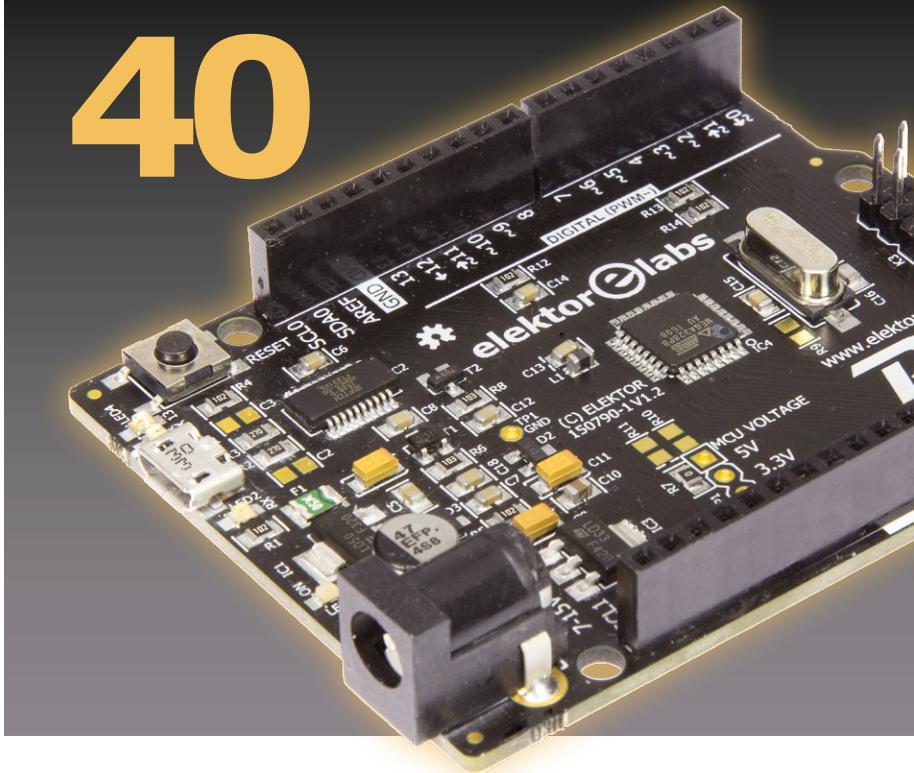
**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 8 bienvenue dans la section Découvrir
- 9 en BASIC dans le monde embarqué PICAXE, plateforme d'apprentissage de la programmation des µC
- 12 CircuitMaker  
trucs & astuces (1)
- 14 cours intensif d'assembleur 2.1 (1)  
interruption pour commander un afficheur à LED
- 22 z'avez pas vu LoRa ?  
technique du futur de l'IdO à M2M
- 26 Q & R (presque) tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur... LoRa
- 27 l'œil magique en S-mètre  
drôle de composant n°24

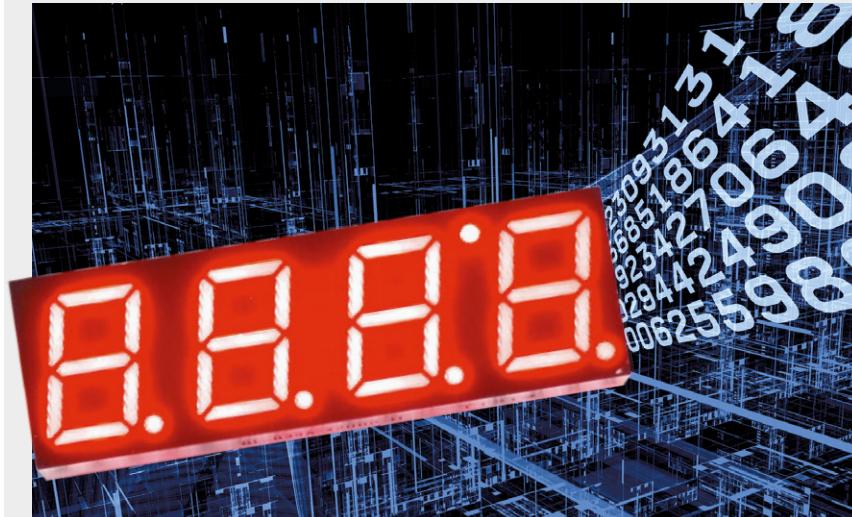
**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 36 bienvenue dans la section CRÉER
- 37 vent de fraîcheur avec ATtiny  
commande de ventilateur thermocontrôlée
- 40 Elektor Uno R4  
quatre nouvelles broches qui font toute la différence
- 48 Alimette  
alimentation modulaire polyvalente

# 40



## cours intensif d'assembleur 2.1 (1)



# 14

## INTERRUPTION POUR COMMANDER UN AFFICHEUR À LED

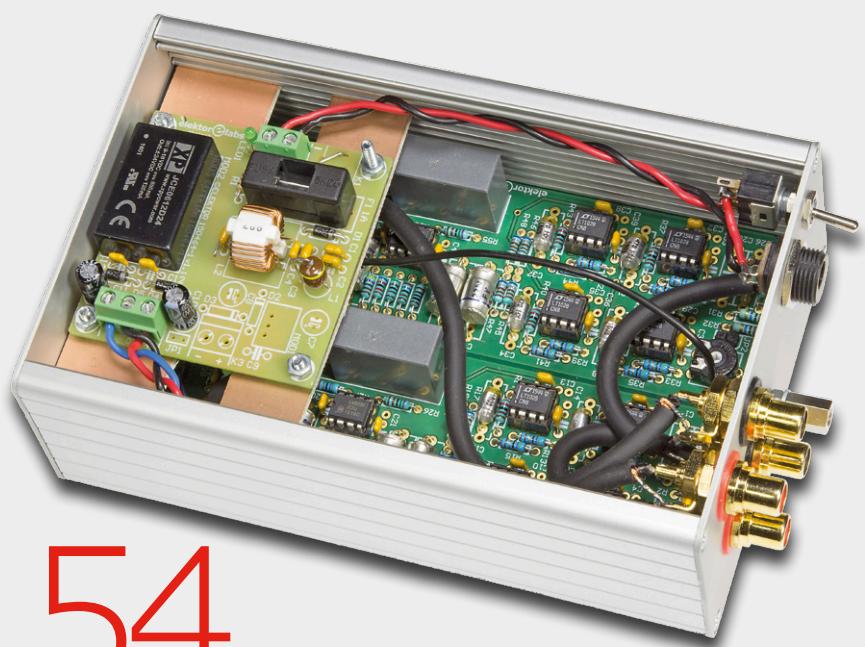
L'an dernier, nous avons publié un cours intensif d'assembleur pour microcontrôleurs PIC. Nous y abordions, en trois articles, la théorie et la pratique de la programmation de µC la plus proche possible du matériel. Dans cette seconde série, nous approfondissons le sujet. Commençons par les interruptions.

# Elektor Uno R4

## quatre nouvelles broches qui font toute la différence



Lorsqu'un fabricant annonce la version B d'un produit, les différences avec la version précédente sont souvent minimes. Ce n'est pas le cas avec la version B de l'ATmega328P, le processeur au cœur de l'Arduino Uno R3. Ses nouveaux périphériques justifiaient donc l'évolution d'une autre carte : voici l'Elektor Uno R4.



# 54

## SUPRA 2.0

### PRÉAMPLIFICATEUR PHONO MM/MD À BRUIT MINIMAL

Le vinyle fait un retour en force auprès des amateurs de hi-fi. Le son du microsillon est et reste très particulier, on ne peut pas le comparer à celui des sources numériques. Son point faible a toujours été la petitesse du signal issu du phonocapteur, donc la sensibilité au bruit de fond. Pour réduire autant que possible le bruit dans l'étage le plus critique, à savoir l'étage d'entrée du préampli correcteur, l'idée est de mettre quatre amplificateurs opérationnels spéciaux en parallèle. Ce truc, Elektor l'a déjà présenté en 1982, mais avec les transistors de l'époque !



- 51 **chien de garde pour ordinateur**  
redémarrage automatique d'un ordinateur planté
- 54 **SUPRA 2.0**  
préamplificateur phono MM/MD à bruit minimal
- 64 **gradateur de bande de LED maître/esclave**  
avec pilotage optionnel par microcontrôleur

**DÉCOUVRIR** **CRÉER** **PARTAGER**

- 70 **bienvenue dans la section PARTAGER**  
partager un rayon de soleil
- 71 **projet 2.0**  
corrections, mises à jour et courrier des lecteurs
- 72 **my contrôleur is rich**  
l'électronique sans peine avec la carte micro:bit de la BBC
- 74 **réparez vos vieux appareils**  
ça vaut le coup !
- 76 **Noisebridge**  
le cœur de la scène Maker
- 78 **trucs et astuces**  
Aiguille de galvanomètre « collante »
- 79 **bruits de labo...**  
des projets qui vont leur petit bonhomme de chemin

 **bientôt sur ces pages**

Le prochain Elektor sera le traditionnel numéro double d'été, rempli comme toujours de petits et gros projets, d'articles de découverte ainsi que de truc et astuces pour les électroniciens.

#### Extrait du sommaire :

Radio logicielle Elektor (SDR), nouvelle version ! • Sonnette avec appli Android • Radio Arduino • OBD avec Raspberry Pi • T-board pour micro:bit de la BBC • Module Bluetooth avec fonction maître • Filtres avec Red Pitaya • Petits amplis • Relais Bluetooth • Indicateur de batterie faible • Isolateur I<sup>2</sup>C • Programmation Windows Phone et beaucoup d'autres choses !

Sous réserve de modification.

Le numéro de juillet/août 2016 paraîtra le 22 juin 2016.

# la communauté d'Elektor

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

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 étonne.



**Boutique en ligne d'Elektor** : la caverne d'Ali Baba des électroniciens ! 10 % de remise permanente pour les membres GREEN et GOLD. [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor Magazine** : dix numéros par an d'électronique inédite (projets, banc d'essais, cours, trucs et astuces, actualité...). [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr)



**Elektor PCB Service** : gravure à la demande de vos circuits imprimés, en un ou plusieurs exemplaires. [www.elektorpbservice.com](http://www.elektorpbservice.com)



**Elektor GRATUIT & SANS PAPIERS** : lettre d'information à l'affût des nouveautés. C'est gratuit : [www.elektor.fr/inscription](http://www.elektor.fr/inscription)



**Elektor Academy** : l'apprentissage par la pratique au travers de webinaires, séminaires, ateliers, DVD... [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor livres & DVD** : Arduino, Raspberry Pi, microcontrôleurs, Linux et bien d'autres. 10 % de remise pour les membres ! [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)



**Elektor TV** : présentations, comptes-rendus, déballage et évaluation de produits. Pour y voir plus clair. [www.youtube.com/user/ElektorIM](http://www.youtube.com/user/ElektorIM)



**Elektor Labs** : l'incubateur où partager ses projets et participer à ceux des autres. Nous faisons grandir vos idées ! [www.elektormagazine.fr/labs](http://www.elektormagazine.fr/labs)

## connectez-vous à notre communauté

### formule

### GREEN 92,50 € par an

- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✗ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

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

### formule

### GOLD 127,50 € par an

- ✓ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ 10 x magazine numérique
- ✓ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✓ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

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

### formule

### GRATUITE

- ✗ l'accès à l'archive d'Elektor
- ✗ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✗ 10 x magazine numérique
- ✗ 10 x magazine imprimé
- ✓ des offres exclusives
- ✓ l'accès à **ElektorLabs**
- ✗ un DVD annuel

▶ **connectez-vous**

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

79

247031

1034

485

235102

pays

membres actifs

experts &amp; auteurs

publications

visiteurs (par mois)

# www.elektormagazine.fr

## Explorez le monde de l'électronique

Entièrement rénové, notre site offre aux mordus d'électronique tout un monde de projets, d'articles et vidéos. Un bouton en haut du menu donne accès aux versions française, néerlandaise, allemande et anglaise du site. Le moteur de recherche intelligent permet de trouver rapidement informations et articles. Avec l'abonnement GREEN ou GOLD, vous pouvez naviguer dans toutes les archives d'Elektor et profiter de services complémentaires : offres et remises exclusives... Vous avez également accès aux préférences de votre compte, y compris l'abonnement au magazine papier et à la lettre d'information Elektor.

The screenshot shows the Elektor website's homepage. At the top, there are four large digital displays showing statistics: 79, 247031, 1034, and 485. Below these are five text labels: 'pays', 'membres actifs', 'experts & auteurs', 'publications', and 'visiteurs (par mois)'. The main content area features a navigation bar with links to 'IDENTIFICATION', 'SERVICES', 'DEVENIR MEMBRE', 'E-CHOPPE', 'FORUM', 'LABS', and 'FR'. Below this is the Elektor logo with the tagline 'DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER'. The main content area displays several news articles with images and titles, such as 'Combats virtuels pour des bleus réels?', 'SmartScope instrument multiplateforme', 'Des yeux derrière la tête', and 'Première mise en œuvre de l'affichage pour Raspberry Pi'. To the right, there is a sidebar titled 'CATÉGORIES' with links to various topics like 'composants', 'initiation & formation', 'Eletor', 'alimentation', 'test & mesure', 'ordinatrices', 'loisirs & modélisme', 'audio/video/photo', 'domestique', 'microcontrôleurs', 'RF (radio)', 'Robotics', 'e-choppe Elektor', 'Tools & Printing', 'Energy', 'publinouvelle', 'Mobility', 'Sensors', 'Drones', 'Wearables', 'Internet of Things', and 'Analog Circuit Design'. At the bottom right, there is an advertisement for 'FORUM LED EUROPE' with the text 'Le plus grand événement sur l'éclairage LED en Europe CONNECTEZ-VOUS !' and '07 & 08 DÉCEMBRE 2015 CONGRÈS & EXPO Elaïcane LED Technologies'.

# Elektor : gratuit & sans papiers

## Restez informé, restez passionné !

Comme plus de 120 000 autres électroniciens, grâce à notre lettre d'information gratuite Elektor, vous êtes au courant des dernières tendances et des récents développements de l'électronique.

En outre, les abonnés à Elektor reçoivent régulièrement des offres et remises spéciales pour la boutique en ligne.

**Pour vous abonner :**  
[www.elektor.fr/inscription](http://www.elektor.fr/inscription)

The screenshot shows the cover of 'Elektor.POST' magazine, issue #155, dated 20 décembre 2015. The cover features a close-up image of a hand soldering a component onto a green printed circuit board. The title 'Elektor' is at the top, followed by 'POST' and 'NUMÉRO #155'. Below the image, the text 'PAR LE RÉDACTEUR' is followed by an article titled 'LimiFrog : une grenouille qui va faire un bœuf !' by Denis Meyer, with a small photo of the author. The text describes the LimiFrog as a programmable ultra-compact module designed for inventing and prototyping intelligent objects. The article continues with the text: 'Le module programmable ultra-compact LimiFrog a été conçu pour inventer et prototyper des objets « intelligents », grâce à un µC à 32 bits, une mémoire flash de 64 Mbits, de nombreux capteurs, de la connectivité vers les smartphones et les PC, un écran OLED en couleur et une batterie rechargeable. Avec tout ça, cette petite grenouille ne pèse même pas 25 g !'

# bienvenue dans la section **DÉCOUVRIR**



Jens Nickel (Elektor)

## Qui cherche trouve du code

Grâce à un petit projet de pilotage que j'optimise au fur et à mesure, j'en apprends beaucoup sur l'Internet des Objets, aussi bien sur le matériel que le logiciel – et vous pouvez m'accompagner dans « Mon voyage dans le nuage » sur [www.elektormagazine.fr](http://www.elektormagazine.fr).

Pour un client MQTT sur mon ordiphone Android, j'avais besoin d'une fenêtre de type *Settings* dans laquelle les utilisateurs peuvent saisir l'objet de la communication et l'enregistrer de manière pérenne. J'avais déjà programmé quelque chose de ce genre, mais ça faisait bien longtemps.

Comme toujours mon temps était limité et je me suis précipité sur l'internet pour dénicher du code que je pourrais utiliser. Sous <http://viralpatel.net/blogs/android-preferences-activity-example/>, j'ai trouvé un bon tutoriel. Pour construire la fenêtre de réglage, le développeur Viral Patel propose un morceau de code qui contient la ligne suivante :

*addPreferencesFromResource(R.xml.settings);*

Après copie dans Android Studio, cette instruction est barrée. Si on passe dessus avec la souris, un message apparaît : la fonction est « *deprecated* » (obsolète/à éviter). Ne vous laissez pas dissuader par cette injonction : ça marche quand même.

Si comme moi, vous téléchargez à contrecœur des ZIP entiers de code dans les tutoriels, juste pour copier-coller des portions de code essentielles pour votre projet, vous devez toutefois enregistrer votre nouvelle *Activity* (*Settings*) dans le fichier *AndroidManifest.xml* – Viral ne le mentionnait pas dans son tutoriel.

```
viralpatel.net/blogs/android-preferences-activity-example/
android.preference.PreferenceActivity
which needs to be overridden with our own class. Create a class UserSettingActivity under
package net.viralpatel.android where all activities are stored for this app. Copy following
code into it.

File: UserSettingActivity.java
package net.viralpatel.android;
import android.os.Bundle;
import android.preference.PreferenceActivity;
public class UserSettingActivity extends PreferenceActivity {
    @Override
    public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        addPreferencesFromResource(R.xml.settings);
    }
}

In above class, we are adding preferences to the app using addPreferencesFromResource
method. We specified an xml file id with this method.
Create a new XML file under /xml directory class settings.xml and copy following code into it.

File: xml/settings.xml
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<PreferenceScreen xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android">
    <PreferenceCategory android:title="@string/pref_user_profile" >
        <EditTextPreference
            android:title="@string/pref_user_name"
            android:summary="@string/pref_user_name_summary"
            android:key="prefusername"/>
    </PreferenceCategory>
    <PreferenceCategory android:title="@string/pref_update_setting" >
        <CheckBoxPreference
            android:defaultValue="false"
            android:prefSummary="pref_send_report"
            android:title="@string/pref_send_report_summary"
            android:summary="@string/pref_send_report"/>
    </PreferenceCategory>

```

## Qui cherche retrouve son logiciel

Pour le projet mentionné ci-dessus, j'avais réfléchi à un protocole tout simple : deux octets sont transmis sous forme de quatre nombres hexadécimaux. Je devais alors créer un petit micrologiciel pour la carte SAM-D20 d'Atmel, qui récupérerait les quatre nombres hexadécimaux et les décoderait. Je ne voulais pas partir de zéro, mais plutôt adapter mon projet « surARMement : deux nouveaux adaptateurs » publié dans Elektor en octobre 2015 ([www.elektormagazine.fr/140572](http://www.elektormagazine.fr/140572)). J'avais produit le logiciel avec Atmel Studio 6. Pour je ne sais quelle raison, je n'arrivais pas à ouvrir le projet avec Atmel Studio 7 qui a été installé sur mon ordinateur portable tout neuf. Argh ! Que faire ? Retour sur l'internet où j'ai trouvé mon bonheur sur [www.mikrocontroller.net](http://www.mikrocontroller.net). Le lien [www.mikrocontroller.net/articles/Atmel\\_Studio](http://www.mikrocontroller.net/articles/Atmel_Studio) propose une longue liste de différentes versions d'Atmel Studio. J'ai téléchargé la version 6.2 ; l'installation s'est déroulée sans accroc et les différentes versions de cet environnement de développement tournent sans problème en parallèle. Cher lecteur, si vous aussi avez créé une page aussi utile, vous avez rendu un grand service à votre communauté !

## Conception assistée par ordinateur

Malheureusement je n'ai que trop peu de temps pour tester moi-même tout ce que je trouve intéressant. Si je devais m'attaquer à tout un projet, y compris le dessin du circuit, en tant que débutant, j'hésiterais entre deux programmes de CAO. D'une part ce serait KiCad dont le code source est complètement ouvert. D'autre part, il y a Circuit Maker d'Altium qui vaut la peine qu'on s'y intéresse, en particulier pour son principe de la *cave communautaire*. Vous trouverez un premier article sur Circuit Maker dans cette section. ▶

(150808)

# en BASIC dans le monde embarqué

## PICAXE, plateforme d'apprentissage de la programmation des µC

Jamais facile de se lancer dans les montages à microcontrôleur, parce qu'il faut se familiariser avec les bases de l'électronique et en même temps avec la programmation. PICAXE est une plateforme d'apprentissage qui donne l'espoir de s'y retrouver facilement, mais aussi d'aller au fond des choses. Avec elle, j'ai découvert un parcours évolutif qui permet d'accéder à la programmation de niveau professionnel.

**Veikko Krypczyk** (Allemagne)

On entend souvent des critiques sur le manque de connaissance et surtout d'intérêt des jeunes pour les questions techniques. L'informatique et l'électronique sont omniprésentes, elles nous suivent partout, et pourtant, nombre d'entre nous en sont de simples utilisateurs. On s'aperçoit que, de prime abord, il n'est pas évident de comprendre comment un appareil ou une commande fonctionne. Comme généralement un microcontrôleur sert de cerveau, il faut des connaissances fondamentales à la fois en électronique et en programmation. En outre, aujourd'hui il est urgent de s'intéresser aux microcontrôleurs, parce que nous y serons confrontés encore bien davantage avec l'avancée de l'Internet des Objets et le nombre croissant de choses de la vie courante qui seront équipées d'un contrôleur.

Alors, que faire ? Prendre conscience que la tâche sera de longue haleine, que le succès sera progressif, et qu'il n'y a pas de raison de jeter le gant à la première frustration. PICAXE est une plateforme d'étude dont l'objectif est de vous plonger dans les arcanes de la programmation des microcontrôleurs de manière ludique. Il est clair qu'elle favorise une approche autodidacte de l'apprentissage. Les premiers pas sont facilités par de multiples informations sous forme de documentation, d'exemples, de projets, et une communauté active. Cet article donne un aperçu de PICAXE comme moyen didactique, il vous permettra d'évaluer si cet outil convient, à vous-même

ou à d'autres, pour commencer la programmation de microcontrôleurs. Après la présentation du matériel et du logiciel de PICAXE, nous en ferons un essai pratique.

### Survol de PICAXE

Il s'agit en réalité d'un système composé d'un grand nombre de modules tant matériels que logiciels ; concrètement il est basé sur toute la famille des célèbres microcontrôleurs PIC. À tous égards, il est conçu pour démarrer sans difficulté. Un premier kit contient une petite carte d'expérimentation et de développement, un contrôleur déjà programmé et quelques composants passifs, le câble de transfert de données et un coupleur de piles, le tout vendu par correspondance pour une trentaine d'euros. Le logiciel est à télécharger gratuitement. Il rassemble tous les dossiers importants, ainsi que le pilote nécessaire pour la carte et un environnement de développement.

### Kit de démarrage

Les débuts sont facilités par un kit de prise en main. Le système PICAXE propose de nombreuses cartes pour différentes classes de puissance. En principe, chacune permet de faire ses premières expériences. Les différences reposent sur le nombre de connexions et d'expérimentations possibles ; tout dépend du contrôleur au cœur de la carte. La plus simple est la carte de prototypage PICAXE-08. Elle est commercialisée sous forme d'une carte à câbler, pour environ 5 €. En choisissant le kit de démarrage correspondant (à moins de 30 €), on a tout ce qu'il faut pour commencer. On y trouve la carte de projet PICAXE-08 (**fig. 1**) à garnir, un coupleur de pile pour l'alimentation, un microcontrôleur du type PICAXE-08M2 et le câble de liaison USB pour la programmation. On obtient gratuitement le logiciel sur la page d'accueil du projet. La tension d'alimentation peut (au début) être fournie par des piles, un bloc secteur externe n'est donc pas indispensable.

Avec le kit, il faut assembler et souder la carte. Pour celui qui ne désire pas le faire, il existe des kits de démarrage avec la carte montée, prête à l'emploi. Si vous voulez commencer de manière professionnelle, vous pouvez choisir une « grande » carte de développement, comme la AXE091U, qui accepte tous les microcontrôleurs PICAXE et rassemble tous les composants nécessaires à l'expérimentation et la conception de circuits. Au

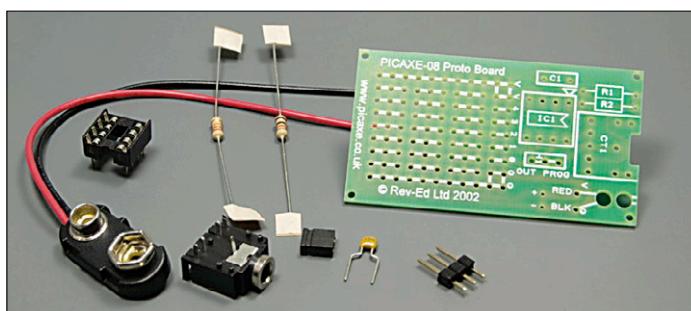


Figure 1. Kit pour la carte de prototypage PICAXE 08 (photo : [www.picaxe-shop.de](http://www.picaxe-shop.de)).

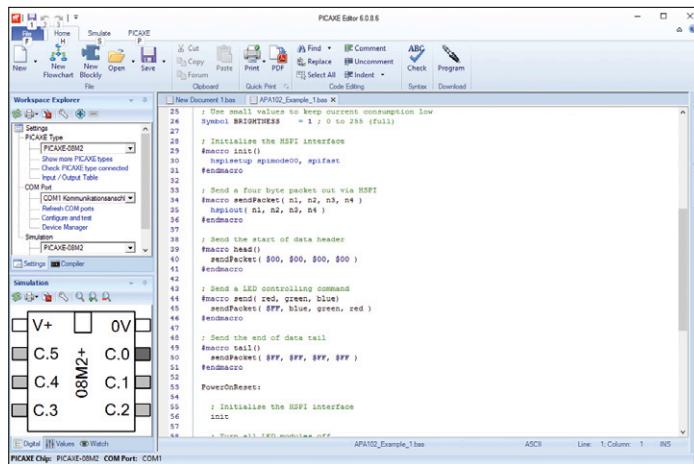


Figure 2. L'environnement de développement PICAXE Editor sous MS Windows.

complet, elle coûte un peu plus de 80 €, un prix très acceptable pour entrer dans le monde de la programmation des microcontrôleurs. D'autant qu'elle exhibe d'excellentes caractéristiques :

- convient à tous les microcontrôleurs PICAXE ;
- s'alimente sur piles ou adaptateur secteur externe ;
- se raccorde au moyen du câble de programmation pour le chargement du code ;
- comporte une plage perforée pour l'expérimentation ;
- dispose d'un témoin de tension à LED et de trois autres pour les contrôles
- et de trois microrupteurs, d'une photorésistance, d'un potentiomètre pour simuler des signaux analogiques, d'un capteur de température, d'une LED IR et d'un module TSOP pour les fonctions infrarouges, d'un afficheur à 7 segments, d'une prise pour clavier PS/2, d'un support pour module de temps réel et d'une interface MAX202 pour la communication par RS232.

### On s'y met !

C'est le moment de commencer ! Mais il faut d'abord une petite préparation, il est indispensable de télécharger un logiciel tout

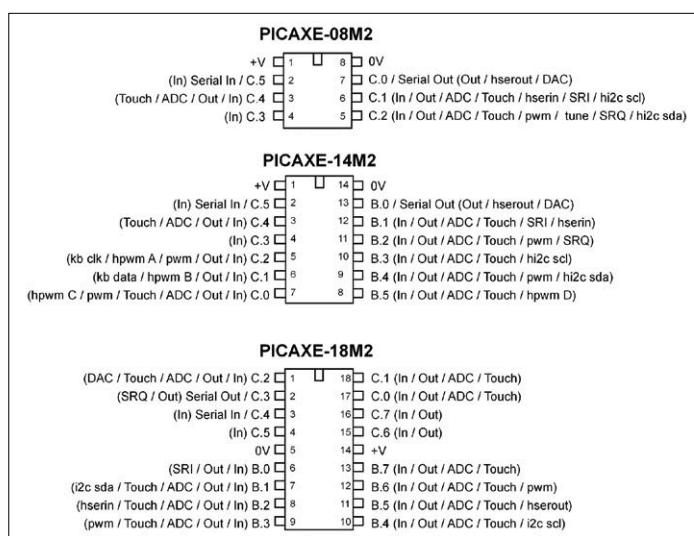


Figure 4. Le brochage de quelques microcontrôleurs PICAXE [1].

Feature	08M2	14M2	18M2	20M2	20X2	28X2	40X2
Memory Capacity (bytes)	2048	2048 x2	2048 x2	2048 x2	4096	4096 x4	4096 x4
RAM (bytes)	128	512	512	512	256	1280	1280
Byte variables (bytes)	28	28	28	28	56	56	56
Input/Output Pins	6	12	16	18	18	22	33
ADC/Touch Pins	3	7	10	11	11	16	27
Max. Freq. (MHz)	32	32	32	32	64	64	64
Serial In/Out	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Infrared In/Out	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
I²C	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tune (ring tones)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Parallel Tasks	4	8	8	8	1	1	1
Program Slots	1	2	2	2	1	4	4

Figure 3. Vue d'ensemble des microcontrôleurs PICAXE [1].

neuf depuis la page du site du projet [1]. Il est toujours mis à jour. Il y a bien dans le kit de démarrage un CD, mais il y a régulièrement de nouvelles versions de l'environnement de développement. On rencontre aussi une grande souplesse du côté logiciel. En plus de Windows Microsoft, il existe des outils pour les systèmes d'exploitation Linux et Mac OS. J'utilise Windows. Il faut commencer par installer la version actuelle de l'environnement de développement *PICAXE Editor* (fig. 2). Il tourne sur toutes les versions depuis XP jusqu'à Windows 10. On a besoin de la bibliothèque système .NET 3.5.1 ; avec XP et Vista, il faudra éventuellement encore l'installer par après. On branche le câble de liaison entre un port USB du PC et la carte. L'installation du pilote s'effectue via *Système, Gestionnaire de périphériques*. Il faut lui indiquer le chemin vers le pilote. On simule un port COM série à travers la prise USB. Dans mon cas, c'est COM3 qui est utilisé automatiquement. Vous aurez sans doute besoin de cette information lors de la configuration ou de l'utilisation de l'environnement de développement.

### Un premier essai

Les projets PICAXE sont aussi caractérisés par la collaboration entre le matériel et le logiciel. On se fait d'abord une idée du schéma pour programmer le logiciel système nécessaire. Pour un premier essai, contentons-nous de commander une LED. La LED est raccordée au contrôleur à travers une résistance. Il faut donc se familiariser avec le brochage et les caractéristiques techniques de base du contrôleur. Il existe différentes classes de puissance de microcontrôleurs, elles se basent sur les premiers types de PIC. La **figure 3** en donne un aperçu : mémoire, lignes d'entrée/sortie (E/S), fréquence d'horloge, etc. Selon le modèle choisi, le brochage peut différer un peu. À la **figure 4**, les brochages des trois plus petits types. Les broches d'E/S sont repérées par une lettre capitale (B ou C) pour désigner le port et un nombre indique le numéro de ligne. La **figure 5** montre un schéma minimaliste. Selon la carte, le câblage peut être déjà établi ou se faire « volant ». Tournons-nous à présent vers le code du programme correspondant (**listage 1**). On utilise un dialecte BASIC vraiment très simplifié. En raison de la programmation préalable du microcontrôleur, on peut se passer d'une série de définitions normalement nécessaires. Voici comment envoyer des signaux sur les lignes de port : par ex., on met au niveau haut la sor-

tie C1 par high C.1 et on la ramène au niveau bas avec low C.1. Les autres commandes (par ex. pause, do...loop) sont de même très simples à comprendre. Même un débutant sans connaissances préalables en programmation peut très rapidement rédiger son premier programme. Pour faire clignoter la LED, on l'allume pendant une seconde et on l'éteint pendant 0,5 s, le tout englobé dans une boucle sans fin.

C'est de cette manière que l'on peut s'initier à la programmation du microcontrôleur PICAXE à l'aide d'un dialecte BASIC. On trouve pour cela toutes les informations nécessaires, instructions, caractéristiques de la carte, brochage, ainsi que toute une série d'idées sur la page du projet [1]. La plateforme PICAXE possède les propriétés particulières qu'il faut pour cela, décrivons-les brièvement.

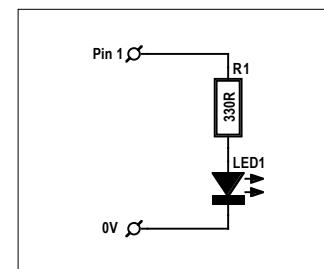
### Du graphique au code source

Comme introduction à la programmation, PICAXE a fait ses preuves en proposant par ex. de travailler graphiquement avec des ordinogrammes. L'environnement de développement dispose pour cela de plusieurs options. On peut créer tout ou partie du code au moyen d'ordinogrammes (**fig. 6**). Après quoi, on transfère le programme (*download*) directement dans le microcontrôleur, mais on peut aussi retravailler le code source. Il y a également la possibilité pour l'environnement de développement de traduire l'organigramme en une multitude de portions de code en BASIC. Ce procédé est recommandé quand on souhaite représenter sous forme graphique le déroulement du programme (boucles, ramifications) et travailler plus finement ensuite sur le code (sur des instructions ou des paramètres en particulier). Autre option encore, assembler graphiquement le code source avec Blockly, un procédé qui ressemble au langage de programmation Scratch. Le programme se décompose alors en blocs (structure de boucle...). Chaque bloc peut encore être configuré individuellement, par ex. pour inscrire d'autres blocs à l'intérieur, par imbrication. Choisir de travailler avec Blockly ou un ordinogramme classique est une simple question de goût. Le premier rappelle plus les organigrammes de programmation, l'autre le *structogramme* ou graphe de Nassi-Shneiderman. Les deux visualisations sont typiques de la représentation d'algorithmes.

PICAXE recèle encore une autre possibilité intéressante : tester le programme sur PC avant de le charger dans le microcontrôleur. En plus, intégré à l'environnement de développement, un simulateur montre même les changements de niveau sur les broches du microcontrôleur.

### Conclusion et perspectives

Tout bien considéré, j'ai un avis très positif sur la plateforme PICAXE. Acheter un kit de démarrage permet une réelle mise en chantier. Au point de vue pécuniaire aussi, la dépense est modérée. Si l'on choisit en premier lieu une des plus petites cartes, on a déjà la possibilité de réaliser des choses intéressantes et de comprendre des notions fondamentales. PICAXE



**Listage 1.**  
**La LED clignote !**

```
do
  high C.1
  pause 1000
  low C.1
  pause 500
loop
```

Figure 5. Schéma de raccordement d'une LED au microcontrôleur PICAXE.

vous entraînera dans un tourbillon d'expérimentation, d'apprentissage et d'idées nouvelles. On en arrive à oublier le temps, ce qui est la meilleure façon de faire monter en soi un réel intérêt pour la chose. Nul besoin de se demander : et après ? Parce que PICAXE offre une grande quantité d'extensions possibles. Il y a des microcontrôleurs de différentes puissances, des cartes d'expérimentation avec de nombreuses options supplémentaires, des afficheurs à LED, des capteurs, toute une série de modules pour entrer en contact avec le monde extérieur via différents capteurs. Mais le plus important, c'est le fait que le système repose sur les microcontrôleurs PIC, ce qui rend possible une transition harmonieuse vers un développement professionnel. Les microcontrôleurs restent les mêmes et le principe de programmation est comparable à d'autres langages, comme le C ou le Pascal. L'enrichissement des connaissances obtenues avec la plateforme d'apprentissage PICAXE constitue une fondation solide sur laquelle se construire un bel avenir. ▶

(150762 – version française : Robert Grignard)

### Liens

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

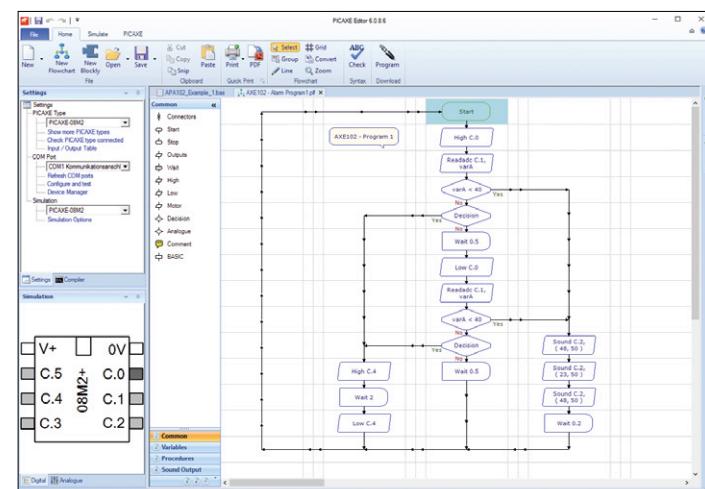
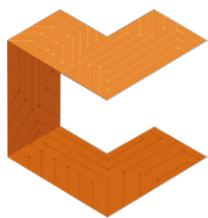


Figure 6. La programmation au moyen d'ordinogrammes.

### Made in England

Les produits PICAXE sont développés et distribués par la société *Revolution Education Ltd.* dont le siège est dans le sud-ouest de l'Angleterre. La distribution directe est assurée par le magasin en ligne <http://picaxestore.com>. Mais il existe des liens vers différents pays, et même un forum francophone sur [www.a4.fr/automatisme-et-robotique/le-systeme-picaxe.html](http://www.a4.fr/automatisme-et-robotique/le-systeme-picaxe.html).



# CIRCUITMAKER

## trucs & astuces (1)

Neil Gruending (Canada)

Connaissez-vous CircuitMaker, l'outil de CAO gratuit d'Altium ? Il partage le même ADN qu'Altium Designer, dans le but de rassembler matériel ouvert et concepteurs. Deux de ses points forts sont sa bibliothèque de composants et son système de gestion des versions. Bienvenue dans la communauté !

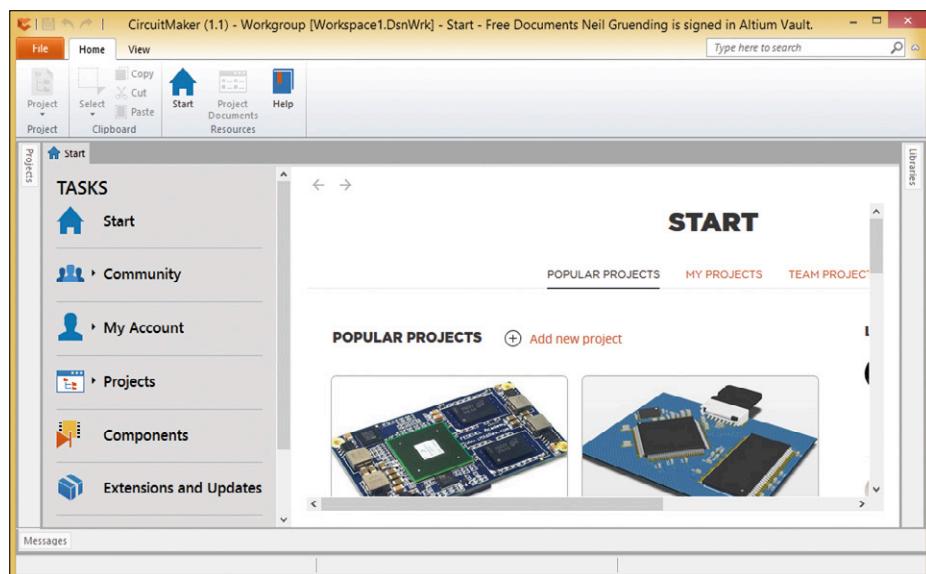


Figure 1. La fenêtre de démarrage de CircuitMaker.

Un des attraits de CircuitMaker [1] est à n'en pas douter sa gratuité. Dans le premier volet de cette série de trois articles, je vous propose de découvrir ce qui le rend unique.

### Ouvert par nature

CircuitMaker a été conçu pour encourager la création et le partage de circuits à matériel ouvert. À chaque démarrage, le programme se connecte au site de la communauté CircuitMaker et affiche une liste de projets populaires ainsi que ceux de l'utilisateur (fig. 1). CircuitMaker est ouvert dans le sens où tous les projets sont accessibles à tout un chacun et stockés en ligne dans un système appelé *Community Vault* (cave en français).

Le partage des fichiers d'un projet est certes synonyme d'ouverture, mais qu'en est-il des bibliothèques de composants ?

Comme elles sont souvent le fruit d'un gros travail et essentielles pour réutiliser un projet, toutes les informations relatives aux composants sont elles aussi stockées dans la cave communautaire et accessibles à tous.

Il est toutefois possible d'avoir recours à la bibliothèque de composants tout en gardant un projet privé, jusqu'à ce que l'on se sente prêt à le divulguer au monde et à le partager.

### Stockage communautaire

Le système *Community Vault* offre des fonctions de collaboration et de gestion de versions qui font de CircuitMaker une plateforme collaborative efficace. On peut par ex. configurer un projet comme projet d'équipe (*Team*), y ajouter des membres et leur attribuer certains droits, entre autres de modification des fichiers (fig. 2). L'activité des membres d'une équipe est indiquée sur l'espace de travail en ligne du projet. On voit ainsi d'un coup d'œil ce que font les autres et où en est le projet.

Le système de gestion de versions *Vault* est intégré dans CircuitMaker et en est d'autant plus facile à utiliser. Lorsque vous ouvrez un projet, CircuitMaker le télécharge et stocke tous les fichiers associés dans un cache de votre ordinateur. Si vous modifiez un de ces fichiers, *Vault* le « note » mais ne mettra le fichier à jour que lorsque vous aurez validé vos changements avec *Commit Project*. *Vault* crée ensuite une nouvelle version de ce fichier chaque fois que vous validez vos changements. Aucune des modifications précédentes n'est donc perdue. On peut ajouter une courte description à chaque « *commit* » (enregistrement) afin de garder un historique clair des changements effectués, p. ex. « Ajout d'une LED d'état verte » plutôt que « Révision 32 ». Pour revenir à une version précédente ou sur

des modifications, la commande *Revert* s'avère utile puisqu'elle liste toutes les versions des fichiers enregistrés et permet de sélectionner celle souhaitée.

Les versions de fichiers sont essentielles lorsqu'on travaille en équipe, car la version canonique est toujours la dernière version stockée dans la cave. Un fichier est automatiquement verrouillé en écriture lorsqu'un membre de l'équipe le modifie, et n'est déverrouillé qu'après avoir été enregistré. Ce mécanisme de protection empêche qu'un membre n'écrase accidentellement un fichier qu'un autre membre serait en train de modifier. Une fois que Vault a été mis à jour, toute copie locale d'un fichier appartenant à un autre membre est désynchronisée et considérée comme conflictuelle tant que le membre n'a pas mis ce fichier à jour avec la commande *Update*.

Le système Vault permet aussi de dédoubler un projet (fig. 3). Autrement dit on peut créer sa propre version d'un projet sans qu'elle n'interfère avec le projet initial. Lorsque vous procédez à un tel dédoublement, votre projet reçoit une copie de l'historique des versions du projet d'origine jusqu'au point de séparation. Puisque toute modification enregistrée dans la nouvelle branche du projet n'est pas répercutee dans le projet original, la frise chronologique du projet se sépare en deux branches, d'où le nom de *fork* (fourche). Utile, mais réfléchissez à deux fois avant de dédoubler un projet, deux branches ne peuvent pas être combinées ou fusionnées.

Vault permet aussi la création d'instantanés appelés *Releases*. Une *Release* (version) regroupe tous les fichiers d'un projet : schémas, liste des composants (BOM), etc. On ne peut pas modifier une *Release*, mais elle est très utile puisqu'elle permet de « figer » et référencer un projet à une date donnée.

## Bibliothèque Octopart

Les bibliothèques de composants sont difficiles à créer et à entretenir, et de surcroît chacun conçoit ses composants dans son coin et selon ses propres besoins, car il n'existe souvent aucun moyen facile de les partager. CircuitMaker a la solution, une bibliothèque publique centrale, incorporée à Vault et reliée à une base de données appelée Octopart [3] (fig. 4).

Lorsqu'on cherche un composant depuis CircuitMaker, le programme renvoie les éléments correspondants trouvés dans Octopart. Cette base de données est une ressource formidable : elle contient presque tous les composants imaginables, fournit des liens vers leurs fiches techniques, indique leurs caractéristiques et affiche fournisseurs, prix et niveaux de stock. Toutes ces informations sont accessibles depuis la fenêtre *Librairies* de CircuitMaker. Vous pouvez utiliser directement dans vos schémas tous les composants référencés dans Community Vault. Il est possible de créer un composant absent d'Octopart dans CircuitMaker. Ce *Custom Component* n'appartient alors qu'au projet auquel il est destiné et n'est pas ajouté à Octopart. Community Vault et Octopart sont les deux piliers de cette plateforme collaborative qu'est CircuitMaker. Dans le prochain article, je vous montrerai comment créer un projet et dessiner le circuit imprimé.

(150741 – version française : Hervé Moreau)

## Liens

- [1] [www.circuitmaker.com](http://www.circuitmaker.com)
- [2] <http://documentation.circuitmaker.com/display/CMAK/Project+Management+in+CircuitMaker>
- [3] <https://octopart.com/>
- [4] <http://documentation.circuitmaker.com/display/CMAK/Component+Management+in+CircuitMaker>

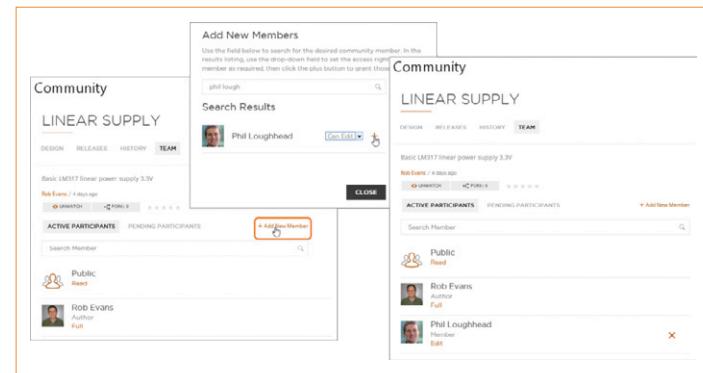


Figure 2. Ajout d'un membre d'équipe [2].

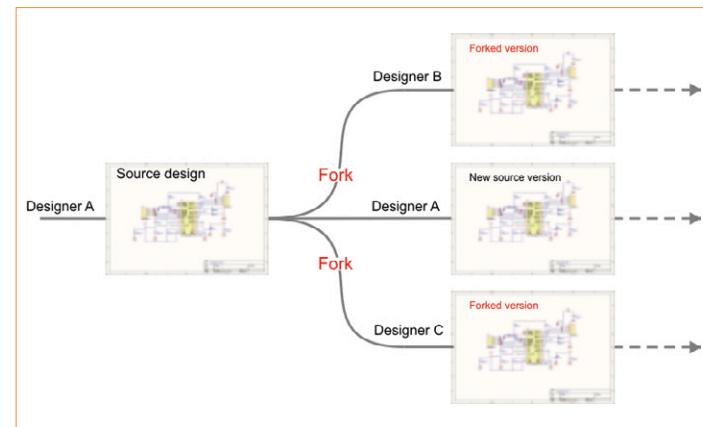


Figure 3. Un projet A dédoublé en projets B et C [2].

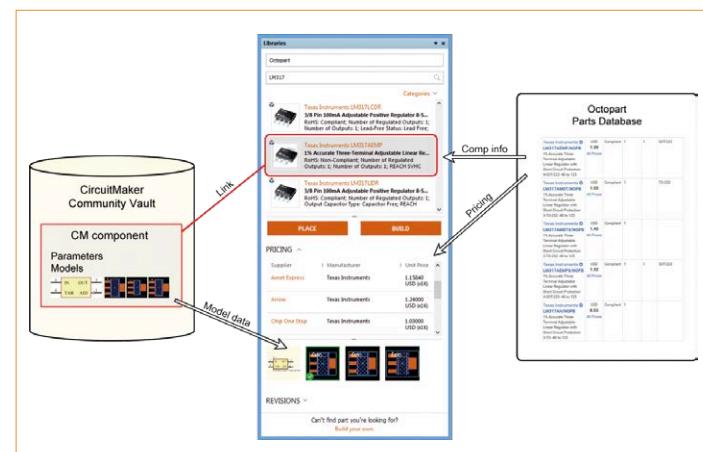


Figure 4. La bibliothèque de composants de CircuitMaker [4].

# cours intensif d'assembleur 2.1 (1)

## interruption pour commander un afficheur à LED

L'an dernier, nous avons publié un cours intensif d'assembleur pour microcontrôleurs PIC. Nous y abordions, en trois articles, la théorie et la pratique de la programmation de µC la plus proche possible du matériel. Dans cette seconde série, nous approfondissons le sujet. Commençons par les interruptions.

Miroslav Cina

D'abord nous vous présenterons une famille intéressante de µC PIC. Pour les exemples du cours intensif initial, nous avions utilisé un PIC12F675 (Microchip). Bien que ces µC offrent beaucoup de possibilités, il semblerait, refrain connu, que le mieux soit l'ennemi du bien. Le **tableau 1** répertorie les µC d'une famille baptisée « *Flash Microcontrollers with nanoWatt XLP Technology* ». Plus polyvalents, leur programmation s'en voit sensiblement simplifiée.

La famille comporte dix membres. Le plus petit des µC se « contente » de huit broches. Six d'entre elles sont des E/S – un peu comme le PIC12F675 de la première série. Les plus grands en ont 20 dont pas moins de 18 E/S. Comme le montre le tableau 1, la famille connaît des µC avec 2 à 8 Kmots de mémoire programme, 256 octets d'EEPROM et entre 128 et 1 024 octets de RAM. Et, cependant, un PIC12F1840 coûte à peine quinze centimes de plus qu'un PIC12F675 – un investissement souvent rentable.

### Cartographie de la mémoire

Dans un premier temps, il faut se familiariser avec l'organisation de la mémoire de ces « *Enhanced Mid-Range PICs* ». La cartographie de la mémoire de données, avec ses 128 à 1 024 octets de RAM est, de par sa taille, quelque peu différente de celle du PIC12F675. Elle se subdivise en 32 banques de 128 octets. Erreur de calcul ?  $32 \times 128$  octets permettraient d'adresser jusqu'à 4 Ko, mais même les exemplaires haut de gamme n'ont que 1 Ko de RAM – les petits n'ont d'ailleurs que 128 octets. Pour comprendre le principe, il faut avoir saisi le fin mot de l'organisation des banques.

Chaque banque de mémoire a 128 emplacements avec les adresses 00h à 7Fh. On doit ce maximum de 128 positions à l'adressage sur 7 bits des instructions.

Chaque banque comporte quatre sections différentes : les 12 premiers octets sont réservés aux registres de base ou noyaux (*Core*) et occupent les adresses 00h à 0Bh. Ces registres influent de façon cruciale sur l'exécution du programme, car ils contiennent des fonctions importantes telles que le compteur d'instructions (PC), le registre d'état, etc.

Les 20 octets suivants sont prévus pour des registres à fonctions spéciales. On peut, par leur biais, accéder aux ports d'E/S ou commander certaines autres fonctions du µC (compteurs, configuration des interruptions, etc.). Ce bloc de registres occupe les emplacements de mémoire 0Ch à 1Fh, sachant que chacune des banques abrite des registres différents.

Après la position 1Fh on trouve, dans la plage d'adresses 20h à 7Fh, la zone de mémoire à usage libre. Mais ne nous réjouissons pas trop vite : non homogène, elle est subdivisée en deux zones :

- **RAM d'Usage Général.** Cette mémoire de 80 octets utilisables sans restrictions par l'utilisateur occupe les adresses 20h à 6Fh.
- **RAM Commune.** La partie restante d'une banque sise aux adresses 70h à 7Fh est également utilisable librement, mais d'une manière très spéciale : ces 16 octets sont identiques pour toutes les banques. Si l'on souhaite définir des variables à utiliser souvent, et indépendamment de la banque de mémoire spécifique, c'est pour ce domaine précisément qu'il faudra opter.

En fait, on ne dispose vraiment, dans chaque banque, que de 80 octets de RAM. La totalité de RAM disponible dépend, bien

Tableau 1. Types des familles PIC12F1822 / 1840 / PIC16F182X / 1847

μC	mémoire prog.	EEPROM	RAM	E/S	CA/N	comparateurs	temporiseurs 8/16bits	MSSP I <sup>2</sup> C / SPI
PIC12F1822	2K	256	128	6	4	1	2/1	1
PIC12F1840	4K	256	256	6	4	1	2/1	1
PIC16F1823	2K	256	128	12	8	2	2/1	1
PIC16F1824	4K	256	256	12	8	2	4/1	1
PIC16F1825	8K	256	1024	12	8	2	4/1	1
PIC16F1826	2K	256	256	16	12	2	2/1	1
PIC16F1827	4K	256	384	16	12	2	4/1	2
PIC16F1828	4K	256	256	18	12	2	4/1	1
PIC16F1829	8K	256	1024	18	12	2	4/1	2
PIC16F1847	8K	256	1024	16	12	2	4/1	2

sûr, du type de μC. Sur un PIC12F1822, le programmeur pourra utiliser 80 octets sur les 128 octets de RAM de la BANK 0, mais seulement 32 octets de la BANK 1. Pourquoi donc ? Du total de 128 octets, il faut encore déduire la RAM Commune avec ses 16 octets. Il n'y a donc plus la moindre RAM pour les BANK 2 à BANK 32. Si on lit la RAM d'Usage Général non disponible (à partir de l'adresse 20h dans la BANK 1 et tout pour les BANK 2 à BANK 32), on obtient toujours la valeur 00h.

La **figure 1** compare la cartographie de la BANK 0 des PIC des types PIC12F1822 et PIC16F1847. Elle est pratiquement identique pour les différents types de cette famille. Les différences sont dues à des caractéristiques spécifiques : pour le PIC16F1847, le registre PORTB occupe l'adresse 0Dh, mais dans le cas du PIC12F1822 cet espace est inoccupé en raison de l'absence de PORTB. Les fiches techniques correspondantes [1] donnent les détails des banques de mémoire pour chaque type de μC.

### Adressage direct via BSR

L'accès à la mémoire se fait de deux façons. L'adressage direct utilise le BSR (**Bank Select Register** = registre de sélection de banque). Nous parlerons de l'autre possibilité plus loin.

Grâce au BSR, l'adressage est assez simple. Il suffit, pour accéder aux différentes banques, d'écrire dans le BSR le numéro de la banque concernée. Pour accéder à la BANK 0, on utilise le BSR de la manière suivante :

```
v_tmp EQU H'30'
;
movlw H'00'
movwf BSR ;select BANK 0
movlw H'28' ;28h
movwf v_tmp
```

On voit ici que la déclaration de variable à elle seule ne définit pas de manière univoque l'emplacement utilisé. Prenons un autre exemple : la variable *v\_tmp* est initialisée avec l'adresse 230h : si, dans le **listage 1**, on écrit immédiatement après

la déclaration dans *Step 1* une valeur dans *v\_tmp*, la position réelle de cette variable dépend non seulement des 7 bits de l'adresse attribuée, mais aussi du contenu du BSR. Si, comme dans *Step 2*, on sélectionne la BANK 1, la valeur 28h « n'atterrit » pas à l'adresse 230h, mais en B0h, qui est l'adresse définie par la somme de 30h et de la valeur de début de la BANK 1 = 80h. On obtient l'adresse correcte pour *v\_tmp*, à savoir 230h si, cf. *Step 3*, on paramètre BSR à 04h pour la BANK 4 (bien entendu, le type de μC utilisé doit avoir de la RAM à cet endroit – il faut donc un μC avec au moins 512 octets de RAM).

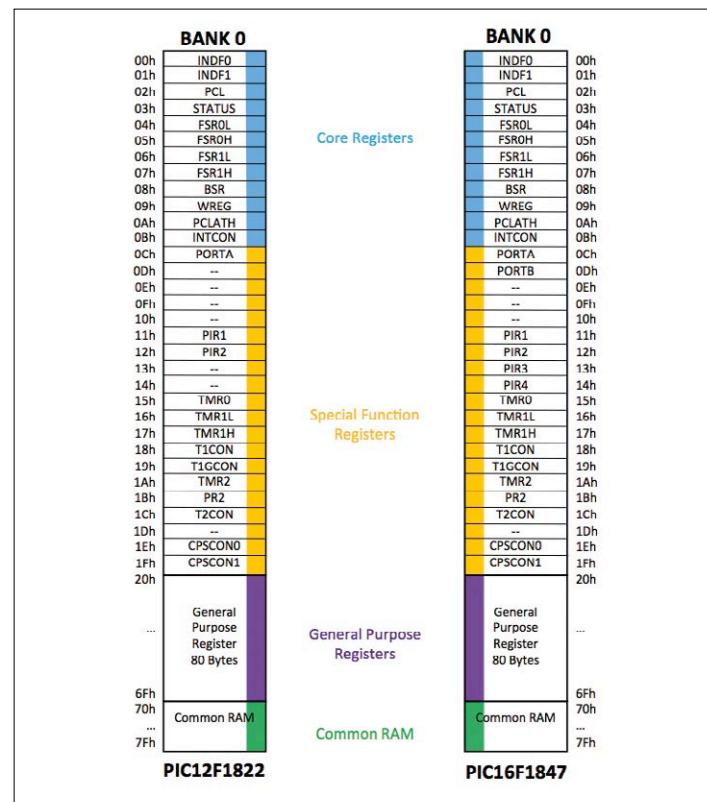


Figure 1. Comparaison de la BANK 0 des PIC de types PIC12F1822 et PIC16F1847.

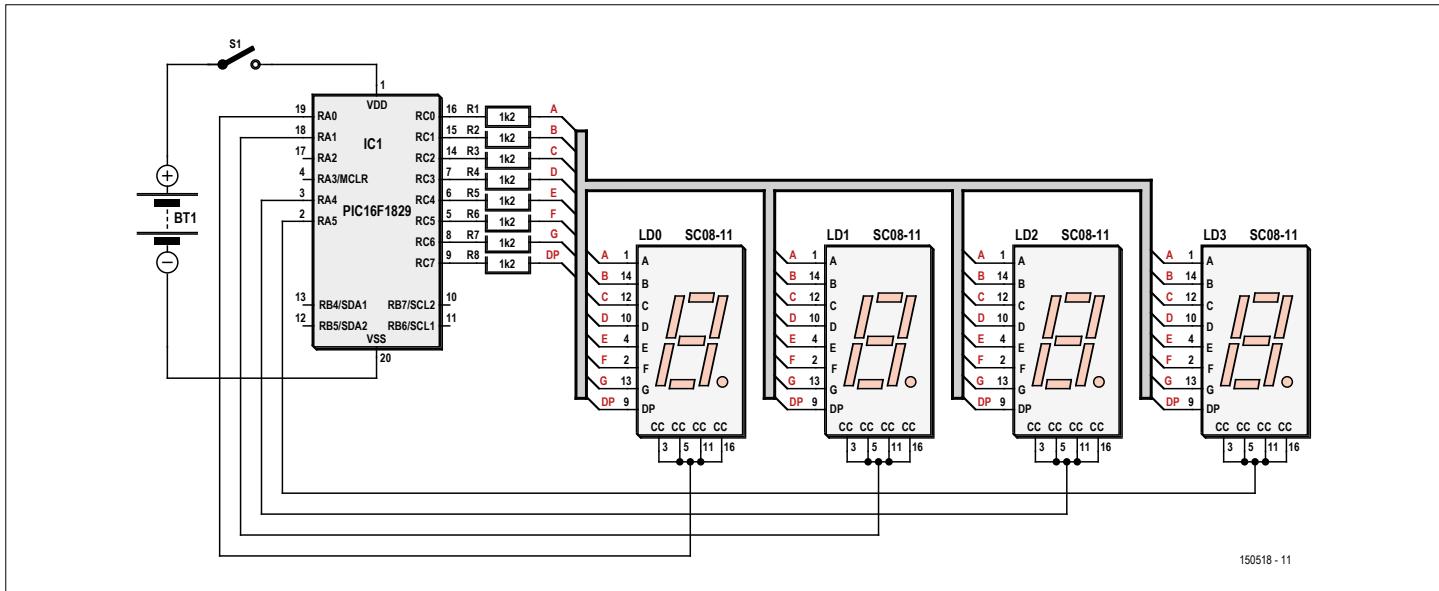


Figure 2. Le circuit complet de notre exemple se résume essentiellement au µC épaulé par huit résistances et quatre afficheurs à LED (à 7 segments).

### Afficheur à LED commandé avec une interruption

Après les bases de l'adressage de la mémoire, passons aux choses sérieuses : l'utilisation d'interruptions à l'aide d'un exemple concret, la commande d'un afficheur à LED à quatre chiffres. Nous verrons ainsi combien la programmation est simplifiée par rapport à des µC moins puissants tels que le PIC12F675.

### L'électronique

La commande statique de quatre afficheurs à LED, à sept segments, requiert, dit Adam Riese,  $4 \times 8$  lignes de commande. Sur ces afficheurs, les huit LED sont accompagnées d'un point décimal. Un total de 32 adresses d'E/S pour une tâche aussi simple nous paraît exagéré. De tels afficheurs n'ont que rarement une commande statique, ils sont pratiquement toujours pilotés en mode multiplexé dynamique. La commande multiplexée classique se résume en fait à une commande commune de tous les segments des quatre afficheurs et, parallèlement, à une alimentation cyclique très rapide des quatre afficheurs par un découpage chronologique. Si la fréquence de multiplexage est bonne, l'œil humain n'y voit que du feu... une luminosité constante. Avec  $8 + 4 = 12$  lignes de commande, le matériel de la variante dynamique est nettement moins complexe. Le processus de multiplexage devra être réalisé par le micrologiciel du µC.

La **figure 2** montre le schéma fonctionnel complet d'un afficheur à LED à quatre chiffres à commande dynamique. Comme

ces LED requièrent en général quelque 10 mA de courant, il est judicieux, en mode « piles » (4,5 V par trois AA ou AAA, p. ex.), de prévoir un interrupteur, S1. Autres composants : le µC PIC16F1829 (avec ses vingt broches, il dispose de suffisamment d'E/S et a assez de mémoire), huit résistances-série et quatre afficheurs à LED à sept segments. On voit en **figure 3** notre prototype.

Il est important que chacune des huit sorties de segment du µC (RC0 à RC7) attaque, au travers d'une résistance-série, les quatre segments identiques des quatre afficheurs. Un exemple : le µC pilote, par sa sortie RC0 et la résistance R1, tous les segments « A » des quatre afficheurs. S'agissant ici d'afficheurs à cathode commune, ces quatre cathodes sont pilotées par les quatre sorties RA0/1/4/5 du µC. Il faudrait, pour une luminosité maximale, que les quatre sorties du µC reliées aux cathodes soient amplifiées par un transistor, etc. vu qu'il circule ici le courant combiné de jusqu'à huit segments. Pour des essais, et à l'intérieur, une luminosité plus faible est convient. Aux valeurs de résistances données, le courant de cathode est de l'ordre de 20 mA. Peu de risque donc que ce courant endomme les sorties du µC vu qu'elles supportent jusqu'à 25 mA. Le fonctionnement d'une commande multiplexée est relativement élémentaire en fait : avec niveau « bas », les quatre afficheurs sont, tour à tour et pendant un court laps de temps, alimentés par le biais de la cathode correspondante. Simultanément, les anodes des segments qui doivent s'allumer

### Listage 1

```
;Step 1
v_tmp EQU H'230' ; déclaration
;
;Step 2
    movlw H'01'
    movwf BSR ; sélection de la BANK 1
```

```
    movlw H'28' ; 28h
    movwf v_tmp
;
;Step 3
    movlw H'04'
    movwf BSR ; sélection de la BANK 4
    movlw H'28' ; 28h
    movwf v_tmp
```

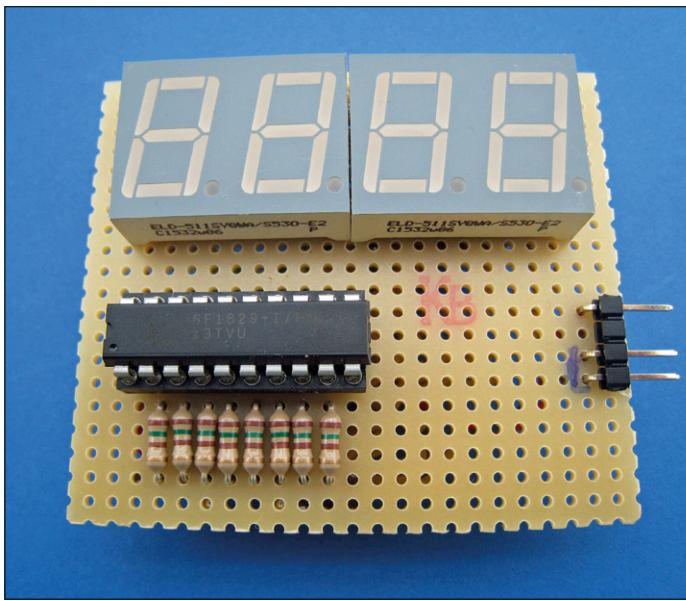


Figure 3. Le prototype du montage trouvera facilement place sur un petit morceau de platine à trous.

sur l'afficheur actif à ce moment-là sont forcées au niveau « haut » par le µC. Il faut bien sûr veiller à ce qu'il n'y ait qu'une seule cathode d'activée à la fois, on aurait sinon des affichages indéfinis.

### Le logiciel

Pour un affichage dynamique, le logiciel doit faire s'allumer brièvement d'abord l'afficheur LD0 puis LD1, LD2 et pour finir LD3 – et ce de façon cyclique. La **figure 4** montre le principe avec son pseudo-code.

La fréquence d'exécution du cycle complet doit être supérieure à que ce que l'on appelle la fréquence de clignotement de l'œil humain, sinon l'afficheur scintille. Aux fréquences vraiment trop faibles, il clignotera et sera illisible. Pour une luminosité uniforme des quatre afficheurs, leurs durées d'activation doivent être identiques.

Si c'était tout ce que le µC a à faire, il suffirait d'une boucle sans fin exécutant ce dont nous venons de parler ; un afficheur qui fonctionne, mais sans contenu, ne sert pas à grand-chose. Le µC peut produire des données lui-même (l'heure, p. ex.) ou en traiter (lecture de capteurs, p. ex.). Ces tâches prennent du temps de calcul. Dans le cas d'une commande d'affichage dans une boucle sans fin, il faudra que la tâche additionnelle soit intercalée quelque part entre la commande des différentes positions. Selon les conditions, il se peut que la fréquence de multiplexage varie un peu, ainsi que les périodes actives des quatre afficheurs les unes par rapport aux autres, il faut éviter ces deux situations. Une technique plus satisfaisante et très utilisée est de faire appel à des interruptions.

### Affichage commandé par une interruption

Des interruptions interrompent l'exécution normale du programme et l'aiguillent vers une routine d'interruption. Si on déclenche une interruption à intervalles réguliers, on peut y exécuter la commande de l'affichage. Pour cela, le temporisateur (timer) d'un µC convient parfaitement. Avec ses tempori-

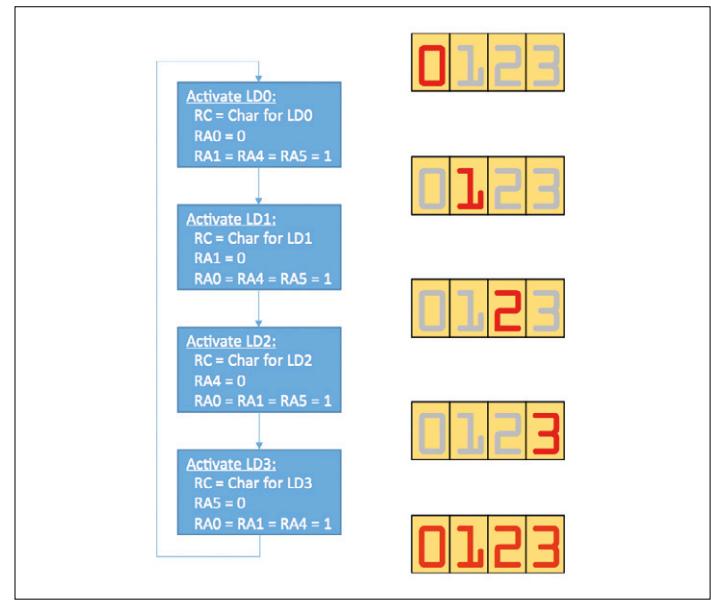


Figure 4. Commande cyclique d'un afficheur à LED à sept segments, à quatre chiffres, en mode multiplexé avec pseudo-code.

sateurs 0, 1, 2, 4 et 6, le µC utilisé en a même plusieurs. Nous allons œuvrer avec le temporisateur 2. À chaque passage par la routine d'interruption, il faut activer la position suivante de l'afficheur et la laisser allumée jusqu'à la prochaine interruption. Le temporisateur 2 remplit diverses fonctions. La **figure 5** nous apprend que le module de temporisation est constitué de trois compteurs montés en série :

- Un prédiviseur (*prescaler*). Attaqué avec la fréquence de l'oscillateur divisée par quatre, il est paramétrable pour une seconde division par 1, 4, 16 ou 64, avant déclenchement d'une impulsion d'horloge.
- TMRx. Dans le cas du temporisateur 2 il s'agit de *TMR2*. Chaque impulsion d'horloge du prédiviseur incrémenté le registre *TMR2*. À chaque changement, il y a comparaison entre le contenu de *TMR2* et le registre *PR2* et en cas d'égalité, le postdiviseur (*postscaler*) délivre une impulsion.
- Un postdiviseur (*postscaler*). Dernier compteur de la chaîne, il est paramétrable pour compter jusqu'à 1, 2...16. Tout dépassement provoque la mise à un de l'indicateur *TMR2IF* – qui, si activé, déclenche une interruption.

Pour la commande de l'afficheur, il y a quatre registres à obser-

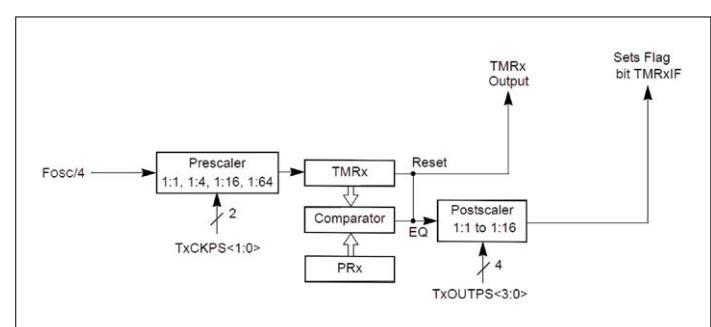


Figure 5. Structure d'un module temporisateur (*timer*) dans le cas du µC PIC16F1829.

ver. Le registre *T2CON* en est un. Le **tableau 2** décrit l'affection des différents bits. On voit que les deux bits de poids faible du registre *T2CON* définissent le diviseur du prédiviseur. Le **tableau 3** donne des informations de configuration. Le bit *TMR2ON* active ou désactive le temporisateur 2. Les quatre bits restants de *T2OUTPS* définissent le diviseur du postdiviseur (cf. **tab. 4**).

Le code du micrologiciel explicite l'usage des trois derniers registres requis. L'initialisation de l'interruption et du temporisateur 2 se fait de la façon suivante : dans *Step 1* du **listage 2**, le prédiviseur est paramétré à 1:64 (*T2CKPS<1:0>* = 11), le postdiviseur à 1:1 (*T2OUTPS<3:0>* = 0000). *TMR2* est ensuite mis à « 0 », d'où un comptage incrémentiel. Ensuite on écrit la valeur 02h dans le registre *PR2*, ce qui provoque une interruption lorsque *TMR2* atteint cette valeur. Le choix d'un postdiviseur égal à 1 le désactive de fait.

*Step 2* concerne la configuration de l'interruption. Le paramétrage à « 1 » de *TMR2IE* du registre *PIE1* active l'interruption du temporisateur 2. Il ne reste plus maintenant qu'à activer un commutateur d'interruption globale par la mise à « 1 » des bits 6 et 7 du registre *INTCON*.

On a, dans *Step 3*, comme dernière étape de l'initialisation, le démarrage de *TIMER2*.

Intéressons-nous maintenant à l'ISR (**Interrupt Service Routine** = routine de service d'interruption) du **listage 3** : il est évident qu'il est inutile, au début, de sauvegarder les registres (ni *W*, *STATUS* ou tout autre). La 3<sup>e</sup> partie du premier cours intensif [2] décrivait la sauvegarde des registres *W* et *STATUS* du µC PIC12F675. Ici c'est inutile, vu que chaque µC de cette famille se charge automatiquement de la sauvegarde du contexte. Lors d'une interruption, le matériel se charge de sauvegarder les contenus des registres *W*, *STATUS*, *BSR* et *FSR*.

**Tableau 2. T2CON : registre de commande de Timer 2**

bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
U-0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0	R/W-0/0
-	T2OUTPS<3:0>						TMR2ON
	T2CKPS<1:0>						

### Listage 2

```
;Step 1: paramétrage du temporisateur
timer2_init movlw B'00000011'
;T2CON, TMR2 et PR2 sont dans BANK 0
=> pas besoin de sélection de banque
  movwf T2CON
  clrf TMR2
  movlw D'002'
  movwf PR2 ; dépassement après 2 impulsions
;
;Step 2: paramétrage de l'interruption
```

```
banksel PIE1
clrf PIE1
clrf PIE2
bsf PIE1,TMR2IE ; activer l'interruption TMR2
clrf BSR ; sélection de la BANK 0
movlw B'11000000'
movwf INTCON
;
;Step 3: démarrer TIMER2
bsf T2CON,D'002' ; démarrer TIMER2
return
```

### Listage 3

```
;-----
;Routine de service d'interruption
;-----
;Step 1
ir_main clrf BSR
;effacement du bit GIE de INTCON dans HW
;
;Step 2
  movf v_curr_p,0
  xorlw D'000'
  btfsc STATUS,Z
  call ishow_digit0 ; LD0 actif
;
  movf v_curr_p,0
  xorlw D'001'
  btfsc STATUS,Z
  call ishow_digit1 ; LD1 actif
;
  movf v_curr_p,0
  xorlw D'002'
```

```
btfsc STATUS,Z
call ishow_digit2 ; LD2 actif
;
  movf v_curr_p,0
  xorlw D'003'
  btfsc STATUS,Z
  call ishow_digit3 ; LD3 actif
;
;Step 3
irs_fin_prep incf v_curr_p,1
  movf v_curr_p,0
  xorlw D'004'
  btfsc STATUS,Z
  clrf v_curr_p ; démarrer nouveau cycle
;
;Step 4: terminer la routine de service
d'interruption
irs_fin clrf TMR2
  bcf PIR1,TMR2IF ; effacer la source
d'interruption
  retfie ; positionner aussi bit GIE de INTCON
```

(à décrire ultérieurement) dans des « registres fantômes ». Lors de l'exécution de l'instruction de retour d'interruption « *retfie* » (*return from interrupt*), les contenus d'origine sont automatiquement restaurés. C'est une bonne chose !

Dans *Step 1* du traitement de l'ISR, le registre BSR est mis à zéro ; on accède ainsi aux registres de *BANK 0*.

*Step 2* comporte quatre sections de code quasiment identiques. On y vérifie quelle position de l'afficheur doit être activée, information trouvée dans la variable *v\_curr\_p*. Les quatre instructions par section comparent, avec une fonction EXOR, la valeur du moment de *v\_curr\_p*, 0, 1, 2 ou 3. Si, p. ex. on a 2, après exécution de l'instruction *xorlw D'002'* le bit Z du registre d'état est mis à « 0 » (une opération EXOR sur deux opérandes égaux a pour résultat 0) et donc il y a exécution de l'instruction suivante, *call ishow\_digit2*.

Dans *Step 3*, la variable *v\_curr\_p* est incrémenté de sorte que lors de la prochaine interruption c'est la position suivant de l'afficheur qui se verra désignée.

On vérifie ensuite si *v\_curr\_p* est égale à 4. Dans ce cas, il y a eu un dépassement de ce compteur de position, raison pour laquelle *v\_curr\_p* est remise à « 0 » ; ainsi, lors du cycle suivant, on redémarre à la première position de l'afficheur.

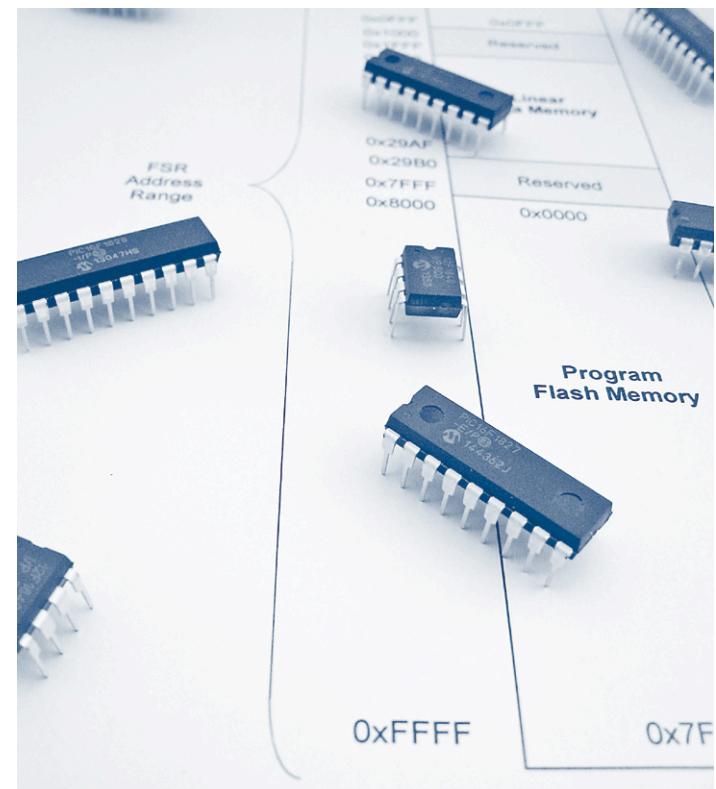
*Step 4* n'est en fait rien de plus que quelques opérations de clôture.

## BRW

Le PIC de type 12F675 « connaît » 35 instructions. La nouvelle famille plus récente et utilisée ici, avec les 49 instructions du « *Enhanced Instruction Set* », en a encore plus. L'instruction *BRW* est l'une d'entre elles : elle permet, dans une ISR, d'économiser bien du temps et beaucoup de mémoire de programme. *BRW* (*relative BRanch with W*) est en fait une instruction de saut sans paramètre additionnel. D'où sa syntaxe ultra simple :

**brw**

L'instruction ajoute le contenu du registre *W* au compteur d'instructions (PC pour *Program Counter*). Ainsi, l'exécution du programme est interrompue et reprise à un autre endroit. La distance de l'endroit est donnée par le registre *W*. On peut utiliser l'instruction à chaque fois que l'on veut introduire un branchement multiple qui soit fonction d'une variable dans le déroulement du code. Elle permet, p. ex., d'exécuter quatre sections de code différentes en fonction du contenu du registre *W*. Si *W* = 0, on aura exécution de la section *Path1* et pour *W* = 1 celle de la section *Path2*, etc. (cf. **listage 4**).



Le registre *W* commence par se voir affecter la valeur 02h, l'instruction *BRW* est ensuite exécutée. Puisque l'on a addition de la valeur de *W* au CO, l'instruction suivante à exécuter n'est pas *goto path1*, mais *goto path3*. De ce fait, on saute à la section de code de *Path3*.

*BRW* permet donc de simplifier sensiblement le code de l'ISR. On peut, par son biais, réaliser un branchement élégant, en fonction de *v\_curr\_p*, vers l'une des quatre sous-routines *ishow\_digitx*. Dans le **listage 5** il n'y a, logiquement, rien de changé dans *Step 1*, 3 et 4. *Step 2* au contraire a été subdivisé : dans *Step 2a*, on fait appel à une nouvelle technique de décision. Dans *Step 2b*, on utilise l'instruction *BRW* et on a, en fonction

## Listage 4

```

movlw B'00000010' ; W = 02h
brw
  goto path1
  goto path2
  goto path3
  goto path4
;
; autre code ici...
;
path1 nop
;
path2 nop
;
path3 nop
;
path4 nop

```

**Tableau 3. configuration du prédiviseur**

T2CKPS<1:0>	diviseur
00	1
01	4
10	16
11	64

**Tableau 4. configuration du postdiviseur**

T2OUTPS<3:0>	diviseur
0000	1
0001	2
0010	3
...	...
1111	16

du contenu de *v\_curr\_p*, branchement vers l'une des quatre routines pour la position d'afficheur concernée. Si *v\_curr\_p* = 0, on a exécution de *ishow\_digit0* et, dans le cas d'une valeur de 1, *ishow\_digit1* et ainsi de suite. Au lieu de 4 x 4 instructions, il n'en faut plus que sept au total.

Les sous-routines *ishow\_digit0* à *ishow\_digit3* sont presque identiques, la seule différence est la sortie (RB4 à RB7) qui présentera un « 0 » logique et activera donc la position de l'afficheur correspondante. Les sous-routines s'expliquent d'elles-mêmes. Signalons l'utilisation ici d'une sorte de mémoire vidéo. Il y a quatre emplacements de mémoire (variables *v\_pos0* à *v\_pos3*) pour stocker les données à afficher. Ces quatre variables servent d'interface entre l'application principale et le pilote d'affichage qui se cache dans l'ISR décrite. L'application principale stocke les données à afficher dans la mémoire vidéo. Le pilote d'affichage les lit et les affiche. Pour éviter que l'application n'ait à se soucier du codage des caractères, il faut effectuer une conversion des valeurs numériques en segments de LED à allumer. Si l'une des variables de la mémoire vidéo contient la valeur 00h, il apparaîtra un « 0 » à l'emplacement

correspondant. Dans le programme d'exemple, onze caractères différents ont été définis : 0 à 9 et « - », ce dernier caractère est codé 0Ah.

Pour que le pilote d'affichage affiche le caractère correct, il reste encore à définir une sorte de « jeu de caractères » sous forme d'un tableau. Pour un « 1 » par ex., il faudra activer les segments « B » et « C ». Pour cela, sur le circuit, les sorties RC1 et RC2 doivent être mises à « 1 », RC0 et RC3 à RC7 à « 0 ». L'instruction *BRW* convient également fort bien pour mettre en place ce tableau. Il nous faut encore un petit complément fourni par l'instruction du paragraphe qui suit.

### RETLW

*RETLW* est en fait une variante de l'instruction *RETURN*. Cette dernière est utilisée pour quitter une sous-routine et revenir au programme d'appel. *RETLW* (*RETurn with Literal in W*) est similaire à *RETURN*, à ceci près que l'on peut la doter d'un paramètre. Ce paramètre représente une constante qui, lors du saut de retour, est stockée dans le registre *W*.

Sa syntaxe est :

### Listage 5

```
;-----
;ISR avec instruction bwr
;-----
;Step 1
ir_main clrf BSR
;effacement du bit GIE de INTCON dans HW
;
;Step 2a
  movf v_curr_p,0
  call ishow_digits
;
;Step 3
irs_fin_prep incf v_curr_p,1
  movf v_curr_p,0
```

```
xorlw D'004'
btfsf STATUS,Z
  clrf v_curr_p ; démarrer nouveau cycle
;
;Step 4: finalize ISR
irs_fin clrf TMR2
  bcf PIR1,TMR2IF ; effacer la source
d'interruption
  retfie ; positionner aussi bit GIE de INTCON
;
;Step 2b
  ishow_digits brw
    goto ishow_digit0
    goto ishow_digit1
    goto ishow_digit2
    goto ishow_digit3
```

### Listage 6

```
wm_char_set brw
  retlw B'00111111' ; "0"
  retlw B'00000010' ; "1"
```

```
retlw B'01011011' ; "2"
  retlw B'01001111' ; "3"
  retlw B'01100110' ; "4"
  retlw B'01101101' ; "5"
  retlw B'01111101' ; "6"
```

```
retlw B'00100111' ; "7"
  retlw B'01111111' ; "8"
  retlw B'01101111' ; "9"
  retlw B'01000000' ; "-"
```

### Listage 7

```
demo_loop  nop
  call dr2
  incf v_pos3,1
  movf v_pos3,0
  xorlw H'0A'
  btfss STATUS,Z
  goto demo_loop
;
  clrf v_pos3
  incf v_pos2,1
```

```
  movf v_pos2,0
  xorlw H'0A'
  btfss STATUS,Z
  goto demo_loop
;
  clrf v_pos2
  incf v_pos1,1
  movf v_pos1,0
  xorlw H'0A'
  btfss STATUS,Z
  goto demo_loop
```

```
;      clrf v_pos1
      incf v_pos0,1
      movf v_pos0,0
      xorlw H'0A'
      btfss STATUS,Z
      goto demo_loop
;
      clrf v_pos0
      goto demo_loop
```

```
retlw k
```

Comme le montre le **listage 6**, il est extrêmement facile de réaliser un « jeu de caractères » avec une combinaison *BRW* + *RETLW*. Lorsqu'on appelle la sous-routine *wm\_char\_set* et que le registre *W* contient alors la valeur 07h, l'exécution du code se poursuit, par le biais de l'instruction *BRW*, avec la ligne qui définit le caractère « 7 ». On a ainsi, renvoi de la séquence de bits du caractère concerné.

### Compteur de 0000 à 9999

Il est temps maintenant de tester la théorie par un exemple pratique simple. Nous avons tout pour visualiser le contenu de la mémoire vidéo. Pour ce test, nous allons écrire une application principale simple qui produit des données sous la forme d'un compteur qui s'incrémente de 0000 à 9999 et qui redémarre ensuite à 0000. Le pilote d'affichage décrit affiche alors l'état actuel du compteur.

L'application principale prend la forme d'une boucle sans fin qui crée ce compteur et écrit l'état actuel du compteur dans les quatre variables de mémoire vidéo. La boucle sans fin *demo\_loop* du **listage 7** contient le compteur incrémental. Chaque changement du compteur est suivi d'une petite pause (*call dr2*), pour éviter que le compteur n'aille trop vite. On pourra, pour étudier le comportement du pilote d'affichage, effectuer de petites modifications et en observer les consé-

quences. Ralentir *Timer 2* p. ex. pour voir l'effet produit sur l'affichage. Si, p. ex. on fait passer la valeur du postdiviseur de 1 à 16 et que l'on initialise le registre PR2 non pas avec 02h, mais avec FFh, on voit très bien l'activation lente et successive des différents chiffres.

### Perspectives

Cet exemple clôture le premier article de la seconde série de notre cours intensif d'assembleur. Le code complet est disponible au téléchargement sur la page de cet article [3]. Le prochain épisode traitera de l'adressage indirect. Il vous proposera bien entendu un autre exemple pratique.

En cas de question concernant le code et cet exemple, voici mon courriel : [miroslav.cina@t-online.de](mailto:miroslav.cina@t-online.de). 

(150518 – version française : Guy Raedersdorf)

### Liens

- [1] PIC1XF18XX: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001413E.pdf>
- [2] Troisième partie du premier cours : [www.elektormagazine.fr/150393](http://www.elektormagazine.fr/150393)
- [3] Téléchargement du logiciel : [www.elektormagazine.fr/150518](http://www.elektormagazine.fr/150518)

Publicité

## EXPERIENCE, COMPETENCE, IDEES, TALENT & ENVIES

**Vous avez de l'expérience, des compétences, des idées, du talent et des envies d'aller de l'avant dans la jungle des réseaux et des protocoles ?**

Les fauves et les moustiques appelés *LoRa*, *SigFox*, *Neul*, *Qowisio*, *ThingSpeak*, *Brillo*, *Nest Weave*, *Thread*... ne vous effrayent pas ? Ce ne sont pas ces quelques réseaux à bas débit sur longue distance qui vous font perdre le nord ?

Pour vous orienter dans le monde de l'Internet des Objets, vous avez déjà pratiqué une ou plusieurs cartes d'expérimentation : Elektor vous invite à partager vos connaissances maintenant en publiant **votre livre !**

Forts de notre expérience d'éditeur, nous vous accompagnerons dans l'écriture de votre ouvrage et nous chargerons de la mise en page, de l'impression, de la commercialisation en librairie et bien sûr sur l'internet (notamment chez Amazon).

La relation éditeur-auteur est encadrée par un contrat d'édition qui stipule vos droits d'auteur sous la forme d'un pourcentage déterminé du prix de vente.

Présentez-nous votre projet en nous envoyant une description et un projet de sommaire par courriel à **redaction@elektor.fr**.



# z'avez pas vu LoRa™ ?



## technique du futur de l'IdO à M2M

L'Internet des Objets ou IdO (*IoT*) est la prochaine étape vers l'interconnexion globale des machines (M2M). Des systèmes astucieux sur de petits appareils alimentés par batterie devraient nous simplifier la vie, mais posent de nouvelles exigences à la technologie sans fil sur laquelle ils reposent. Un critère essentiel est la portée de ces transmissions par radio. Les systèmes sans fil classiques comme WLAN ou Bluetooth n'ont qu'un rayon d'action limité, quelques dizaines de mètres, les appareils en bande ISM ne dépassent pas le kilomètre. LoRa est alors une solution pour aller plus loin.

**Norbert Schmidt**, IMST GmbH

Pour la communication de machine à machine (M2M), on utilise d'habitude des nœuds terminaux de prix modique. Raison pour laquelle la technique sans fil doit aussi être bon marché. Comme la technique WLAN et la téléphonie mobile sont généralement trop coûteuses pour ce domaine d'application, on se tourne vers l'exploitation de la classique bande de fréquences ISM, accessible sans redevance.

Une nouvelle technique radio du nom de LoRa™, acronyme de **Long Range**, développée et brevetée par la société Semtech, offre une solution à la fois économique et à plus longue portée. En comparaison des systèmes radio classiques dans la bande ISM, LoRa atteint une portée de 15 km selon les conditions de visibilité. C'est ce qui va permettre de combler les lacunes de la téléphonie mobile et d'étendre immanquablement la mise en œuvre de la radio aux applications M2M.

### Meilleur récepteur

Pour allonger la distance couverte par une liaison radio, on peut jouer sur la puissance d'émission, mais aussi améliorer la **sensibilité** du récepteur. Il s'agit du seuil de puissance nécessaire à l'entrée du récepteur pour reproduire valablement le signal émis. La sensibilité de beaucoup de systèmes sans fil à courte portée se situe dans l'ordre de grandeur de  $-100$  dBm, on compte sur  $-90$  dBm avec Bluetooth et  $-100$  dBm pour Zigbee. S'il est possible d'augmenter la sensibilité, la même puissance d'émission permettra de couvrir une plus longue distance. Avec la technologie LoRa, Semtech a réussi à pousser la sensibilité de réception dans la bande ISM jusqu'à  $-137$  dBm, et donc augmenter nettement la portée.

L'accroissement de sensibilité s'obtient en étalant le spectre. Au lieu de n'utiliser que le minimum nécessaire à la transmission, la largeur de bande est nettement élargie. C'est

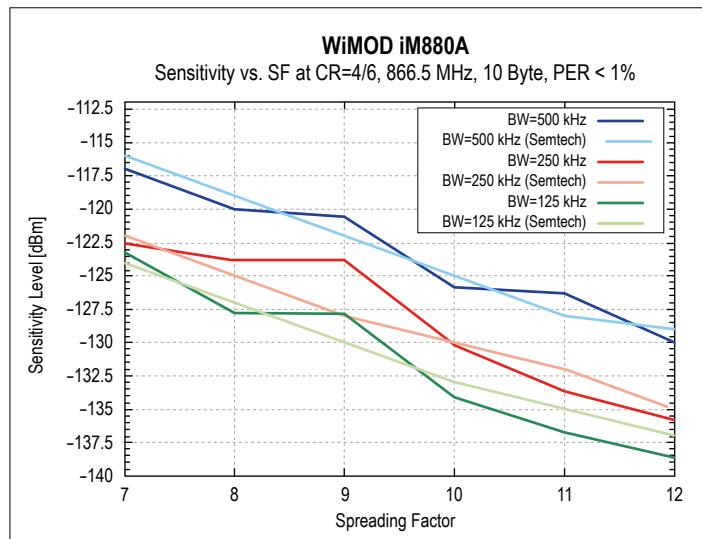


Figure 1. La sensibilité du module radio iM880A en fonction de la largeur de bande et du facteur d'étalement.

ce qui estampille le signal d'une signature particulière sur laquelle le récepteur peut établir une corrélation. Ainsi, la largeur de bande est ramenée à sa valeur normale, mais l'énergie de réception est augmentée de plusieurs dB. Les réalisations pratiques existantes s'approchent très fort des caractéristiques mentionnées dans les fiches techniques des puces radio SX1272 et SX1276. La **figure 1** montre la sensibilité du module radio LoRa iM880A-L de la **figure 2** comparée aux valeurs à atteindre selon la fiche technique en fonction du facteur d'étalement. On remarque qu'avec des spectres très étalés en particulier, on obtient bien les spécifications données.



Le rapport entre largeur de bande et débit binaire ne doit pas être fixe, il peut différer d'une transmission à l'autre et même sur chaque canal. Une caractéristique essentielle du trancéteur radio LoRa est donc le découplage entre bande passante et débit. Le facteur d'étalement de bande autorise un réglage souple de ce rapport. Le remodelage du spectre permet de couvrir des distances de plus de 15 km avec de faibles débits binaires. La **figure 3** montre la relation entre débit binaire et facteur d'étalement ; en général, le facteur d'étalement est maximal pour les plus grandes distances.

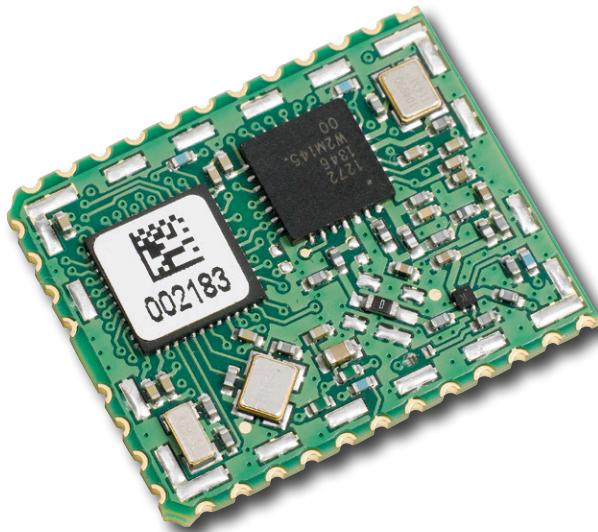


Figure 2. Le module radio LoRa iM880A-L de la société IMST GmbH.

Le canal de transmission d'un nœud terminal est pour l'essentiel caractérisé par la fréquence réglée et le facteur d'étalement, c'est la signature du spectre. Plusieurs transmissions peuvent avoir lieu en même temps pour autant que les signatures soient différentes, parce que les signatures dans l'espace du signal sont perpendiculaires les unes aux autres. Cette perpendicularité signifie que la corrélation dans le récepteur ne peut se faire que sur sa propre signature et que les signaux reçus avec d'autres signatures sont éliminés par la corrélation. On en arrive ainsi, avec trois spécifications de largeur de bande (125 kHz, 250 kHz, 500 kHz) et sept possibilités d'étalement du spectre (SF6, SF7, ... SF12), à 21 configurations différentes, qui donnent

des débits binaires nominaux de 290 bit/s jusqu'à 37,5 kbit/s. La fréquence porteuse pour LoRa se trouve dans la bande ISM européenne de 868 MHz. Dans d'autres pays, on utilise les bandes de 915 MHz, 433 et 477 MHz.

### Concentrateur et facteur d'étalement

LoRa permet de créer des réseaux radio dans lesquels une seule cellule peut couvrir plusieurs kilomètres carrés. Par cellule, on peut compter des centaines de nœuds terminaux qui doivent donc être harmonisés et administrés dans cette cellule. C'est

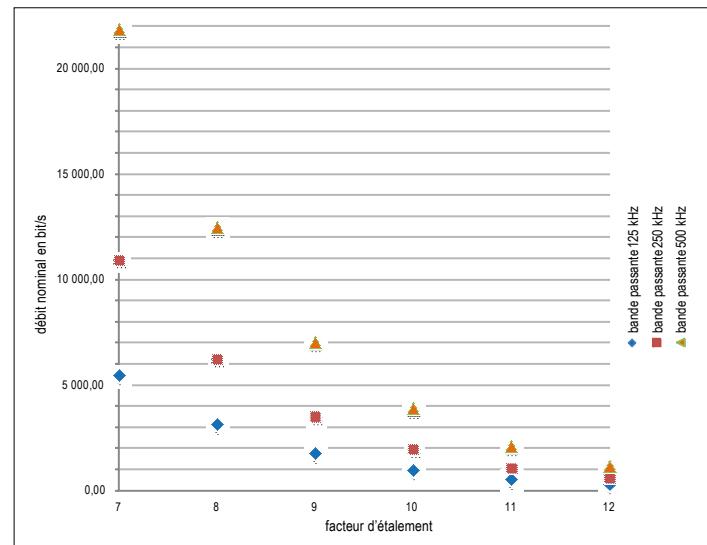


Figure 3. Représentation schématique du rapport entre débit binaire et facteur d'étalement.

réalisé dans cette architecture par le point central des nœuds de communication (*hub*) de la cellule, il s'appelle **concentrateur** et sert de passerelle LoRa. Comme centre de gravité du réseau étoilé, il doit pouvoir recevoir de nombreux canaux en parallèle et du coup, pouvoir gérer des distances et des débits différents. Pour la réalisation de concentrateurs, Semtech, tout comme pour les nœuds de capteurs, propose des modules radio intégrés (SX1255, SX1257, SX1301) qui, grâce à leur architecture particulière et plus complexe que celles des nœuds terminaux, peuvent effectuer toutes ces réceptions parallèles. Dans cette optique, la société IMST GmbH entre autres base son concentrateur sur la puce SX1301 de Semtech. Il est cer-

tifié conforme à la directive européenne R&TTE et propose de multiples possibilités d'accès aux médias et de mise en réseau. Avec une sensibilité de réception allant jusqu'à  $-138$  dBm et une puissance de sortie limitée à  $20$  dBm, ce concentrateur permet avec LoRa une longue portée dans toute l'étendue de la cellule. Il peut démoduler simultanément dix canaux indépendants les uns des autres. Huit de ces voies servent à la réception sur une largeur de bande de  $125$  kHz. Il permet de travailler avec tous les facteurs d'étalement utilisés (SF7 à SF12) selon toutes les normes de LoRaWAN, sans devoir faire d'al-

La structure en étoile avec un central de communication au milieu offre de grands avantages dans la gestion des nœuds terminaux. Alors qu'avec des réseaux distribués, il faut une grande quantité de protocoles pour en assurer l'administration, ce contrôle centralisé et la disponibilité immédiate du concentrateur pour les terminaux la réduit à un minimum. Il en découle une utilisation optimale de la capacité radio et une nette diminution de consommation d'énergie pour les terminaux. C'est un gros avantage, parce qu'ils fonctionnent généralement sur batterie.

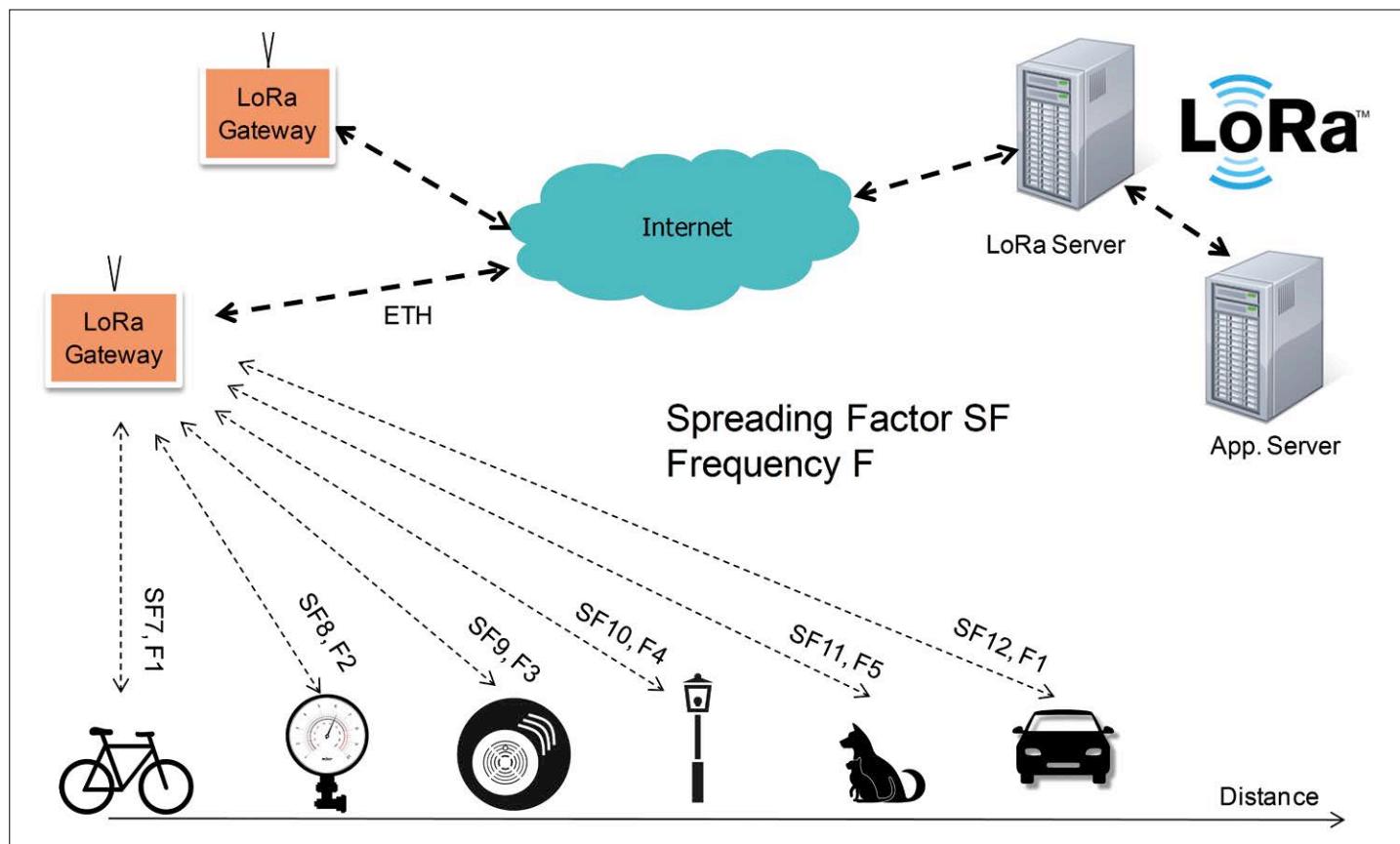


Figure 4. Le réseau LoRaWAN composé de terminaux, passerelles, serveurs de réseau et d'applications.

location fixe. En raison de la perpendicularité des séquences d'étalement utilisées, il peut aussi recevoir en même temps sur une seule fréquence des paquets émis selon différentes séquences d'étalement. C'est réellement ce qui lui permet de recevoir en parallèle des informations simultanées en provenance de différents terminaux.

La neuvième voie est utilisée en émission et réception pour les plus larges bandes (250 kHz et 500 kHz), mais doit pour cela garder une configuration fixe du facteur d'étalement. La dixième voie est disponible en émission et réception à modulation conventionnelle (G)FSK, comme il était d'usage normalisé dans les bandes ISM. En raison de la perpendicularité des séquences d'étalement utilisées, plusieurs abonnés peuvent aussi disposer ensemble d'une même fréquence, pour autant que leurs données soient modulées avec des séquences d'étalement différentes. C'est ce qui permet de grandes cellules de trafic avec des centaines d'abonnés.

### Logiciel et protocoles

Évidemment, le logiciel du système qui exécute la pile de protocoles doit tenir compte correctement des nouvelles facultés de l'interface radioélectrique. L'accès aux médias, pour rencontrer la capacité maximale, doit être optimisé en vue de réduire au minimum le nombre de collisions sur le canal radio et les interférences cumulatives pour assurer à l'abonné une réception sans perturbation. On y arrive entre autres en adaptant à tout moment la puissance d'émission et le facteur d'étalement à la situation du réseau radio et spécifiquement en fonction des débits binaires exigés et de la distance des terminaux avec le central. La couche d'accès aux médias (MAC) résout la difficulté au moyen d'un réglage adaptatif du débit (ADR) de données. Pour remplir au mieux les conditions réglementaires, on songe en plus à des procédés d'agilité de fréquence adaptative (AFA) ainsi qu'à l'écoute avant d'émettre (LBT). On pourrait éviter ainsi à l'avenir les limitations réglementaires actuelles du rapport cyclique.

## Cellules, passerelles et réseaux

Les systèmes de communication LoRa viendront prochainement compléter idéalement les réseaux mobiles : il n'y a pas de frais pour la transmission de données, les terminaux et les concentrateurs sont bon marché et des distances de l'ordre de celles atteintes actuellement par les cellules de téléphonie mobile sont tout à fait abordables. La topologie des cellules des systèmes LoRa s'adapte donc bien à celles des opérateurs de téléphonie mobile. La **figure 4** schématisé l'architecture d'un de ces réseaux. Les passerelles construites à partir des concentrateurs permettent la connexion à l'internet, que ce soit par téléphonie mobile, DSL, Ethernet ou WLAN.

La télémétrie est une mine d'applications pour la technique LoRa, elle demande des transmissions de données à débit modéré sur de longues distances. À titre d'exemple, citons l'agriculture, l'industrie, la logistique, les activités environnementales, l'enregistrement des consommations, la surveillance citadine, la domotique.

La grande superficie couverte par un seul concentrateur signifie aussi que de nombreuses applications se situent à portée de ces concentrateurs. Il y a sans doute dans la même cellule autant de capteurs différents que d'abonnés variés.

Il existe une belle occasion de normalisation de la technique de transmission, mais aussi de celle du système sous-jacent. L'idéal serait qu'un seul concentrateur puisse servir de passerelle pour différents abonnés et que leurs données soient quand même individualisées dans une banque de données de l'infrastructure et y restent à disposition pour être redemandées.

## Coordination souhaitée

L'interaction et la compatibilité mutuelle des systèmes seront développées par un nouveau comité d'harmonisation du nom de « LoRa™ Alliance » ([www.lora-alliance.org](http://www.lora-alliance.org)) et spécifiées dans une norme. Travaillent ensemble dans ce comité, des fabricants de semi-conducteurs ou de produits radio, des sociétés spécialisées dans le logiciel ou les techniques de l'information, des organismes de contrôle et des opérateurs de téléphonie mobile pour faire approuver une norme harmonisée d'un système écologique LoRa.

Depuis la fondation de *LoRa Alliance* au Mobile World Congress à Barcelone en mars 2015, le nombre de membres de l'alliance a grimpé en flèche de 29 au début à 225 entreprises, compte arrêté au 22 février 2016. L'une des raisons en est certainement la prévision par les analystes de la croissance dans les prochaines années des applications LPWAN.

Le terme LPWAN (*Low Power Wide-Area Network*) recouvre un ensemble de techniques capables de former des réseaux de communication de grande envergure en raison de leur large couverture radio (*Wide Area*) tout en permettant l'alimentation sur batterie de chaque terminal en service (*Low Power*) pendant plusieurs années. Ces exigences de portée et de sobriété sous-entendent un débit de données assez faible, qui en réalité dépend de l'utilisation qui en est faite. Une troisième exigence pour des composants peu onéreux (*Low Cost*) est en définitive un critère essentiel pour la plus grande diffusion possible d'une technique. La technique sans fil de LoRa est, en particulier par

la normalisation en cours et l'harmonisation, un candidat probable pour l'implémentation de LPWAN.

## Classes d'appareils

La topologie en étoile utilisée permet de raccourcir l'amoncellement de protocoles (sous forme d'une simple couche de réseau) et de reporter la complexité du système sur un seul point central par étoile. C'est au profit de la simplicité et de la modicité de coût des terminaux. Dans la norme LoRaWAN, il y a actuellement trois classes d'appareils : A, B et C. Les terminaux de classe A accèdent au canal radio lors d'un événement, comme la réception d'une mesure du capteur, pour transmettre leur paquet de données. À l'intérieur du paquet, il peut y avoir une demande d'accusé de réception (*Confirmed*). Après le cycle d'émission, le terminal ouvre deux fenêtres temporelles successives pour pouvoir recevoir la confirmation et éventuellement d'autres données de la passerelle au point central. Les terminaux de classe B travaillent comme les A, mais sont en plus capables de négocier avec la passerelle/le serveur des fenêtres de réception supplémentaires, grâce aux balises de synchronisation (*Beacon*) envoyées par la passerelle. Les terminaux de classe C n'ont généralement pas d'alimentation autonome du fait qu'on peut les configurer en réception permanente.

Pour certifier ces normes, des laboratoires de test proposent déjà des essais d'appareils de classe A, les autres classes suivront. Les procédures de test OTAA (*Over The Air Activation*), ABP (*Activation by Personalization*) ainsi que l'agilité de fréquence sont déjà établies et enregistrées dans un rapport d'essai. Si, lors des essais, une panne survient ou des lacunes sont observées, on peut encore y remédier pendant le déroulement des tests.

Une fois certifiées, les différentes applications peuvent être introduites sans encombre sur les réseaux LoRaWAN. C'est donc une plateforme idéale pour transplanter efficacement et en toute conformité les applications les plus diverses dans un réseau qui assure une haute qualité durable. Par conséquent, dans les années à venir, on s'attend à une forte augmentation d'applications LoRaWAN dans des réseaux en croissance permanente. ►

(150809 – version française : Robert Grignard)

## IMST

La société allemande IMST GmbH ([www.imst.de](http://www.imst.de)), installée près de Düsseldorf, est un bureau d'étude et un centre de développement de modules radio, de systèmes de communication, de conception de puces, d'antennes, de logiciel de CAO, avec certification réglementaire et un centre d'essais accrédité. IMST propose aussi bien des produits normalisés comme des modules radio avec matériel et logiciel, que le développement de systèmes complets et de produits.



(presque) tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur ...

# LoRa

L'internet des objets arrive à grands pas, et la norme radio LoRa pourrait y jouer un rôle essentiel. Nous avons voulu savoir pourquoi.

Réponses de **Norbert Schmidt**,  
IMST (Allemagne)

**Q** *Qu'est-ce LoRa ?*

**R** LoRa™ (acronyme de **Long Range** - longue portée) est une *solution* de transmission de données par radio, développée et brevetée par la société Semtech ; elle opère dans la bande ISM, disponible sans licence, avec des portées jusqu'à 15 km. LoRa va permettre de créer des réseaux radio qui peuvent couvrir plusieurs kilomètres carrés avec une seule cellule. Une passerelle par cellule relie les nœuds finaux à l'internet classique.

**Q** *En quoi LoRa se distingue-t-il de ses concurrents dans le domaine du WAN (Wide Area Network) ?*

**R** La technologie LoRa se caractérise par une très faible consommation d'énergie des nœuds

terminaux (surtout au repos) et permet ainsi un fonctionnement sur pile pendant de nombreuses années. Par ailleurs, le coût des nœuds terminaux par rapport à d'autres technologies est très faible. Contrairement à des concurrents comme SigFox, les fournisseurs de réseau LoRaWAN sont nombreux, et il y a donc aussi une concurrence entre les opérateurs. En outre, l'exploitation d'un réseau radio n'est soumise à aucune taxe, ce n'est pas le cas avec téléphonie mobile.

**Q** *Quand pouvons-nous espérer une couverture des grandes villes d'Europe ?*

**R** Le déploiement de réseaux LoRa a déjà commencé dans de nombreux pays européens. En Suisse, aux Pays-Bas, en France, en Pologne, en République tchèque, en Russie et en Allemagne, de grands opérateurs de réseaux de communication ont commencé à créer des réseaux publics LoRa. Outre les réseaux publics, de nombreux réseaux privés apparaissent pour des applications spéciales. Pour s'assurer que les nœuds finaux de différents fabricants puissent communiquer entre eux, l'Alliance LoRa [1] a déjà lancé un programme de certification pour les appareils compatibles LoRaWAN.

**Q** *LoRa se destine-t-il uniquement aux clients industriels ou cible-t-il aussi les jeunes entreprises, des groupes d'universitaires, etc. ?*

**R** Avec LoRa, on dispose d'une technologie radio pour différentes appli-

cations, mais aussi pour des groupes de clients très différents. À côté de réseaux LoRaWAN publics, il est possible de créer de petits réseaux privés et propriétaires ; l'existence de nombreux outils de développement et de multiples versions de micrologiciels facilite et accélère leur mise en œuvre et leur test. Pour la recherche, LoRa offre aussi un grand potentiel, par exemple pour des problématiques telles que la capacité du réseau et la capacité de localisation des nœuds finaux.

**Q** *Quel matériel trouve-t-on déjà ?*

**R** Aujourd'hui, tous les composants comme les passerelles LoRa et les infrastructures de serveur associées, ainsi que les nœuds finaux, sont disponibles pour créer un réseau LoRa. Pour les clients qui veulent développer des solutions eux-mêmes, il existe différents modules tels que l'iM880B-L [2] à intégrer dans les nœuds finaux ou le module concentrateur iC880A [3] de type frontal (*frontend*) pour les passerelles. ▀

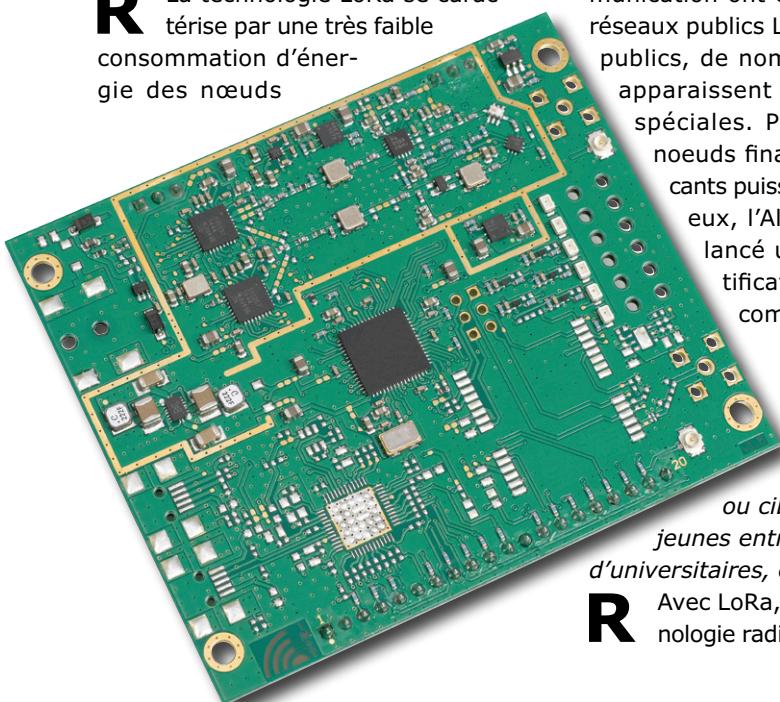
150748 (version française : Eric Dusart)

## Liens

[1] [www.lora-alliance.org](http://www.lora-alliance.org)

[2] [www.wireless-solutions.de/products/radiomodules/im880b-l](http://www.wireless-solutions.de/products/radiomodules/im880b-l)

[3] [www.wireless-solutions.de/products/long-range-radio/ic880a](http://www.wireless-solutions.de/products/long-range-radio/ic880a)



# I'œil magique en S-mètre

## drôle de composant n°24

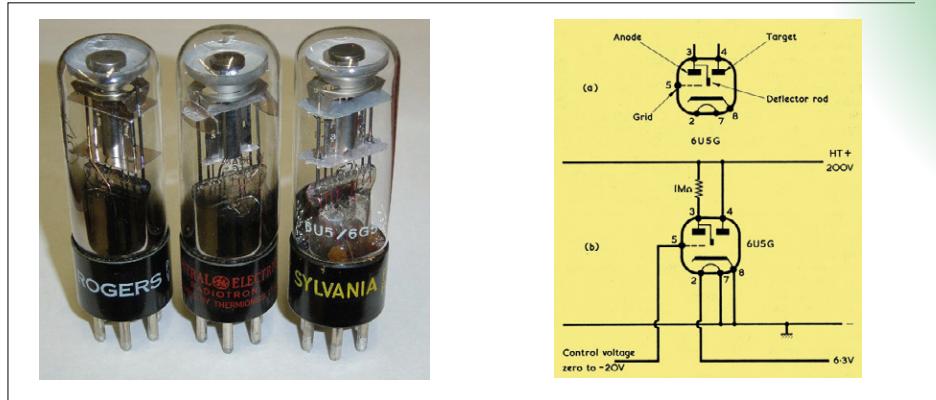


Figure 1. Un œil magique du type 6U5G de différents fabricants et son brochage [1].

**Neil Gruending** (Canada)

Je me demande si vous savez (encore) ce qu'il se passe chaque fois que vous réglez votre poste de radio sur une station AM ou FM. Les récepteurs modernes se syntonisent automatiquement avec grande précision, mais sur les appareils analogiques, il fallait faire soi-même l'accord et, à l'oreille, ce n'était pas toujours facile. Normalement, on cherchait le plus fort du signal, mais quand le circuit comportait une commande automatique de gain (AGC) ou de volume (AVC), où le trouver ?

Une solution réside dans l'indicateur de

force du signal comme sur le S-mètre des radioamateurs. On a beaucoup fait appel au galvanomètre parce qu'il peut servir aussi bien à montrer l'intensité du champ, en AM comme en FM, qu'à régler finement le discriminateur FM, avec un zéro central. Toutefois dans les années 1930, il n'y avait pas de stations FM et ces instruments étaient trop chers pour les radios grand public, à cause de la sensibilité nécessaire. On a alors trouvé une meilleure solution : l'œil magique ou cathodique dans un tube à vide.

Le modèle original est le type 6U5G (**fig. 1**). C'est un tube triode dont l'anode est reliée à une électrode cylindrique qui sert de déflecteur, tandis que la cathode est connectée à l'électrode cible, une sorte de tronc de cône métallique au sommet de l'ampoule, alors que le cylindre passe à travers la cible pour régler le flux d'électrons. Si la grille est à 0 V, aucun courant n'atteint l'anode, donc la cible et le déflecteur sont au même potentiel. Une tension négative de grille permet au courant de passer, ce qui augmente la différence de potentiel entre la cible et le déflecteur. Ce courant maximal s'obtient pour une tension de grille d'environ -20 V. L'effet d'œil magique qui émerveillait les enfants se produit quand la cible s'éclaire ou devient fluorescente sous l'action de la haute tension qui lui est appliquée, en fonction du cylindre déflecteur, comme



à la **figure 2**. Quand le déflecteur est le plus négatif par rapport à la cible, comme à la **figure 2a**, la partie sombre est très étroite parce que le déflecteur ne repousse pas d'électrons. Mais quand on augmente la tension de grille, la différence entre cible et déflecteur diminue, ce qui repousse plus d'électrons et l'ombre s'élargit, avec un maximum quand la grille est à 0 V comme à la **figure 2c**. L'œil magique a été décliné en différentes versions. Par exemple, dans le tube Philips EM34, il y a deux déflecteurs pour créer deux ombres plutôt qu'une. Un autre, le DM70, présente une ligne droite avec un point au bout au lieu de cercles. Le tube EM84 montre deux segments lumineux et a servi couramment d'indicateur de niveau, par ex. sur les magnétophones où leur rapprochement excessif signifiait la saturation.

Enfin, avec le même EM84, un auteur assidu d'Elektor, Martin Oßmann a allégrement sauté quarante ans de technologie de l'électronique, passant du tube à vide au µC AVR, en publiant en janvier 2010 [2] son projet *Œil magique sur USB* (**fig. 3**). Il y a même des gens qui brisent l'enveloppe de verre d'origine de vieux EM34 ou EM4 pour installer un ersatz de circuit à LED et PIC. Que reste-t-il de la magie d'autrefois ?

(150803 – version française : Robert Grignard)

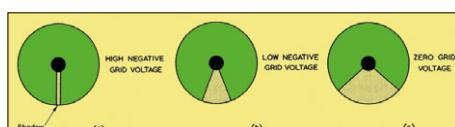


Figure 2. Différents niveaux sur l'œil magique [1].

Figure 3. L'œil magique sur USB d'Elektor, témoin de l'activité de l'unité centrale d'un PC sur un EM84, alias 6E3P ou 6FG6.



### Liens

- [1] [www.r-type.org/articles/art-137.htm](http://www.r-type.org/articles/art-137.htm)
- [2] [www.elektormagazine.fr/090788](http://www.elektormagazine.fr/090788)



Envoyez-moi vos idées en quelques lignes ou sous forme d'un article déjà rédigé : [neil@gruending.net](mailto:neil@gruending.net)

## « electronica fast forward Start-up Award powered by Elektor »

### Propulsez votre projet sur le marché international !

Nous sommes à la recherche des idées, des projets ainsi que des nouveaux entrepreneurs les plus prometteurs, et ce dans le monde entier.

Pour la première fois, le concours « electronica fast forward Start-up Award powered by Elektor » tisse des liens entre le marché mondial de l'électronique, les technologies novatrices et une présence médiatique internationale ; c'est la garantie que votre idée révolutionnaire marquera les esprits des experts.

Les jeunes entreprises et les concepteurs créatifs du monde entier sont appelés à soumettre leur idée sur notre site web [www.elektor.com](http://www.elektor.com), avant le 15 juillet 2016. Un jury composé de rédacteurs du magazine Elektor et d'ingénieurs du laboratoire d'Elektor examinera et évaluera les envois. Les meilleurs des idées, projets et jeunes entreprises devront participer à la finale

qui aura lieu au salon electronica 2016 – le salon international des composants, systèmes et applications électroniques qui a lieu à Munich. Si vous êtes finaliste de l'une des catégories « Idée », « Projet » et « Start-up », vous aurez une occasion unique d'être membre de la plateforme « electronica fast forward Start-up powered by Elektor » et de nouer des contacts dans le monde entier.

Sur le salon electronica, vous bénéficierez de conseils personnalisés et de mises en relation, et vous participerez à de nombreux événements. Vous disposerez d'un stand pour présenter votre idée aux visiteurs de



tous horizons.

Parmi les finalistes présents sur le salon, un jury international choisira trois gagnants. Soyez un des trois lauréats du prix « electronica fast forward Start-up Award » qui sera remis le 11 novembre 2016 ! Les prix prendront la forme de services internationaux en matière de relations presse, consulting et marketing, pour une valeur totale de 150 000 € ainsi que d'un accès au réseau international d'Elektor, qui compte plus de 250 000 membres.

Le vainqueur toutes catégories confondues sera récompensé par une campagne de marketing transversale et internationale, d'une valeur de 75 000 €, à laquelle s'ajoute un stand sur le salon electronica 2018. Sur la deuxième marche du podium, on trouve une campagne médiatique (Elektor) d'une valeur de 50 000 € et enfin sur la dernière marche une présence

médiatique (Elektor) d'une valeur de 25 000 €.

Profitez du salon electronica pour nous soumettre vos projets, nous pourrons vous conseiller pour votre plan de développement et vous permettre de présenter votre idée à des partenaires stratégiques internationaux ainsi qu'à de futurs clients.

Avons-nous éveillé votre curiosité ? Pour trouver des informations sur les conditions de participation et le dossier de candidature, rendez-vous sur [www.elektor.com](http://www.elektor.com).



### Carte-mère au format Thin Mini-ITX pour l'embarqué

La carte AmITX-BW-I est la première carte au format Thin Mini-ITX conçue par ADLINK Technology. Destinée aux applications pour l'embarqué, la carte AmITX-BW-I est équipée d'une unité graphique Intel® Gen 8 LP HD qui permet des traitements graphiques évolués. Selon Intel, l'encombrement mini-ITX est le « meilleur format standard pour la conception et l'assemblage des PC tout-en-un ».

La carte AmITX-BW-ITX mesure 170 mm<sup>2</sup> pour moins de 25 mm d'épaisseur, et satisfait les exigences des applications médicales, d'info-

divertissement, d'affichage dynamique et d'automatisation industrielle exécutées avec une contrainte d'espace. La carte respecte le principe de conception « forme, ajustement, fonction » et offre ainsi un brochage standardisé et une compatibilité avec les boîtiers Micro-ATX et ATX. Le processeur Intel® Atom™ x5-E8000 de la carte permet d'intégrer de l'imagerie vidéo à haute résolution et faible latence dans des applications d'info-divertissement, d'imagerie médicale ou d'automatisation industrielle. L'unité graphique Intel® Gen 8 LP HD prend en charge trois écrans 4K indépendants et assure l'accélération matérielle du codage/décodage des flux HEVC H.265, H.264/263, SVC, AVS, VP8/9 et MPEG4. La vidéo et le rendu 3D sont améliorés par DirectX 11.1, OpenGL 4.2, ES 3.0 et OpenCL 1.2.

(150823-2)



## Sécurité renforcée pour le protocole ouvert Eddystone



L'identifiant Eddystone-EID conçu par Nordic Semiconductor pour les dispositifs Android et iOS protège la vie privée et les données de l'utilisateur en radiodiffusant des signaux sécurisés comprenant les URL des sites web. Cet « identifiant éphémère tournant » permettra aux fabricants de *beacons* à Eddystone-EID d'empêcher les accès non-autorisés aux balises, et de les protéger contre diverses attaques malveillantes, dont les usurpations d'identité, les traçages malveillants de produits et les attaques par rejet (*replay attacks*).

Le SDK nRF5 pour Eddystone de Nordic permet de concevoir des balises de proximité à Eddystone-EID offrant aux utilisateurs un contexte en temps réel. Le SDK nRF5 comprend aussi le service de configuration GATT qui permet de configurer une balise Eddystone depuis un ordiphone.

Le SDK a été écrit pour la dernière famille de systèmes sur puce (SoC) Bluetooth® Smart nRF52832/nRF52. Une future version permettra d'incorporer les derniers mécanismes de sécurité Eddystone-EID à la famille nRF51 et aux balises Eddystone à base de rRF52832 ; la mise à jour du micrologiciel des balises se fera par liaison radio.

<https://github.com/NordicSemiconductor/nrf5-sdk-for-eddystone>

(150823-1)

## LED indicatrice étanche pour environnements extrêmes

Cyntech Components, distributeur spécialisé en composants électromécaniques et alimentations, propose une version à connecteurs plats Faston/cosses à souder de ses LED indicatrices CRM/BRM. Son système de montage par l'arrière est adapté aux ouvertures en D et aux trous ronds de 8 mm, et possède des pas de filetage avec écrous spéciaux pour une installation rapide. La construction étanche peut satisfaire les exigences de l'indice de protection IP67\*, et les LED sont encapsulées dans un boîtier interne pour résister aux vibrations. Ces LED conviennent donc particulièrement aux environnements difficiles ou exigeants, p. ex. ceux des tableaux de commande industriels, tableaux de bord de véhicules, distributeurs automatiques, machines de casino et instruments



aéronautiques/militaires. Disponibles en finitions chrome (série CRM) ou noir mat (série BRM), la gamme inclue aussi des connecteurs Faston de 2,8 mm x 0,5 mm, des broches et des fils de sortie. Toutes les versions sont disponibles avec des LED rouges, jaunes, vertes et orange lisibles en plein jour, ainsi qu'avec des LED bicolores, bleues, blanches, clignotantes, infrarouges et de systèmes de vision nocturne. Des résistances optionnelles permettent une exploitation en 5-60 V CC et 5-240 V CA.

\* Les versions à broches et fils de sortie des séries CRM et BRM sont conformes à IP67 ; les versions à connecteurs Faston sont conformes à IP66.

[www.cyntech.co.uk](http://www.cyntech.co.uk) (150823-4)

## Nouveaux modules intelligents de commande de moteur

Les modules SLLIMM™ (*Small Low-Loss Intelligent Molded Modules*) de STMicroelectronics améliorent le rendement des commandes de moteur (puissance max. 3 kW) à circuits de commutation matérielle fonctionnant jusqu'à 20 kHz. Ces modules sont destinés aux appareils ménagers. Les modules IPM (*Intelligent Power Module*) relient directement un microcontrôleur alimenté en basse tension et un moteur électrique alimenté par le réseau. Ils simplifient la conception des circuits, réduisent le nombre de composants, économisent l'espace, améliorent la fiabilité, diminuent les parasites, donc réduisent

les coûts. Les modules sont déclinés en diverses options d'intensité, de commande et de boîtier (entièrement moulé et à substrat DBC). Toutes ces options offrent le meilleur compromis entre pertes de conduction et de commutation, et assurent une grande robustesse de fonctionnement avec de faibles perturbations électromagnétiques. ST a agrandi sa famille de modules IPM à IGBT avec une seconde famille de puces SLLIMM appelée « nano » (3 A et 5 A à 25 °C, tension de claquage de 600 V). La présence d'encoches facilite le montage avec des radiateurs. Les puces SLLIMM nano améliorent le rendement



et réduisent le coût des commandes de moteur (puissance max. 200 W) à circuit de commutation matérielle (fréquence max. 20 kHz), p. ex. les commandes des compresseurs, pompes et ventilateurs.

[www2.st.com](http://www2.st.com), → sllimm (150823-3)

# estimation de la durée de vie d'une pile de détecteur de présence

J.P. Steiner, Matt Blakeley et Amy Miller, Lutron Electronics Co., Inc.

La durée de vie de la pile a été déterminée par différentes méthodes afin d'accroître la précision du résultat : par calcul, en se basant sur la consommation moyenne ; de façon expérimentale, en mesurant la capacité résiduelle de piles partiellement déchargées. Ces méthodes sont-elles complémentaires ou antagonistes ?

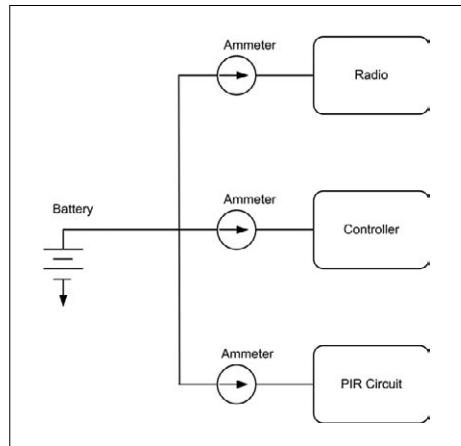


Figure 1. Schéma de principe du système de mesure.

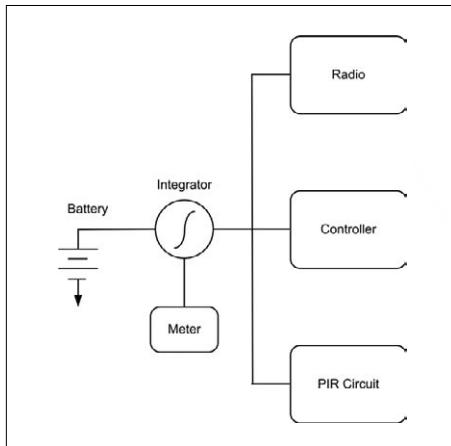


Figure 2. Schéma du système de mesure avec intégrateur.

## Calcul de la durée de vie

La durée de vie de la pile dépend du courant moyen, qui peut être calculé à partir de l'intensité mesurée à différents instants et du courant consommé dans le cas le plus défavorable. Cette der-

nière valeur est déterminée à partir des caractéristiques des composants alimentés par la pile. Le courant réel du circuit est mesuré pour vérifier la précision des calculs en fonction des différentes conditions d'utilisation.

Un ampèremètre de précision mesure la consommation des blocs du circuit pour chaque mode de fonctionnement (p. ex. le contrôleur absorbe 1,5 mA en mode actif – cf. **fig. 1**). La durée de circulation de ce courant est mesurée au moyen d'un oscilloscope numérique (p. ex. le contrôleur est actif durant 180 µs). Ces calculs prennent aussi en compte les variations de température et l'autodécharge de la pile. La pile est une CR123A au lithium de Panasonic de capacité nominale 1550 mAh pour un taux de décharge de 20 mA [1] (N.D.É. : 1400 mAh d'après les caractéristiques).

Le **tableau 1** montre les durées de vie calculées en fonction de différentes conditions d'utilisation :

- nombre d'heures par jour où la pièce est occupée ;
- nombre de jours par semaine où le bâtiment est occupé ;
- temporisation de 15 min ; l'unité passe immédiatement d'occupée à vacante, puis repasse aussitôt à occupée (ce pire des scénarios représente une personne qui entre dans la pièce, la quitte, et y revient immédiatement) ;
- température, supposée constante.

Tableau 1. Calcul des durées de vie

occupé [heures par jour]	occupé [jours par semaine]	temporisation [minutes]	température [°C]	durée de vie [années]
10	5	15	72	11,9
10	7	15	72	10,7
10	7	15	104	8,8
12*	7	15	72	10,0
24	7	15	72	7,1
24	7	15	104	6,2

\* Conditions utilisées pour les mesures de la durée de vie des piles



Tableau 2. Synoptique des essais

	méthode d'accélération	facteur d'accélération	détails
A	Modification du micrologiciel du détecteur	1	Simule différentes conditions d'utilisation
B	Capacité réduite	7	Piles CR2032 de 220 mAh utilisées à la place des CR123A (1550 mAh) ; les deux modèles sont des Li/MnO <sub>2</sub> . Rapport des capacités = 1550/220 = facteur d'accélération de 7
C	Décharge partielle	10	Piles déchargées à 90 % de leur capacité *

\* Pour déterminer l'état de décharge à 90 % (10 % de la durée de vie restante) et pour appuyer l'analyse des résultats des mesures, dix piles CR2032 (220 mAh) ont été déchargées avec une résistance de 1000 Ω (soit un courant d'environ 3 mA) jusqu'à une tension d'arrêt de 2,0 V. La durée de vie de chaque pile a été mesurée et la durée de vie moyenne calculée. Des mesures similaires ont été faites avec des piles CR123A (1550 mAh) déchargées avec 30 mA.

Tableau 3. Facteurs d'accélération

essai	méthodes utilisées	facteur d'accélération	pile, capacité
1	A, B	7	CR2032, 100%
2	A, B, C	70	CR2032, 90%
3	A	1	CR123A, 100%
4	A, C	10	CR123A, 90%

## Vérification des calculs

Nous avons utilisé une seconde feuille de calcul pour vérifier la précision des méthodes numériques utilisées. Elle est identique à la première, sinon qu'elle n'utilise pas le courant consommé dans le pire des scénarios. Les valeurs sont calculées à partir des courants et durées mesurés pour chaque état (p. ex. veille ou actif). Les trois modes de fonctionnement sont : vacant, occupé et temporisation. Un intégrateur de précision (fig. 2) mesure l'intensité moyenne pour chacun de ces modes. Les résultats obtenus avec l'intégrateur et les valeurs de la feuille de calcul sont corrélés à 5 %.

## Mesure de la durée de vie de la pile

Les calculs ont donné une durée de vie de 10 ans pour le détecteur alimenté par une pile du commerce CR123A (lithium-dioxyde de manganèse) et ont été confirmés par plusieurs essais de vieillissement accéléré. Les facteurs d'accélération ont été obtenus par modification du micrologiciel du détecteur, en utilisant des piles de même composition chimique, mais de capacités plus faibles, et en utilisant des piles partiellement déchargées. Les résultats sont résumés dans les **tableaux 2** et **3**. Les tensions ont été mesurées au moyen d'instruments de Maccor. Les essais ont été réalisés dans les locaux de Lutron.

### Essai 1

Pour ce premier essai, le micrologiciel a été modifié de façon à ce que durant sept jours il passe la moitié du temps en mode occupé et l'autre moitié en mode vacant. À des instants prédéterminés, certaines piles ont été retirées du produit et leur capacité restante a été mesurée. Les piles 1 et 2 ont p. ex. été retirées au bout de 90 jours, tandis que huit unités étaient laissées sous surveillance. Avec 12 % consommés en trois mois, la durée de vie estimée de ces unités est de 25 mois (3 mois/12 % = 25 mois). Avec un facteur d'accélération de 7, cette durée est de 14,6 ans. Six piles se sont déchargées ( $V < 2,0$ ) après une durée de service moyenne de 705 jours pour un maximum de 788 jours. En multipliant cette valeur moyenne par un facteur d'accélération de 7 (car la CR123A a une capacité 7 fois plus grande que la CR2032), la durée de vie estimée est de 13,5 ans. La moyenne pondérée des dix piles donne une durée de vie de 13,6 ans (**tableau 4**). Cette

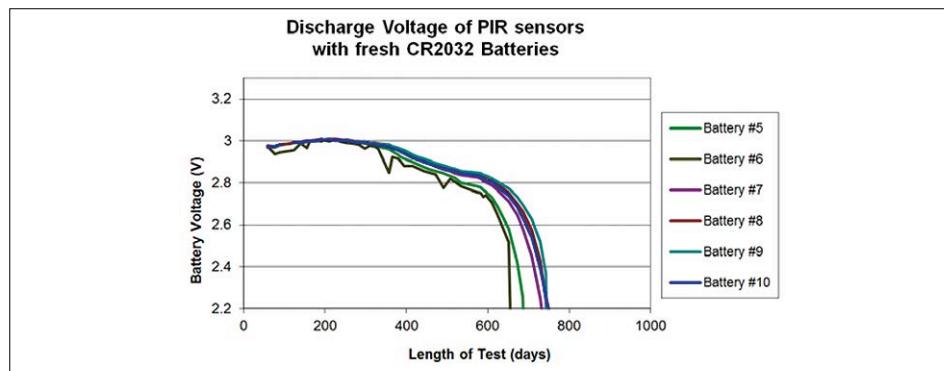


Figure 3. Courbe de tension des piles CR2032 neuves dans l'essai de vieillissement accéléré.

durée est à comparer avec celle calculée dans le tableau 1 pour 12 h par jour. Notez aussi que ces résultats n'incluent ni l'autodécharge de la pile, ni les chiffres des pires scénarios. L'essai de vieillissement accéléré (fig. 3) repose sur une extrapolation de l'utilisation du circuit (prenant en compte l'autodécharge) basée sur 705 jours de fonctionnement. De plus la durée de vie dépend du taux de décharge (du courant).

La capacité de 1550 mAh indiquée par le fabricant repose sur un taux continu de décharge de 20 mA. En pratique, le courant de décharge du détecteur volumétrique est une décharge pulsée d'intensité moyenne de 12 µA. Un courant moindre augmente la durée de vie.

#### Essai 2

Les piles de cet essai se sont déchargées (tension < 2,0 V) au bout de 184

et 211 jours (fig. 4). La durée de vie du produit peut être estimée à partir de la consommation journalière moyenne (0,312 mAh/jour) obtenue lors de l'essai 1 pour calculer le nombre de jours nécessaires à une consommation de 90 % de la pile, plus le nombre de jours avant décharge de la pile. Ce calcul est basé sur la capacité nominale (220 mAh) de la pile *Energizer CR2032*. La durée de vie du produit est ici estimée à 12,7 ans.

#### Essai 3

La pile n°13 a été retirée pour mesurer sa capacité résiduelle à 220 jours, idem avec la pile n°14 au bout de 657 jours. Ces mesures ont servi à estimer la durée de vie des piles alimentant des détecteurs à infrarouge passifs (tableau 5). Dans les deux cas, la durée de vie estimée dépasse 10 ans : 11,2 et 23,4 ans. L'écart s'explique par l'incertitude entourant la valeur réelle de la capacité de la pile sous essai. La capacité nominale de 1550 mAh a servi à déterminer la capacité consommée. Les valeurs réelles seront un peu plus petites ou un peu plus grandes. Lorsqu'ils sont ajoutés à (ou soustraits de) la capacité consommée déterminée expérimentalement, ces écarts ont un effet significatif sur l'estimation de la durée de vie du produit, même lorsqu'une faible quantité seulement de la capacité a été consommée (fig. 5).

#### Essai 4

La mesure de la capacité résiduelle de la pile n°9 donne pour la durée de vie des piles des détecteurs IR une valeur de 13,5 ans. Le calcul repose sur la capacité nominale de 155 mAh disponible dans la pile déchargée à 90 % (tableau 6). La pile n°9 a été retirée au bout de 220 jours pour mesurer sa capacité résiduelle.

La tension des piles n°10, 11 et 12 déchargées à 90 % a soudainement chuté entre les jours 224 et 306, et aucune capacité résiduelle n'a été mesurée. La durée de vie du produit a été estimée d'après la consommation moyenne de la pile n°9 (0,314 mAh/jour). Le nombre de jours estimé pour atteindre 90 % de la capacité (1395 mAh) est additionné au nombre de jours passés jusqu'à la défaillance des piles. Pour tous les essais, la durée de vie estimée excède 12 ans. La défaillance s'explique par l'interrupteur de sécurité chimique (décris dans le brevet US 6,391,488 B1) incorporé dans les piles CR123A. Son rôle est d'empêcher (par la déconnexion de l'anode) la

Tableau 4. Capacité restante des piles CR2032 sous vieillissement accéléré et avec capacité réduite

utilisation de la pile	capacité restante	durée de vie estimée
90 jours (piles 1, 2)	64,6 heures, 88,0 %	14,4 ans
330 jours (piles 3, 4)	39,0 heures, 53,1 %	13,5 ans
705 jours (piles 5-10)	00,0 heure, 0,0 %	13,5 ans
	<b>moyenne pondérée</b>	<b>13,6 ans</b>

Tableau 5. Capacité restante des piles CR2032 sous vieillissement accéléré

utilisation de la pile	capacité restante	durée de vie estimée	mAh/jour
220 jours	1466 mAh, 94,6 %	11,2 ans	0,382
657 jours	1431 mAh, 92,3 %	23,4 ans	0,181

Tableau 6. Capacité restante des piles CR123A sous vieillissement accéléré

pile	nombre de jours en service	capacité restante [mAh ; %]	capacité utilisée [mAh/jour]	durée de vie estimée [années]
9	220	85,9 ; 55,4	0,314	13,5
10	224	0 ; 0		12,10
11	275	0 ; 0		12,23
12	306	0 ; 0		12,32

Tableau 7. Résumé des durées de vie estimées des piles

essai	facteur d'accélération	durée de vie mesurée [années]
1	7	13,6
2	70	12,7
3	1	17,3
4	10	12,5

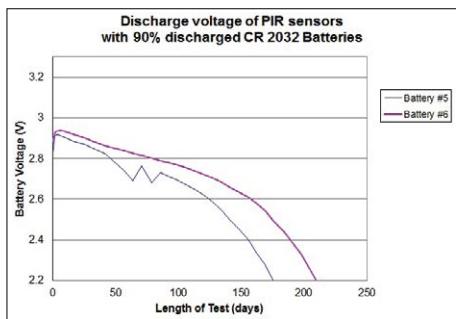


Figure 4. Courbe de tension des piles CR2032 déchargées à 90 % dans l'essai de vieillissement accéléré.

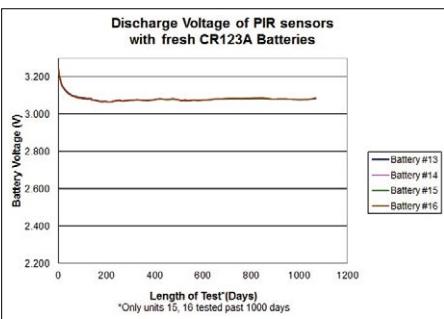


Figure 5. Courbe de tension des piles CR123A neuves dans l'essai de vieillissement accéléré.

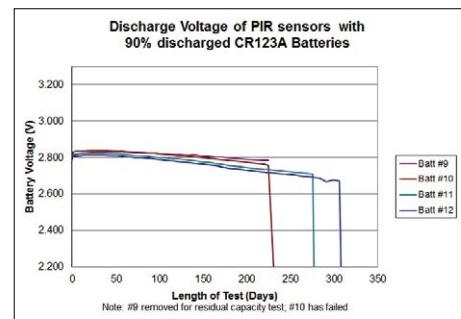


Figure 6. Courbe de tension des piles CR123A déchargées à 90 %.

poursuite de la décharge à partir d'un certain niveau de tension et de prévenir une éventuelle inversion de polarité. Les données de Panasonic montrent une activation de l'interrupteur durant une décharge continue de 3 mA après que la pile a dissipé environ 75 % de sa capacité, mais la consommation réduite des produits Lutron retarde ce déclenchement, qui n'a pas lieu avant que 90 % de l'énergie ait été consommée. Un essai supplémentaire montre que les courants de décharge rapide utilisés pour les essais avec piles déchargées à 90 % (fig. 6)

n'ont pas d'effet sur l'activation de cet interrupteur (**tableau 6**).

### Conclusion

Toutes les durées de vie estimées excèdent les 10 ans souhaités (**tableau 7**). La plus faible est de 11,2 ans, la majorité vaut entre 12 et 13 ans. Deux piles CR123A sont encore à l'essai après plus de 720 jours de fonctionnement en continu. Nous avons mis en évidence le rôle de l'interrupteur chimique des piles CR123A de Panasonic dans l'arrêt du fonctionnement des

déTECTeurs. Cet arrêt n'a pas lieu avant qu'au moins 90 % de la capacité de la pile n'ait été consommée et que la durée de vie cible du produit ait été dépassée. ▀

(150806 – version française : Hervé Moreau)

### Lien

#### CR123A de Panasonic :

<http://industrial.panasonic.com/ww/products/batteries/primary-batteries/lithium-batteries/cylindrical-type-lithium-batteries-cr-series/CR123A>

Publicité

## AGENDA juin 2016

### ◊ European Graphene Forum

conférence sur le graphène et ses applications

01 au 03/06 – Paris

[www.setcor.org/conferences/EGF-2016](http://www.setcor.org/conferences/EGF-2016)



### ◊ Nanotech

conférence sur les nanomatériaux (énergie et environnement)

01 au 03/06 – Paris

[www.setcor.org/conferences/Nanotech-France-2016](http://www.setcor.org/conferences/Nanotech-France-2016)

### ◊ MIDEF

forum international du disque, de l'édition musicale et vidéo

03 au 06/06 – Paris

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



### ◊ 140th International AES Convention

salon international des professionnels de l'audio

04 au 07/06 – Paris

[www.aes.org/events/140/](http://www.aes.org/events/140/)

### ◊ Biennale de l'Électronique sur les systèmes intelligents

08 au 09/06 – Angers

[www.we-n.eu/evenement/](http://www.we-n.eu/evenement/)

[la-biennale-de-lelectronique-sur-les-systemes-intelligents/](http://la-biennale-de-lelectronique-sur-les-systemes-intelligents/)

### ◊ ENOVA Angers

(électronique, embarqué, IoT, mesure, vision, optique)

08 au 09/06 – Angers

[www.enova-event.com/accueil-enova-angers](http://www.enova-event.com/accueil-enova-angers)

### ◊ EUROSATORY

salon international de la défense et de la sécurité

13 au 17/06 – Paris

[www.eurosatory.com/accueil.aspx](http://www.eurosatory.com/accueil.aspx)

### ◊ UGS - Unmanned Global Systems

salon européen de drones et des systèmes autonomes

13 au 17/06 – Paris

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

### ◊ Bâtiment & Territoires Connectés

bâtiment digital et ville durable

16 au 17/06 – Paris

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



### ◊ Journées de la mesure

21 au 22/06 – Toulouse

[www.cfmetrologie.com/jm.html](http://www.cfmetrologie.com/jm.html)

### ◊ WNE – World Nuclear Exhibition

salon international de l'énergie nucléaire

28 au 30/06 – Paris

[www.world-nuclear-exhibition.com](http://www.world-nuclear-exhibition.com)

### Un événement oublié ?

Vous organisez une conférence, un salon... ou bien vous participez à un séminaire ou tout autre événement qui aurait sa place ici, partagez cette information avec tous les lecteurs.

Envoyez-nous tous les détails à [redaction@elektor.fr](mailto:redaction@elektor.fr).

**AUTO FEEDER**  
par LS  
Automatic breakfast and dinner for outdoor animals  
9 Vues | 0 Commentaires

**DEEP DISCHARGE PROTECTION**  
par Pier  
Programmable deep discharge protection for multiple-cell LiPo accus, open drain output, AVR.  
125 Vues | 0 Commentaires

**TAPIR - ULTRASENSITIVE WIDEBAND...**  
par Thibautkers  
TAPIR detects electric as well as magnetic fields of high frequencies. The PCB is conveniently designed to do double duty as a shielded case.  
136 Vues | 0 Commentaires

**SQUEAKING BIRD SURPRISE. THANK YOU! (DANKE SCHON!)**  
par Hedwig  
Today we got a surprise parcel from Germany. An envelope just containing a circuit board and nothing else, no name, no clue, no nothing...  
210 Vues | 0 Commentaires

**500 PPM LCR METER [110758]**  
par Hedwig  
The remarkable precision of this device and its amazing ease of use are the result of careful design.  
213 Vues | 0 Commentaires

**UPGRADE MAGIC EYE EM84 TO WINDOWS10**  
par coda  
This Elektor project from 2010 uses an EM84 magic eye to display the CPU usage of a PC. Great, but it doesn't work any more under Windows 10 :-(  
180 Vues | 0 Commentaires

**BBC MICRO:BIT T-BOARD + WEATHER STATION (150652)**  
par ClemensValens  
This T-Board allows easy connection of the BBC micro:bit to a breadboard and doubles as a weather station and power supply.  
328 Vues | 0 Commentaires

**IOT SHED AND GARDEN MODULE USING ESP8266**  
par mro\_hoster  
IoT Shed module: control your garden lights and more though WiFi, using the ESP8266 WiFi module. Easily adaptable Arduino-like software with REST API.  
384 Vues | 0 Commentaires

**EWATERMETERALERT**  
par Blue bird  
Clean water is a precious commodity. We have to prevent wasting it.  
234 Vues | 0 Commentaires

**EEPROM BREAKOUT BOARD**  
par fog4600  
This breakout board can host up to 48 pins EEPROM chips (Microchip 24LC00X) making the design of long term data acquisition systems easier.  
300 Vues | 0 Commentaires

**NMEA0183 - A SMALL, INTELLIGENT DATALOGGER FOR...**  
par AndersG  
NMEA0183 is a small, intelligent logger that captures NMEA data for position and depth and stores it in a format suitable for amending existing charts.  
1581 Vues | 3 Commentaires

**HOW TO MOVE FROM 8051 TO ATMEL (EASILY)**  
par ericla  
This project consists of a mezzanine that permits to use an ATMEL AVR to replace a 8051 (8751, 8951, RA2...) on a board.  
824 Vues | 0 Commentaires

1 2 3 4 5 6 7 8 ... 63 64 »

#### SERVICES

Conditions générales  
Copyright  
Contactez-nous  
Publicité

#### ELEKTOR LINKS

Elektor MAGAZINE  
Elektor LABS  
Elektor STORE

#### INFOS

     
PAIEMENT SÉCURISÉ  
  

#### INSCRIPTION À NOTRE LETTRE D'INFORMATION

Adresse e-mail  
Votre prénom  
Votre nom  
**INSCRIVEZ-VOUS**



## Ouvert à tous et à toute heure

N'importe quel visiteur du labo d'Elektor en ligne (Elektor.Labs) peut non seulement lire les descriptions des projets, mais également y participer, que ce soit pour les commenter ou en télécharger les fichiers ; le visiteur peut même créer un nouveau projet. Il lui suffit de se connecter avec son ID Elektor (gratuit). Ce compte donne accès au labo, mais pas aux archives du magazine et autres services réservés aux membres Green et Gold.

## Un seul point d'entrée, un seul identifiant

L'ID Elektor (gratuit), une combinaison unique de courriel et de mot de passe, établit le lien entre votre compte Elektor.Labs et vos autres comptes Elektor. Une fois identifié, vous avez accès à tous les services liés à votre ID. Cliquez sur l'onglet **Mes projets LABS** pour afficher la liste des projets que vous avez créés et/ou que vous suivez. De là vous pouvez ouvrir un projet, que ce soit pour le voir ou le modifier.

## Modification d'un projet

Chaque mise à jour doit maintenant être accompagnée d'un commentaire pour que tous les participants à un projet soient au courant. La page principale d'un projet (**Description**) ne peut être modifiée qu'en mode brouillon et n'est plus modifiable une



# torlabs

fois le projet publié. Lorsque le propriétaire d'un projet ajoute des commentaires, ceux-ci sont placés par ordre chronologique, directement sous la description du projet et au-dessus des commentaires des visiteurs et suiveurs.

## Création d'un nouveau projet

... c'est très simple. Pour créer un projet, cliquez sur le bouton rouge **Créer un projet** (en haut de la page d'accueil d'*Elektor.Labs*). Attention : votre profil de membre doit être complet (avec pictogramme et pseudo). Entrez ensuite un titre (explicite !), un commentaire et une description du projet. Le commentaire est votre « bande-annonce », celle qui apparaîtra sur les pages montrant une vue d'ensemble des projets, donc soyez clair et concis (pas plus de 150 caractères). L'ajout d'une photo du projet est fortement recommandé, mais si vous n'en avez pas vous pourrez l'insérer plus tard. Le bouton **Pièces jointes** permet de téléverser des fichiers, photos, codes, etc. Vous pouvez leur attribuer un type de façon à ce qu'ils s'affichent dans certaines zones de la page.

## Brouillons

Les projets en mode *brouillon* ne sont pas visibles du reste du monde et peuvent être modifiés indéfiniment ou supprimés. Le mode *brouillon* est utile si vous souhaitez présenter un projet terminé en un seul « post ». Relisez et polissez votre description jusqu'à en être satisfait, puis publiez-la. Attention, il n'y a pas de retour en arrière possible ; un projet publié est immédiatement visible du monde entier.

## À la recherche du projet perdu

La richesse d'*Elektor.Labs* est formidable, mais le site perdrait tout son intérêt sans une bonne boussole pour s'y diriger. C'est pourquoi nous avons ajouté plusieurs outils et filtres de recherche. Des mots-clés bien choisis et plusieurs options de tri vous permettront de trouver rapidement ce que vous cherchez. ►

(150818)

**www.elektormagazine.fr/labs**

 **ELEKTOR-ID**

DÉTAILS DE MON COMPTE

MES COORDONNÉES

MES ABONNEMENTS

**MES PROJETS LABS**

MES PRÉFÉRENCES NEWSLETTER

DÉCONNEXION

**MES PROJETS LABS**

Nom du projet	Etat	Rôle	Commentaires	Suiveurs	Actions
Elektor mbed interface...	En cours	Chef de projet	0	2	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Elektorino Uno R4 [150790]	En cours	Chef de projet	0	13	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Analog circuit design with...	Terminé	Chef de projet	0	2	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Webinar 22/10: IoT Security ...	Terminé	Chef de projet	0	1	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Elektor Intel Edison Challenge	Terminé	Chef de projet	0	2	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Guitar BoB [150382]	En cours	Chef de projet	0	2	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
CoCo-ri-Co! Guitar Tuner...	En cours	Chef de projet	0	1	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
Network Connected Signal...	Terminé	Chef de projet	0	19	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>
MLY90303 experiments	Terminé	Chef de projet	5	2	<a href="#">Ouvrir</a>   <a href="#">Modifier</a>

# bienvenue dans la section **CRÉER**

Clemens Valens, labo d'Elektor



## Alessandro G. A. A. Volta (1745 – 1827)

Volta, Ampère, Ohm, nous utilisons leurs noms tous les jours, mais que savons-nous vraiment de ces hommes qui ont posé les fondements de l'électronique moderne ? L'Histoire se résumant pour beaucoup d'entre nous à un vague souvenir des événements de la semaine dernière, j'ai décidé de faire de cette rubrique la stèle des héros de notre passe-temps favori. Commençons par Volta. Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta est surtout connu pour avoir inventé la pile voltaïque vers 1800, mais ce ne fut pas son principal exploit, ni la raison pour laquelle l'unité SI du potentiel électrique a été baptisée « volt ». Que les piles AA et AAA fussent nommées ainsi en son honneur est également une rumeur erronée.

Né en 1745 en Italie, Volta enseigna un temps la physique à l'École Royale de Côme, où il améliora l'électrophore, un générateur d'électricité statique dont la croyance populaire lui attribue à tort la paternité. Volta étudia ensuite la chimie des gaz et découvrit le méthane. La façon dont il y parvint reste assez floue, mais la platée de *chili con carne* qu'il enfourna la veille au soir pourrait y être pour quelque chose. Inspiré par la nature inflammable de sa découverte, Volta l'introduisit dans des tubes scellés et s'amusa à déclencher sa combustion au moyen d'étincelles électriques. Peut-on en faire pour autant le père des bombes modernes ? L'histoire officielle répond que *no*.

Inspiré également, mais pas convaincu, par les travaux de Luigi « Cuisses de Grenouille » Galvani sur « l'électricité animale », Volta mena sa propre enquête en plaçant des disques de carton imprégnés de saumure entre des disques de métaux différents. Ainsi se dégagea le concept de couple électro-chimique. Dans la foulée, histoire de faire faire une bonne fois pour toutes cette grande gueule de Luigi (et plutôt que d'aller déposer une tête de cheval sur son oreiller), Volta inventa la pile électrochimique. Il étudia aussi la capacité électrique, et c'est sa découverte de la relation de proportionnalité entre potentiel électrique et charge qui lui valut de figurer sur la liste des VIP du système SI. La Royal Society, qui contribua à la naissance du SI, a toujours nié qu'un étui de violon rempli de billets de 10 000 lires ait joué un rôle dans cet hommage. Selon un de ses porte-paroles : « *Nous n'aurions bien sûr jamais accepté de billets italiens, même si son visage [celui de Volta, N.D.É.] y avait figuré recto et verso. Ils ne valaient rien à l'époque, et ils valent encore moins aujourd'hui.* »

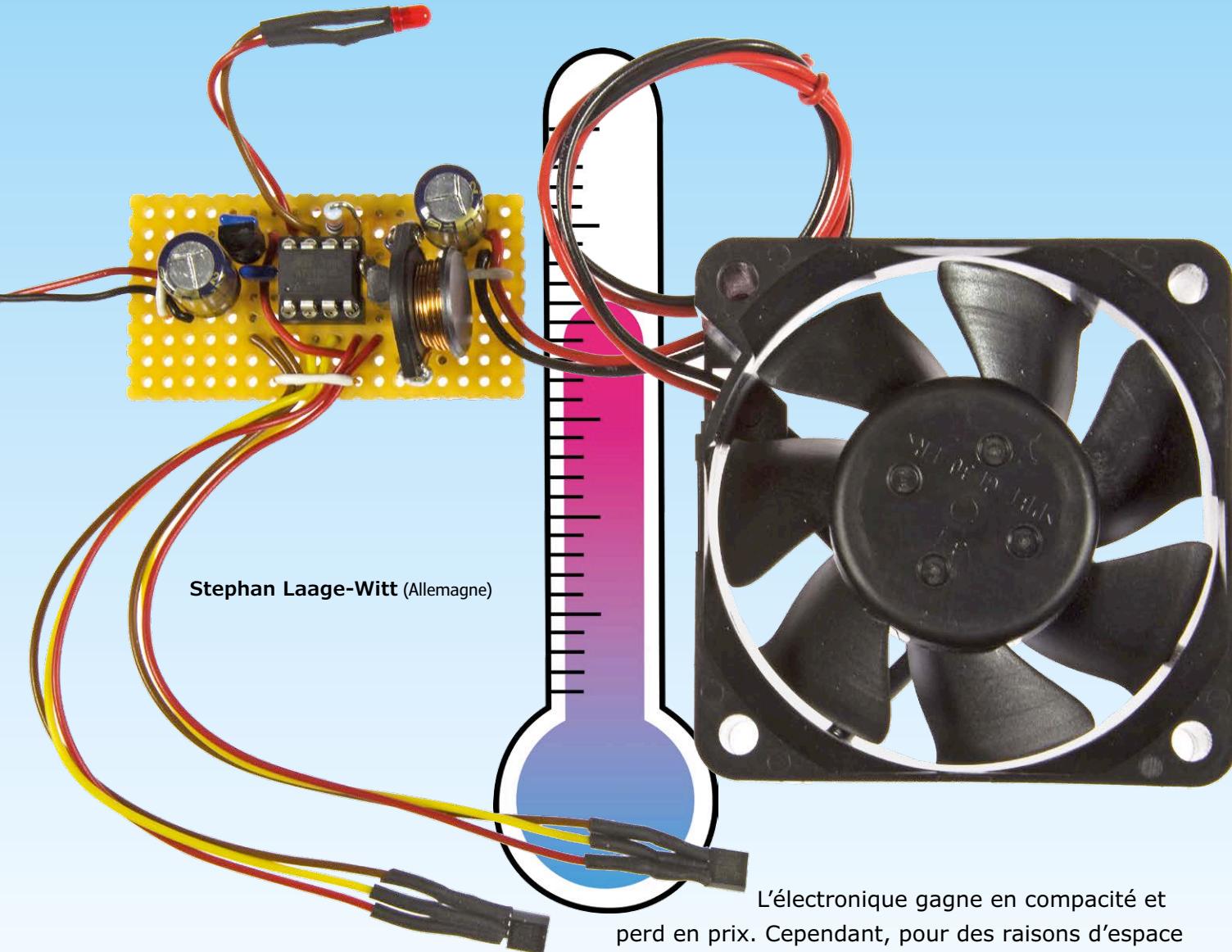
Volta mérite pleinement son unité SI, mais quel dommage que le « a » final de son nom n'ait pu être casé par manque de place sur le formulaire ; il aurait donné à l'électronique une petite touche méditerranéenne. ▶

(150811 – version française : Hervé Moreau)



# vent de fraîcheur avec ATtiny

## commande de ventilateur thermocontrôlée



L'électronique gagne en compacité et perd en prix. Cependant, pour des raisons d'espace et de coût, on trouve rarement un système de

refroidissement actif, bien conçu. Les ventilateurs tournent en continu ou sont soumis à une régulation tout ou rien (marche/arrêt). Un refroidissement actif, compact et efficace n'a pourtant rien de sorcier !

Bien qu'un appareil électronique ne fonctionne pratiquement jamais à sa charge maximale, son ventilateur tourne en permanence, ce qui produit du bruit inutilement. Dans mon petit laboratoire d'électronique par ex., j'ai identifié deux sources de nuisance sonore : un convertisseur de tension sinusoïdale qui alimente mon mini-bureau en 230 V à partir des 12 V de mon installation photovoltaïque et un oscilloscope numérique d'un certain âge. Les deux appareils fonc-

tionnent à merveille, mais sont bruyants. Naturellement, en tant qu'électronicien, je fus tenté de mettre la main à la pâte et de trouver pour le problème soulevé par ces appareils une solution simplissime et peu coûteuse, cependant précise et efficace. Quelques composants suffisent pour réaliser une régulation simple pour des ventilateurs ordinaires, alimentés en 12 V<sub>cc</sub>, et si compacte qu'elle se laisse facilement intégrer dans quasiment tout appareil. Le projet est universel et

pourra parfaitement s'intégrer dans vos montages, si tant est qu'ils requièrent un refroidissement actif. Lancez-vous dans la réalisation pendant un après-midi de dimanche pluvieux.

### Plus de fraîcheur grâce à l'ATtiny

Que nous faut-il en plus du microcontrôleur (μC) AVR, ici un ATtiny45 ? À l'aide de deux capteurs de température numériques DS18B20, il mesure la température à deux endroits différents de l'ap-

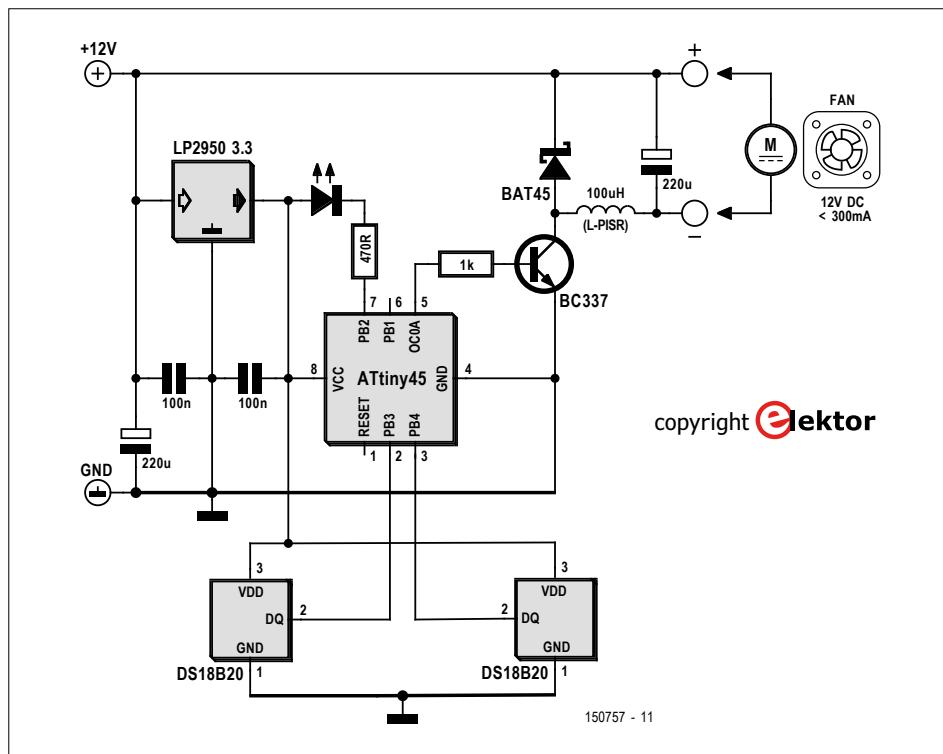


Figure 1. Schéma de la régulation de ventilateur.

pareil. Les capteurs de température se passent d'étalonnage et ont une erreur maximale garantie de 0,5 °C, largement suffisante ici. Le µC délivre, dans la plage de service, un signal analogique modulé en largeur d'impulsion (MLI) qui dépend de la température ; ce signal commande un ventilateur.

Entre le µC et le ventilateur, un convertisseur abaisseur discret constitué d'un

transistor, d'une diode Schottky et d'une self de réactance alimente le ventilateur. La tension lissée disponible aux bornes du condensateur de sortie permet d'attaquer tant des moteurs à balais traditionnels et que des moteurs CC sans balais.

Autres composants : un petit régulateur de tension linéaire pour alimenter l'ATtiny, une LED d'état, une paire de condensa-

teurs et deux résistances. Et c'est tout ! Le schéma de la figure 1 illustre l'interaction entre les composants. L'interrogation des capteurs de température se fait par le biais des ports PB3 et PB4. Pas besoin de résistances de polarisation haute externes parce que les résistances de polarisation haute internes présentes sur le port d'entrée du µC s'y substituent. Le port PB0 fournit sur la broche OC0A le signal MLI (PWM) qui attaque le BC337. Ce transistor peut commander des ventilateurs consommant jusqu'à 300 mA, plus qu'il n'en faut pour mes applications. Pour commander des ventilateurs plus gourmands, il faudra utiliser un transistor plus puissant et une résistance dans la base plus petite. La self de réactance, l'inductance de puissance CMS L-PISR (Reichelt), la diode Schottky et le condensateur à ESR faible produisent une tension plus faible à partir de la tension d'alimentation positive. Nous avons donc affaire à un convertisseur abaisseur « tête en bas, pieds en l'air » (ce convertisseur réduit la tension comme un modèle normal, mais la tension est soustraite d'un certain niveau de tension, ici 12 V).

La self de choc exceptée, tous les composants peuvent être des composants câblés que l'on aura vite fait d'implanter et de souder sur un morceau de platine à trous.

## Le logiciel

Non programmé, l'ATtiny est comateux. Il faudra, avant de l'implanter dans le circuit, le doter du micrologiciel requis, chargé à l'aide d'un adaptateur de programmation externe. L'utilisation d'un support est recommandée pour pouvoir, le cas échéant, extraire facilement le µC pour une mise à jour logicielle.

Le logiciel richement annoté est écrit en C ; il est à télécharger librement depuis la page de projet [1]. En interne, l'ATtiny travaille à 8 MHz. Dans le cas d'un µC neuf, le drapeau CKDIV8 est généralement mis à un dans les réglages de fusibles ; il faudra le mettre à zéro pour cette application.

Les paramètres de configuration sont repris sous la forme de déclarations « `#define` » tout en début de programme. On réglera ici à son goût la plage de température et les valeurs limites de la MLI. Les routines d'interface pour les capteurs de température à base de protocole 1-Wire constituent l'essentiel du logiciel. Un cadencement précis est essentiel ; il

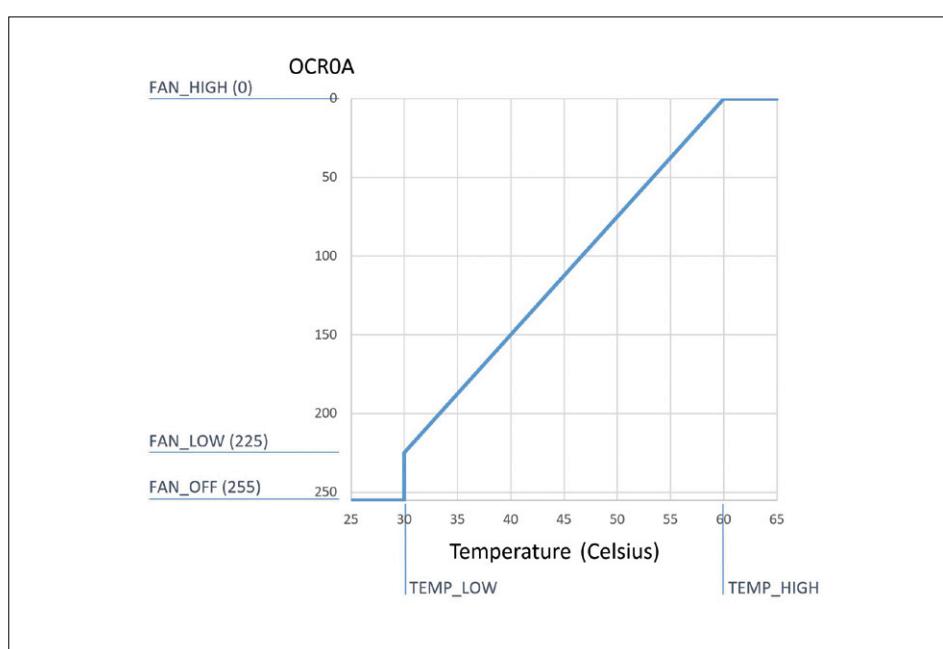


Figure 2. Relation entre OCR0A et la température mesurée.

est obtenu ici avec les routines de temporisation (*delay*) de la bibliothèque GCC. Le DS18B20 connaît différentes précisions (résolution de 9 à 12 bits). La résolution utilisée ici est la plus faible, 9 bits, soit un pas de 0,5 °C. Les fonctions du programme fournissent les valeurs de température en degrés Celsius sous la forme de nombres binaires. Dans sa superbe note d'application [2], Gerard Marull Paretas décrit le protocole des DS1820 et les routines AVR correspondantes.

L'ATtiny45 possède deux temporiseurs (*timer*) à 8 bits. *Timer0* est utilisé pour le signal MLI et est configuré comme MLI rapide. La fréquence MLI résultante de 31,25 kHz est idéale pour notre application. Le registre OCR0A paramètre le rapport cyclique. *Timer1* produit une interruption périodique à 2 Hz. Chaque deuxième interruption déclenche l'analyse dans le programme principal. Après le traitement de la boucle du programme principal, le µC est mis en veille (économies d'énergie).

À partir des deux valeurs de température, on détermine le maximum qui sert au calcul du rapport cyclique pour la MLI. La **figure 2** donne la correspondance entre la température et OCR0A. On notera qu'OCR0A est inversement proportionnel à la tension aux bornes du ventilateur : des valeurs élevées donnent de petites tensions, et vice versa. La valeur d'OCR0A de 255 met le ventilateur à l'arrêt (*FAN\_OFF*). Le ventilateur a un seuil de démarrage, il ne fonctionne qu'en dessous de la valeur de seuil d'OCR0A de 225 (*FAN\_LOW*). Au démarrage, au passage de *FAN\_OFF* à *FAN\_LOW* donc, le ventilateur se voit appliquer aussi une courte impulsion à pleine puissance, pour le faire passer de l'arrêt à la rotation. La longueur de l'impulsion est de 30 ms (*FAN\_STARTUP\_DELAY*). Le cas échéant, il faut adapter les deux valeurs, *FAN\_LOW* et *FAN\_STARTUP\_DELAY*, en fonction du ventilateur utilisé, afin d'assurer un démarrage fiable. En cas de doute, on ne prend pas de risque avec des valeurs *FAN\_LOW* faibles et/ou des temporisations de démarrage (*Start-Delay*) un peu plus longues.

La LED rouge signale des dysfonctionnements. Si l'un des capteurs de température ne répond pas au signal de remise à zéro dans le délai spécifié dans la fiche de caractéristiques, l'indicateur d'erreur est

mis à un. La LED se met alors à clignoter au rythme des secondes, ce qui correspond à une anomalie sur les capteurs de température, une erreur de câblage par exemple. La LED a une seconde fonction : signaler une température excessive. En cas de dépassement de la limite supérieure de la température de la plage de réglage, la LED s'allume de manière fixe.

### Mise en œuvre

Une platine aussi petite trouvera place à l'intérieur de tout appareil ou presque (**figure 3**). Elle s'intercale simplement dans la ligne d'alimentation interne du ventilateur. La consommation intrinsèque de ce mini-circuit est de 2 mA seulement. Premier test fonctionnel : branchez le ventilateur de l'appareil-cible à la platine alimentée sous 12 V par une alimentation externe. Une fois la tension appliquée, le ventilateur tourne pendant 2 s (durée réglable par *POWER\_ON\_DELAY*) à la vitesse maximale et la LED reste allumée. Le ventilateur doit ensuite s'arrêter et la LED s'éteindre. Prenez l'un des capteurs entre vos doigts ou approchez brièvement la pointe d'un fer à souder, la température de commutation de 30 °C sera vite atteinte ; le ventilateur ne tardera pas à démarrer. Le comportement de l'autre capteur doit être similaire. Maintenant, vérifiez si le démarrage se fait de manière fiable et que le ventilateur tourne de manière stable à faible vitesse. Sinon, il faudra modifier en conséquence *FAN\_LOW* et *FAN\_STARTUP\_DELAY*.

Si tout est OK, la platine peut être montée à un endroit approprié à l'intérieur de l'appareil et être reliée à l'alimentation interne de celui-ci. Les capteurs de température sont placés à proximité immédiate des sources de chaleur. Je les ai collés d'une gouttelette de colle instantanée directement sur le dissipateur thermique des transistors de puissance. L'affaire est réglée. Depuis des mois, j'ai donc deux de ces petites régulations par-

faitement fonctionnelles. Les ventilateurs ne tournent que rarement et s'ils le font, c'est à faible vitesse vu que mes appareils ne travaillent normalement qu'à faible puissance. Le niveau de bruit a sensiblement baissé. En tout état de cause, la mini-régulation donne une certaine tranquillité d'esprit : la température à l'intérieur du boîtier restera toujours dans des limites raisonnables. ▶

(150757 - version française : Guy Raedersdorf)

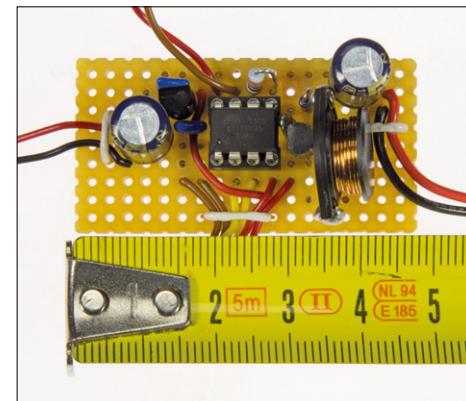


Figure 3. Platine de la régulation de ventilateur terminée.



### Liens

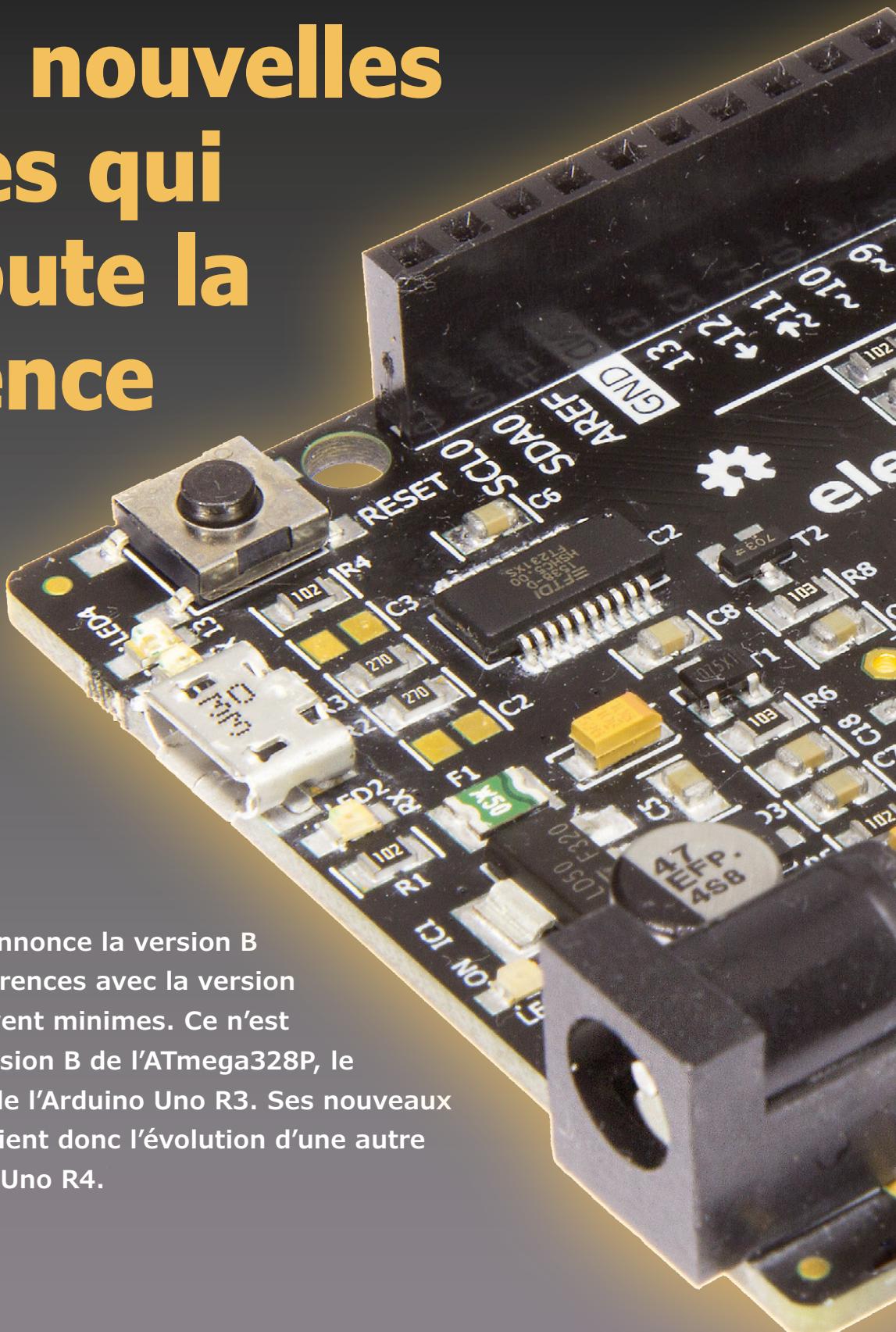
- [1] Page du projet : [www.elektormagazine.fr/150757](http://www.elektormagazine.fr/150757)
- [2] Using DS18B20 digital temperature sensor on AVR microcontrollers, Gerard Marull Paretas, septembre 2007 : [http://teslabs.com/openplayer/docs/docs/other/ds18b20\\_pre1.pdf](http://teslabs.com/openplayer/docs/docs/other/ds18b20_pre1.pdf)

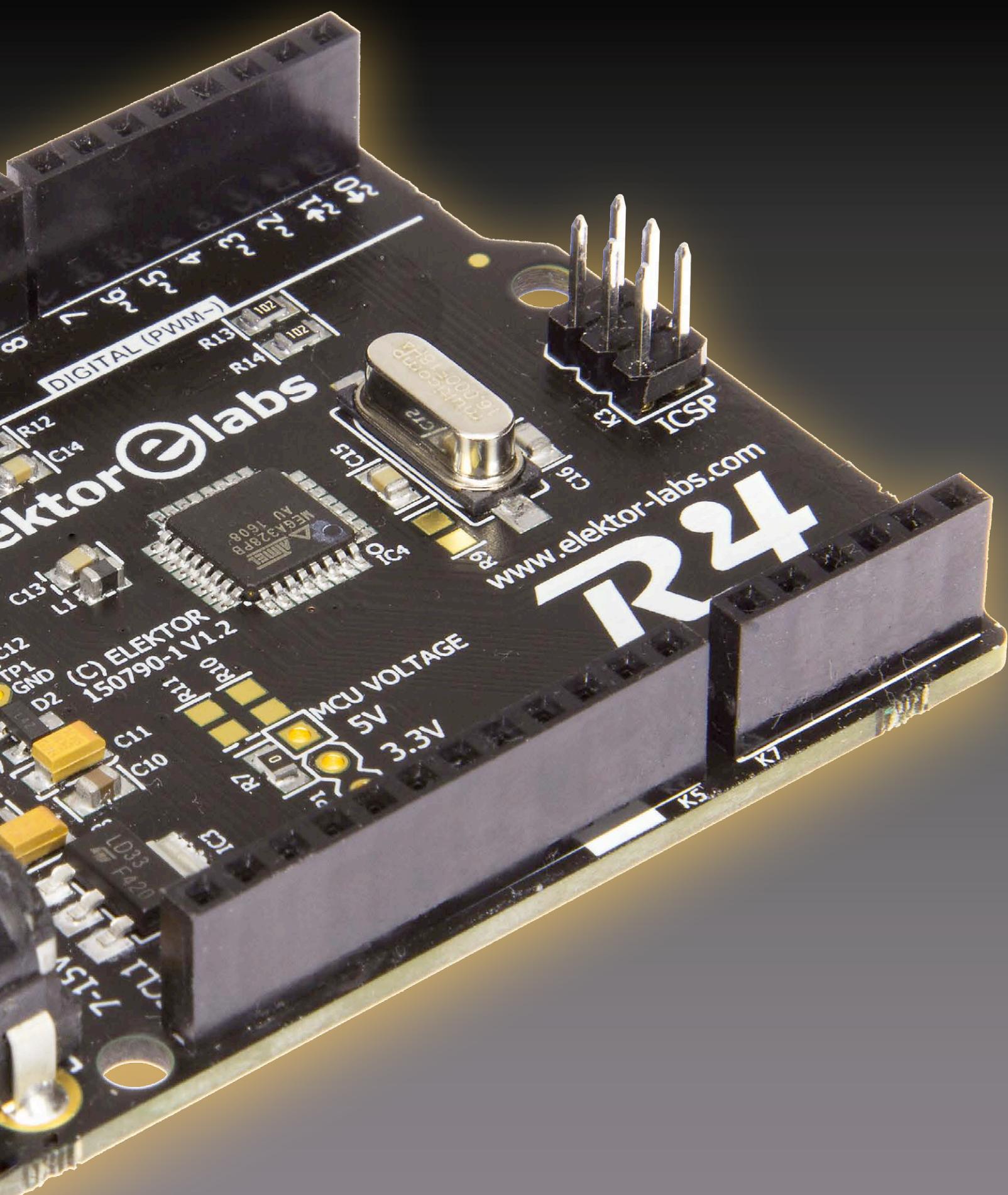
# Elektor Uno R4

**quatre nouvelles  
broches qui  
font toute la  
différence**

Clemens Valens (labo d'Elektor)

Lorsqu'un fabricant annonce la version B d'un produit, les différences avec la version précédente sont souvent minimes. Ce n'est pas le cas avec la version B de l'ATmega328P, le processeur au cœur de l'Arduino Uno R3. Ses nouveaux périphériques justifiaient donc l'évolution d'une autre carte : voici l'Elektor Uno R4.





## Caractéristiques

- ATmega328PB à 16 MHz
- 2x UART
- 2x I<sup>2</sup>C
- 2x SPI
- 9 sorties à MLI
- 8 entrées analogiques
- 24 broches d'E/S à usage général
- Régulateurs de tension embarqués 5 V et 3,3 V
- Paquet (installation + bibliothèque) compatible Arduino
- Code source ouvert, matériel libre

## B comme Bien mieux

Fin 2014, Atmel lançait les versions B de certains de ses microcontrôleurs AVR les plus populaires : les ATmega48PB, -88PB et -168PB. Bien qu'il ne s'agît pas de produits de substitution, les différences avec les versions non-B se révèlèrent plutôt anodines. Excepté un prix moins élevé, le changement le plus notable fut en effet

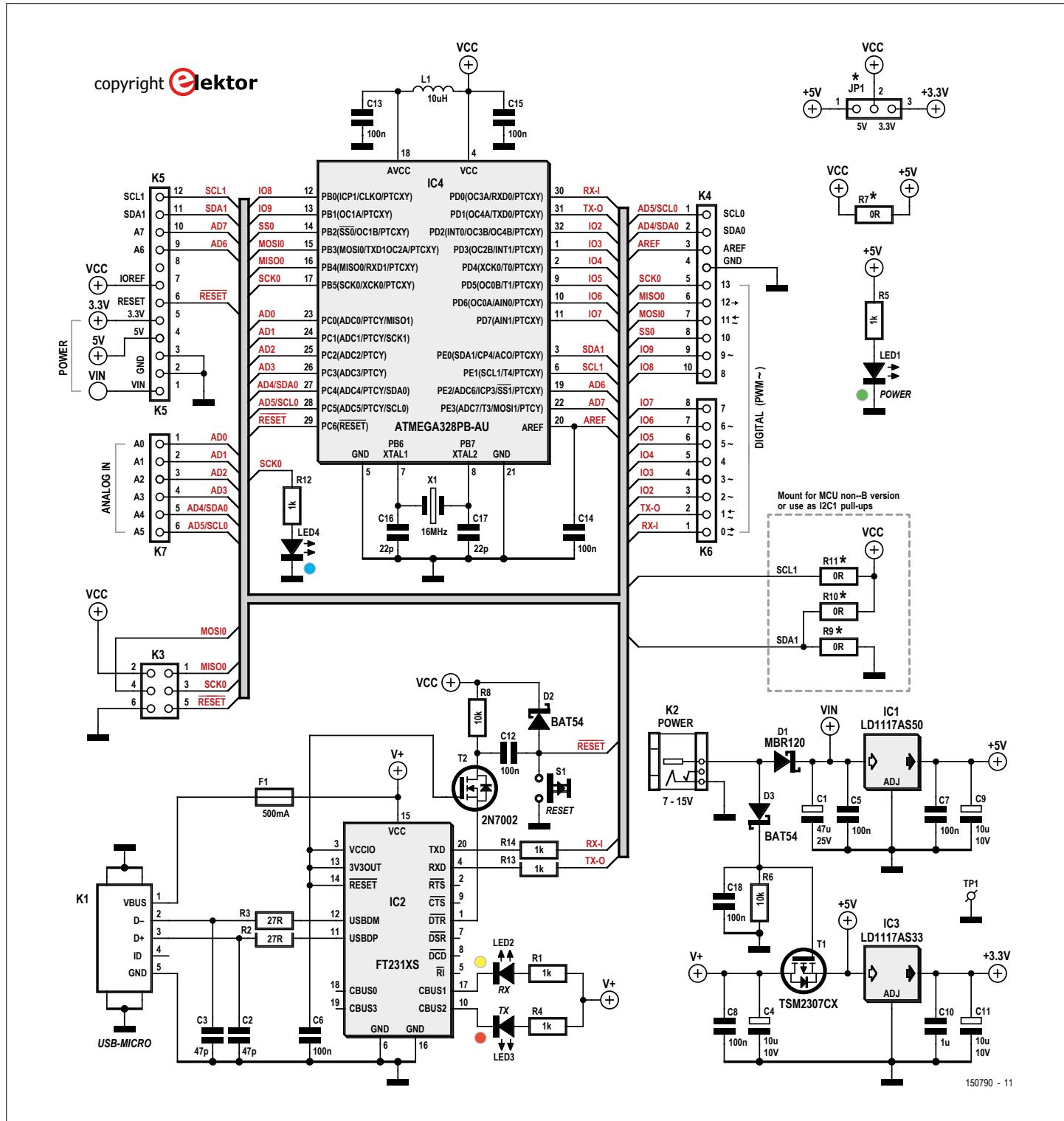


Figure 1. Schéma de l'Elektor Uno R4, sorte de carte de liaison pour l'ATmega328PB dotée d'un convertisseur série-USB, d'une alimentation et de quelques LED.

l'ajout d'un port E à 4 bits, ce qui se traduisit par des boîtiers à 32 broches. Les modèles B peuvent exécuter des programmes compilés pour des non-B, mais l'inverse n'est pas nécessairement vrai. Six mois plus tard sortit l'ATmega328PB. Et B fut enfin synonyme de « Bien mieux ». À la différence des modèles B précédents, la version B de l'ATmega328 est en effet plus riche que la non-B (**tableau 1**). Elle possède 4 broches de plus que l'ATmega328 en boîtier DIP à 28 broches équipant la carte Arduino Uno, d'où un boîtier à 32 broches. Ce quatuor donne accès au nouveau port d'E/S à usage général : « E ». Sur les précédents boîtiers à 32 broches, ce port fournissait VCC, GND, et deux entrées analogiques supplémentaires ; ici les quatre broches sont reliées aux deux entrées analogiques supplémentaires, ainsi qu'à un second périphérique I<sup>2</sup>C, à un second périphérique SPI, à la sortie du comparateur analogique, et aux sorties des temporiseurs (*timers*) 3 et 4.

Les changements ne se cantonnent pas au port E et à ses fonctions multiplexées. Ai-je mentionné le second USART ? Parfaitement, il y a maintenant deux USART. La puce a aussi gagné deux *timers* de 16 bits, faisant passer à dix le nombre de canaux MLI, et elle a été équipée d'un modulateur de comparaison de sortie (*output compare modulator*, OCM) pour faciliter la production de salves. Le contrôleur de périphérique tactile (*Peripheral Touch Controller*, PTC) permet quant à lui d'utiliser chaque broche d'E/S comme broche tactile sans qu'il soit nécessaire de recourir à des composants externes. Enfin, un identifiant unique (ID) permet d'identifier la puce de façon unique (non, sans blague ?) Les différences entre nouvelle et ancienne versions sont si nombreuses (tableau 1) qu'on se demande pourquoi l'ATmega328PB n'a pas reçu un nouveau nom.

## Où vais-je, dans quel état j'R4 ?

Nous voilà impatients d'utiliser le potentiel du 328PB, mais comment faire ? De nos jours, la première réponse qui vient à l'esprit est : avec une carte compatible Arduino. C'est la voie que nous avons suivie. Nous avons étudié les nombreuses sources disponibles sur l'internet, conçu une circuiterie pour le processeur, puis dessiné un circuit imprimé. Pour la distinguer de la Uno révision 3 (R3), avec

laquelle elle est par ailleurs rétrocompatible, nous l'avons baptisée *Elektor Uno R4*. Oui, l'originalité ne nous fait pas peur.

Passons rapidement en revue le schéma (**fig. 1**). La plupart des broches de l'ATmega (IC4) sont reliées aux connecteurs d'extension K4 à K7 – après tout la R4 est une sorte de carte de liaison. K5 est le connecteur (maintenant à 12 contacts) auquel sont reliées les 4 broches du port E. K3 est le connecteur ISP habi-

tuellement employé pour flasher le chargeur de démarrage dans le contrôleur. IC2 fournit l'interface USB-série ; cette puce récente de FTDI (une FT231XS) est similaire à la FT232R, mais moins chère, et elle fonctionne uniquement sous 3,3 V. Ses deux LED (LED2 = RX, LED3 = TX) sont alimentées par le bus USB, donc s'allument même lorsque le µC n'est pas sous tension. J'y reviendrai. T2, R8, C12 et D2 forment un convertisseur de niveau pour le signal *Reset*.

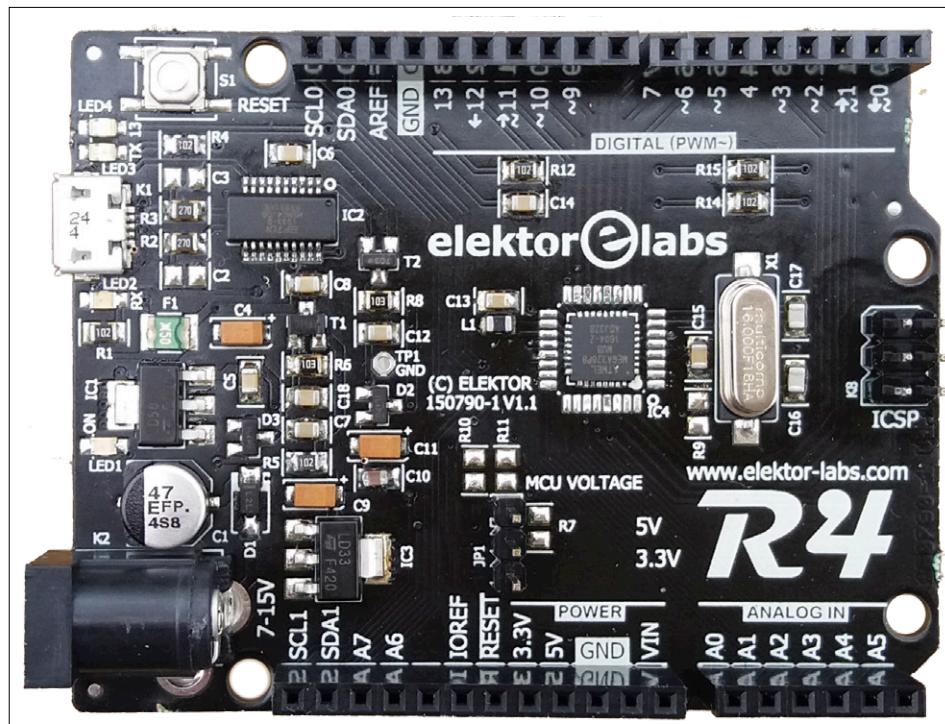


Figure 2. Au moment de réaliser ce prototype (révision 1.1), le 328PB n'était pas disponible en boîtier TOFP, nous l'avons monté en OFN.

Tableau 1. Principales différences entre l'ATmega328 et sa version B

<b>ATmega328</b>	<b>version normale</b>	<b>type B</b>
Broches	28 (DIP), 32	32
E/S à usage général	23	27
USART	1	2
I <sup>2</sup> C	1	2
SPI*	2	4
Contrôleur de périphérique tactile	-	1
Canaux analogiques	6 (8 pour modèles à 32 broches)	8
Sortie comparateur analogique	-	1
<i>Timers</i> à 16 bits	1	3
Canaux sortie comparateur / MLI	6	10
Modulateur de comparaison de sortie	-	1
Canaux comparateur d'entrée	1	3
Identifiant de puce ID	-	1

\* L'USART possède aussi un mode SPI, ce qui double le nombre de ports SPI.



Figure 3. « Je trouverai un chemin, ou j'en créerais un. » William Cecil.

arrivant par la ligne DTR. D2 limite les pointes de tension au niveau VCC. Il n'y a pas de résistance de rappel vers le haut sur la ligne Reset du bouton S1, car il y en a (toujours eu) une à l'intérieur de l'ATmega.

Côte alimentation, nous trouvons un régulateur de 5 V pour alimenter la carte via une source externe, suivi d'un régulateur de 3,3 V pour la broche 3,3 V de K5. Ce régulateur de 3,3 V est un peu plus costaud sur notre carte afin que les *shields* de 3,3 V puissent absorber une certaine quantité de courant.

T1, D3, R6 et C18 forment un commutateur de tension de 5 V. La tension maximale nominale grille-source de T1 est de 20 V, ce qui sécurise le circuit jusqu'à 24 V. Nous recommandons toutefois de limiter la tension d'entrée à 15 V CC. Si, pour une raison exotique, la tension du bus USB devenait plus haute que sa tension nominale et que la sortie d'IC1 était anormalement basse, l'ATmega pourrait encore être alimenté par la diode de corps de T1. Certes le transistor pourrait être endommagé si le reste de la carte absor-

bait beaucoup de courant, mais ce cas relèverait du bizarre et nous ne l'avons pas pris en considération.

Nous avons ajouté JP1 pour permettre deux choses impossibles avec une Uno R3 :

- Alimenter l'ATmega en 3,3 V ou 5 V.
- Mettre l'ATmega entièrement hors tension.

Les cartes d'extension (*shields*) sont supposées vérifier le niveau de la broche IOREF (K5) pour détecter la tension d'alimentation du µC. Sur une Uno R3, il s'agit toujours de 5 V, mais sur notre R4, ce peut être 3,3 V. Le cavalier JP1 peut aussi servir à mettre le µC hors tension sans déconnecter le port USB ; on peut ainsi recâbler les ports d'extension avec un minimum de sécurité, sans déconnecter la carte de l'ordinateur, en laissant le port série ouvert.

R7, ajoutée pour « raisons de fabrication », fixe JP1 en position 5 V. Elle est montée sur nos cartes [1], et JP1 y est donc une option. Pour être compatible avec la R3, la R4 doit être cadencée par

un quartz à 16 MHz. Selon la fiche technique, cette fréquence est incompatible avec une alimentation de 3,3 V. Si vous souhaitez une carte alimentée en 3,3 V entièrement fonctionnelle, il vous faudra donc remplacer le quartz par un 8 MHz (et aussi le chargeur d'amorçage).

Un dernier mot sur R9, R10 et R11. Ce sont des résistances optionnelles, placées pour rendre R4 compatible avec l'ATmega328 (non-B) à 32 broches. Pour ce processeur, les broches 3 et 6 sont supposées être connectées respectivement à 0 V et VCC, ce dont se chargent R9 et R11. Sur le modèle B, c'est le second port I<sup>2</sup>C qui est relié aux broches 3 et 6, d'où R10 et R11 qui peuvent jouer le rôle de résistances de rappel vers le haut.

### Je connais un raccourci, mais il est plus long

Un nouveau processeur doté d'un jeu d'instructions spécifique nécessite une chaîne d'outils adaptée (compilateur, éditeur de liens, assembleur). Or, l'EDI Arduino ne « connaît » pas encore l'ATmega328PB. Heureusement pour nous, cet environnement est désormais suffisamment évolué pour qu'on puisse lui greffer une nouvelle chaîne d'outils. Mais où la trouver ? Dans les ornières d'un chemin appelé AS7.

En effet Atmel Studio 7 (notre AS7) prend en charge le 328PB (une bonne raison pour mettre votre version à jour si vous ne l'avez déjà fait), une aubaine qui nous a permis d'identifier et de ramener le nécessaire. Comme Arduino, AS7 utilise la chaîne d'outils GNU AVR, mais une version plus récente. Il contient également des définitions pour les nouveaux registres du 328PB. Bref, après un peu de recherches, nous avons déniché tout ce qu'il nous fallait :

- gcc-avr 4.9.2 (ou plus récent) ;
- crtatmega328pb.o (d'AS7) ;
- libatmega328pb.a (d'AS7) ;
- specs-atmega328pb (d'AS7) ;
- iom328pb.h (d'AS7).

C'est *avrduude* qui charge les programmes dans le 328PB, mais comme il ignore tout de ce processeur, nous avons aussi dû régler ce problème.

### Tout ce que vous auriez préféré ne pas savoir sur les paquets

Notre chemin AS7 débouche sur les terres mystérieuses d'Arduino, une lande

#### Problème de port série avec l'EDI Arduino 1.6.8

Les nouvelles versions d'un logiciel ne sont pas toujours meilleures que les précédentes. Preuve en est avec la version 1.6.8 de l'EDI Arduino. Elle n'introduit que peu de nouvelles fonctions vraiment intéressantes et « casse » le port série. Un couac plutôt fâcheux puisque ce port sert à programmer la carte et à communiquer avec elle. L'erreur suivante peut s'afficher lorsqu'on utilise avrdude :

```
avrdude: ser_open(): can't open device "\.\COMxx": Access is denied.
(xx = numéro de port)
```

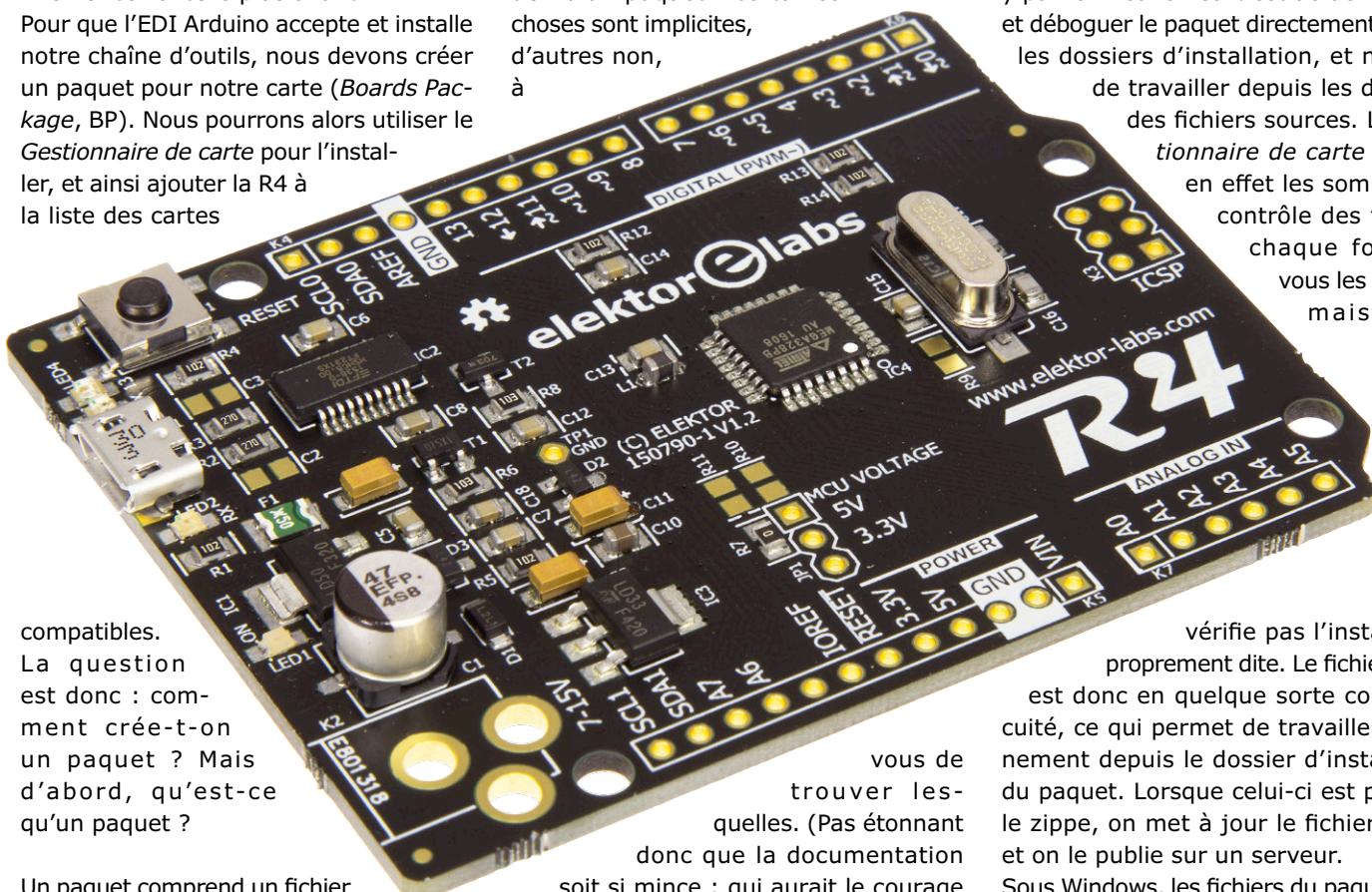
Ce type d'erreur concerne également les cartes utilisant BOSSA ou un chargeur par port série propriétaire. Si vous rencontrez ce problème, revenez à la version 1.6.7 de l'EDI, il disparaîtra. Espérons que la version 1.6.9 sera meilleure.

sauvage où rares sont les audacieux à s'aventurer (**fig. 3**). Je suis déjà passé par là lors de la création d'un paquet pour la carte Platino [2], mais cette fois-ci j'ai dû m'enfoncer encore plus avant.

Pour que l'EDI Arduino accepte et installe notre chaîne d'outils, nous devons créer un paquet pour notre carte (*Boards Package*, BP). Nous pourrons alors utiliser le *Gestionnaire de carte* pour l'installer, et ainsi ajouter la R4 à la liste des cartes

dépendances doivent avoir une entrée dans la section `tools`, exception faite des outils propres à Arduino. Ce point illustre un autre problème propre à la construction d'un paquet : certaines choses sont implicites, d'autres non, à

paquet. Ça coince inévitablement un certain de nombre de fois avant d'y parvenir, mais tout va mieux une fois franchie l'étape de téléchargement. L'astuce pour y parvenir sans heurt est de développer et déboguer le paquet directement depuis les dossiers d'installation, et non pas de travailler depuis les dossiers des fichiers sources. Le *Gestionnaire de carte* calcule en effet les sommes de contrôle des fichiers chaque fois que vous les ouvrez, mais il ne



## Liste des composants

### Résistances

Par défaut : 0805  
 R7 = 0  $\Omega$   
 R2, R3 = 27  $\Omega$   
 R1, R4, R5, R12, R13, R14 = 1 k $\Omega$   
 R6, R8 = 10 k $\Omega$   
 R9, R10, R11 = 0  $\Omega$

### Condensateurs

Par défaut : 0805  
 C16, C17 = 22 pF  
 C2, C3 = 47 pF  
 C5, C6, C7, C8, C12, C13, C14,  
 C15, C18 = 100 nF  
 C10 = 1  $\mu$ F  
 C4, C9, C11 = 10  $\mu$ F, 10 V, tantale,  
 boîtier A  
 C1 = 47  $\mu$ F, 25 V, électrolytique,  
 diam. 6,3 mm

### Inductance

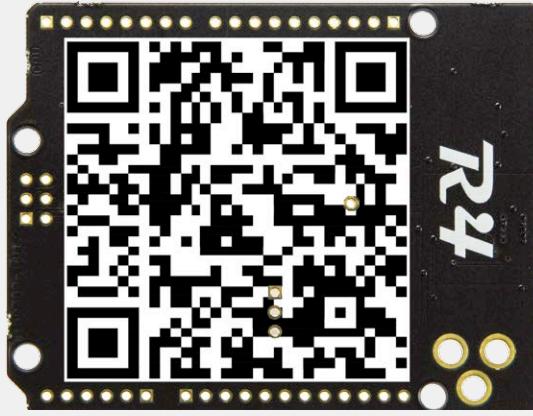
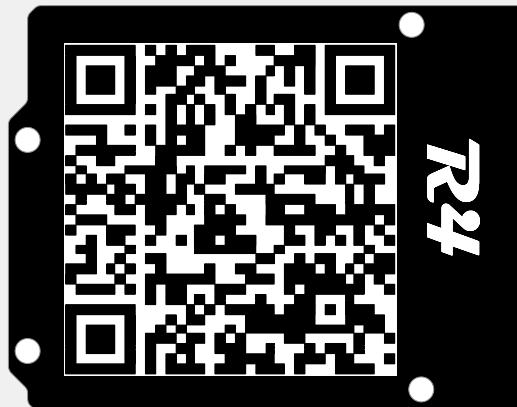
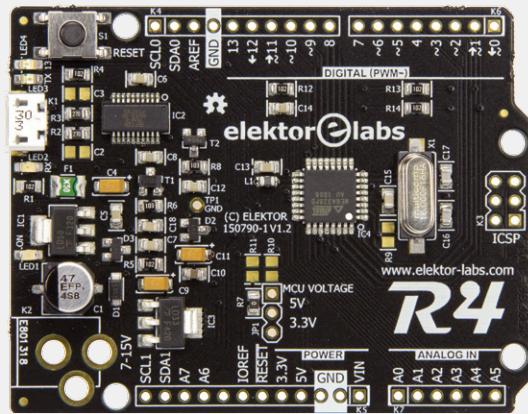
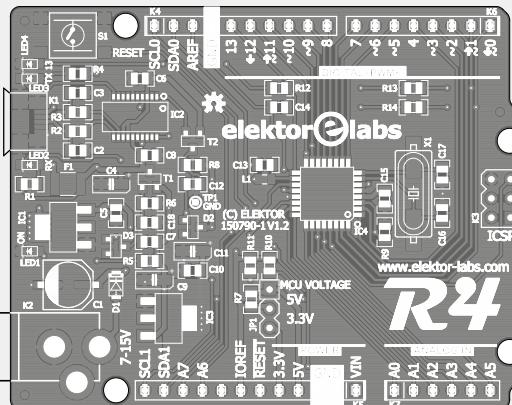
L1 = 10  $\mu$ H, CMS 0805

### Semi-conducteurs

D1 = MBR120  
 D2, D3 = BAT54  
 IC1 = LD1117AS50  
 IC2 = FT231XS  
 IC3 = LD1117AS33  
 IC4 = ATmega328PB-AU  
 LED1 = verte  
 LED2 = jaune  
 LED3 = rouge  
 LED4 = bleue  
 T1 = TSM2307CX  
 T2 = 2N7002

### Divers

F1 = PTC, 500 mA  
 JP1 = barrette à 3 broches,  
 pas de 2,54 mm, droite  
 Cavalier pour JP1  
 K1 = embase femelle micro-USB  
 type B  
 K2 = embase jack femelle,  
 broche centrale 1,95 mm  
 K5 = embase femelle à 12 voies,  
 pas de 2,54 mm  
 K4 = embase femelle à 10 voies,  
 pas de 2,54 mm  
 K6 = embase femelle à 8 voies,  
 pas de 2,54 mm  
 K7 = embase femelle à 6 voies,  
 pas de 2,54 mm  
 K3 = barrette à 6 broches (2x3),  
 pas de 2,54 mm  
 S1 = interrupteur tactile,  
 6 x 6,2 mm, CMS  
 X1 = quartz 16 MHz  
 Circuit imprimé  
 (réf. 150790-1, www.elektor.fr)  
 Micrologiciel  
 (réf. 150790-11, www.elektor.fr)



identiques. Par exemple le chemin vers le dossier `bootloaders` du paquet est `hardware\avr\1.0.0\bootloaders\`, alors que celui de l'EDI est `hardware\arduino\avr\bootloaders\`.

Maintenant que nous savons où sont stockées les composantes du paquet, intéressons-nous aux fichiers `board.txt` et `platform.txt` du dossier `hardware`. L'EDI cherchera dans le premier une description de la carte. On peut l'écrire en s'inspirant d'un fichier décrivant une carte semblable, la Uno R3 dans notre cas. Rien de compliqué, si ce n'est qu'il faut penser à modifier la référence à l'outil de chargement des croquis, à savoir `avrdude` : comme la version par défaut ne connaît pas le 328PB, c'est vers notre propre outil que doit pointer le fichier `board.txt`.

Le fichier `platform.txt` est autrement plus compliqué. Pour nous, le but du jeu aura été de le modifier de façon à ce que l'EDI utilise notre chaîne d'outils plutôt que la sienne. La place me manque pour vous narrer ce combat épique, donc, pour faire court : nous y sommes parvenus. Le fichier est sur GitHub [3].

### Une rustine pour `avrdude`

J'aime `avrdude` pour sa polyvalence. C'est son fichier de configuration (habituellement `avrdude.conf`) qui permet de l'adapter à toutes sortes de situations. Pour `avrdude`, le 328PB est quasiment identique au 328 et au 328P, la seule différence étant la signature sur trois octets de la puce ainsi que son nom. Il suffit donc de copier la section décrivant le 328P et de remplacer 328P par 328PB, sans oublier le point-virgule final :

```
part parent "m328"
id = "m328pb";
desc = "ATmega328PB";
signature = 0x1e 0x95 0x16;
ocdrev = 1;
;
```

### Bibliothèque et modifications du cœur

Reste à fournir les bibliothèques des nouveaux périphériques du 328PB et à adapter le cœur d'Arduino. Rien à faire pour le second USART, il est déjà reconnu par le cœur d'Arduino. Par contre les bibliothèques Arduino `Wire` et `SPI` doivent être modifiées afin de rendre indépendants les

seconds périphériques I<sup>2</sup>C et SPI. Le cœur que nous avons préparé « connaît » SPI0 & SPI1 ainsi que I2C0 & I2C1. Ces nouvelles bibliothèques sont bien sûr incluses dans le paquet.

Les sorties MLI et les *timers* supplémentaires sont eux aussi déjà pris en charge par le cœur d'Arduino, excepté la sortie MLI sur PD2. Ce port (cf. schéma) est multiplexé avec les sorties MLI OC3B et OC4B : si techniquement parlant la puce dispose de dix canaux MLI, elle n'en possède donc que neuf « à l'extérieur ». Ces deux sorties forment par ailleurs l'OCM (*Output Compare Modulator*) ; si vous les activez toutes deux simultanément, leurs signaux seront combinés avec un *ET* ou un *OU* selon la façon dont est défini le niveau de PD2. Si vous n'en activez qu'une seule et utilisez le mode *ET*, vous obtiendrez... rien. Pour que la fonction MLI opère sur PD2, nous avons sélectionné le mode *OU* d'OCM uniquement avec OC3B.

Pour garantir la compatibilité avec la carte Arduino Uno R3 et rester cohérent avec la numérotation Arduino, les deux entrées analogiques supplémentaires (PE2 et PE3) ont été affectées aux broches Arduino 20 (ou A6) et 21 (ou A7), à la suite des entrées A0 à A5. Le résultat est que les deux autres broches du port E, PE0 et PE1, sont sur 22 et 23 Arduino, c'est le monde à l'envers. Puisque ces broches sont aussi reliées au second périphérique I<sup>2</sup>C, nous avons préféré les nommer *SDA1* et *SCL1* sur notre carte.

Oh, et j'allais presque oublier ceci : nous avons bien sûr écrit un chargeur d'amorçage (*bootloader*) pour le 328PB. Vous le trouverez dans le paquet.

## Conclusion

Vous l'aurez compris à l'aulne de cette épopee moderne, la conception du matériel aura été la partie la plus facile du projet. Toute la difficulté aura été de sortir du labyrinthe logiciel, un endroit mal éclairé et truffé de pièges. Sincères excuses à ceux d'entre vous qui se seront sentis pris de somnolence en cours de route, mais je tenais à ce que vous preniez conscience qu'à l'avenir de plus en plus de projets se heurteront à des problèmes logiciels de ce genre.

Si vous souhaitez directement utiliser la carte Elektor Uno R4 et son paquet, copiez l'URL suivante dans la boîte *URL de gestionnaire de cartes supplémentaires*

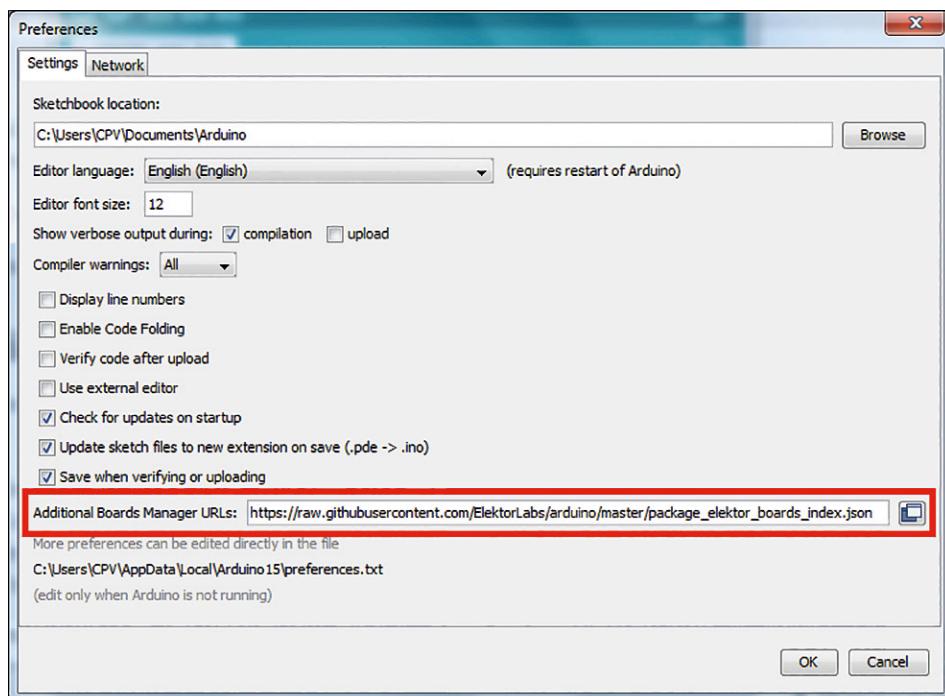


Figure 4. La boîte dans laquelle entrer l'URL du paquet de l'Elektor Uno R4.

## Liens

- [1] [www.elektor.fr/150790](http://www.elektor.fr/150790)
- [2] [www.elektor.fr/150555](http://www.elektor.fr/150555)
- [3] <https://github.com/ElektrorLabs/Arduino>

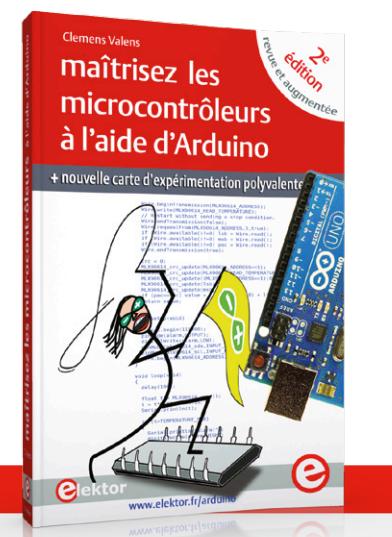
du menu *Préférences* de l'EDI Arduino (version 1.6.6 ou plus récente d'arduino.cc ; n'utilisez pas 1.7.9 d'arduino.org, cf. **fig. 4**) :

[https://raw.githubusercontent.com/ElektrorLabs/arduino/master/package\\_elektor\\_boards\\_index.json](https://raw.githubusercontent.com/ElektrorLabs/arduino/master/package_elektor_boards_index.json)

Ouvrez le *Gestionnaire de carte*, sélectionnez l'option *Partenaire*, installez la carte, et voilà, le futur vous appartient !

►

(150790 – version française : Hervé Moreau)



## e-choppe

- 150790-1 : circuit imprimé nu
- 150790-41 : ATmega328PB programmé avec *bootloader* Arduino
- 150790-91 : carte assemblée
- 129009 : livre *Maîtrisez les microcontrôleurs à l'aide d'Arduino*, ISBN 978-2-8661-195-8

# Alimette

## alimentation modulaire polyvalente

Ton Giesberts (labo d'Elektor)

Nous trouvions l'alimentation de notre générateur de fonctions par DDS un peu encombrante, nous avons donc cherché à la rendre plus compacte.

De cette cogitation est née Alimette. Elle peut être équipée de différents convertisseurs, donc alimenter diverses applications.

Le générateur de fonctions par DDS (projet Elektor 150210 [1]) avait besoin d'une tension de  $\pm 15$  V pour sa sortie analogique et de  $+3,3$  V pour le reste du circuit. Le transformateur de 10 VA et le filtre antiparasites prenaient beaucoup de place sur la carte d'alimentation. Nous avons donc décidé de produire les tensions nécessaires avec des convertisseurs CC/CC alimentés par un adaptateur d'ordinateur portable (19 V en sortie). Le

résultat est une alimentation compacte. Son meilleur rendement permet en outre de se passer de dissipateur. Sur Alimette, un module convertisseur CC/CC à sorties isolées fournit les tensions de sortie symétriques. De cette façon, l'alimentation à tension simple est séparée galvaniquement de l'alimentation symétrique. Bien que l'empreinte des modules utilisés soit supposée de norme industrielle, il subsiste quelques diffé-

rences (insignifiantes) d'un constructeur à l'autre, p. ex. entre Recom et Traco Power. Un modèle de 6 W convient aussi.

### Schéma et modules

Comme le montre le schéma (fig. 1),

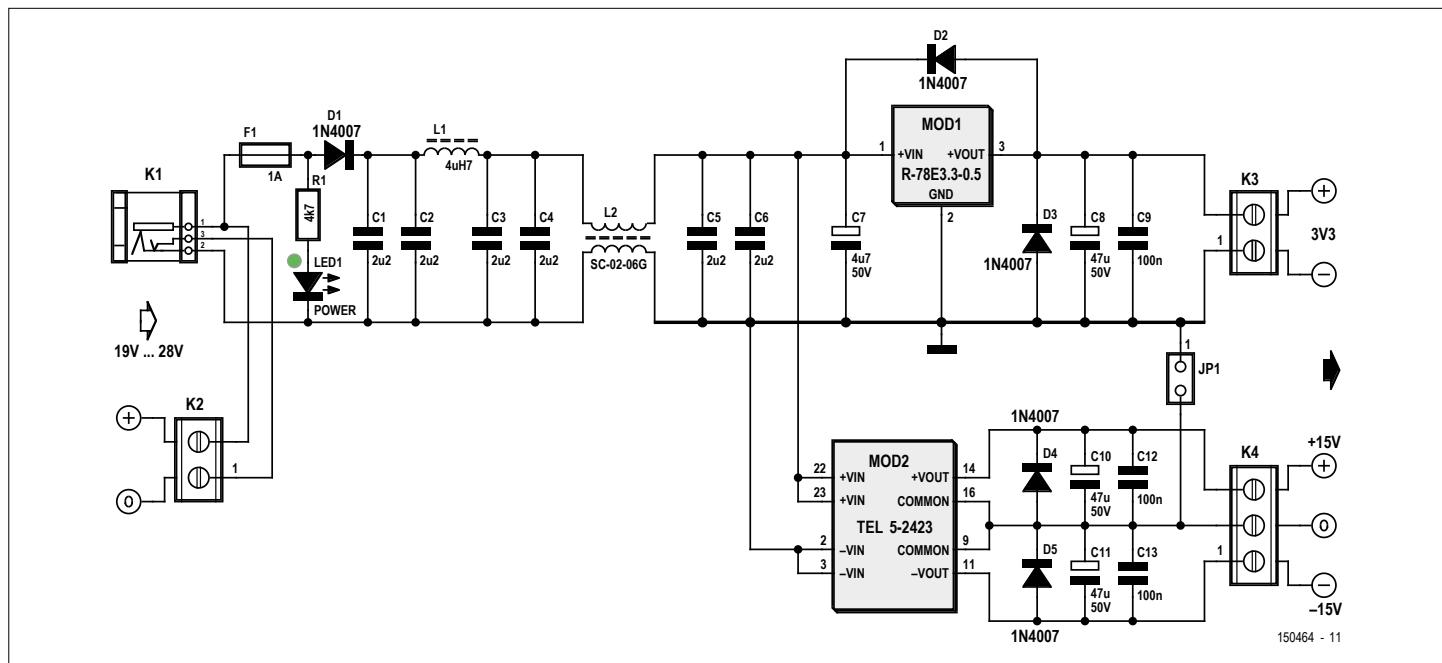
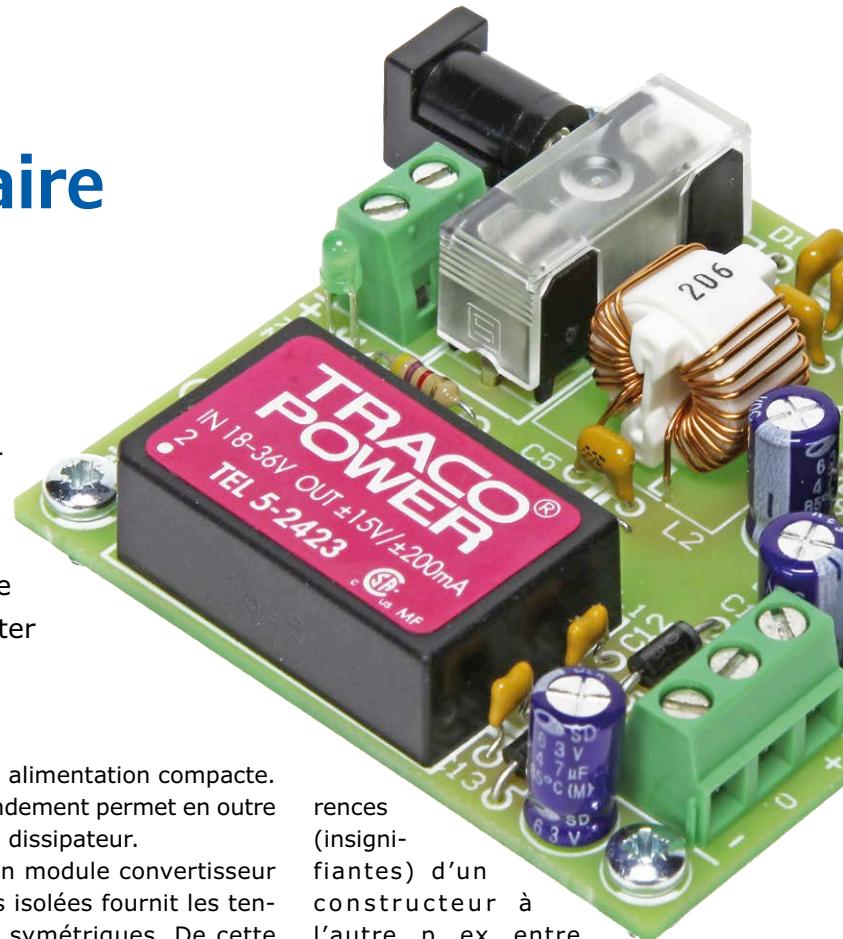


Figure 1. Un schéma figé dans le silicium mais pas dans le marbre : d'autres modules sont possibles. Choisir, combiner, optimiser, voilà l'essence même de ce projet.

on peut utiliser comme source d'entrée un adaptateur secteur bon marché relié à K1. Avec les modules actuels, la tension d'entrée non traitée sera comprise entre 19 et 28 V CC. Si la carte est utilisée à l'intérieur d'un autre appareil, la tension d'entrée peut aussi être appliquée au bornier à vis K2. Pour éviter le branchement simultané de deux sources de tension, K2 n'est connecté que si aucun connecteur n'est enfiché dans K1, l'embase jack femelle pour adaptateur CC. Si K1 n'est pas monté, soudez un fil entre les trous prévus pour les broches 2 et 3.

Outre les modules et leurs condensateurs de découplage, seuls sont nécessaires un filtre RF, un fusible et un ou des connecteurs d'entrée. Cette économie de moyens a permis de dessiner une carte compacte de seulement 6 x 6 cm. Les modules utilisés peuvent être remplacés par des homologues de tensions différentes ou par des modèles identiques d'autres fabricants. LED1 est la LED témoin de marche/arrêt, la diode D1 protège contre les inversions de polarité. Il est peu probable qu'un adaptateur secteur acheté d'occasion ou récupéré sur un vieux ordinateur délivre une tension de sortie pure OU qu'il soit insensible aux parasites RF. Nous avons donc intercalé un filtre costaud, mi-symétrique mi-asymétrique, entre l'adaptateur et les entrées du convertisseur CC/CC. Il affaiblit également le bruit de l'alimentation à découpage. Il comprend une inductance L1, une bobine d'arrêt en mode commun L2, des condensateurs à électrolyte solide en parallèle C1 à C6, et un électrolytique C7 chargé de supprimer le bruit large bande, les impulsions, les pointes de tension et les parasites.

Le module à sortie simple (MOD1) est un convertisseur abaisseur CC/CC non-isolé, plus précisément le modèle R-78E3.3-0.5 de RECOM. De tous les modules que Recom nous a envoyés pour « évaluation scientifique » (fig. 2), nous avons choisi les moins chers, les modules pour 3,3 V et 5 V de la série R-78Exx-0.5. Leur courant

## Caractéristiques

- Carte alimentée par tout adaptateur d'ordinateur portable avec  $V_{\text{sortie}} > 19$  V CC
- Sorties de l'alimentation simple : 3,3 V ou 5 V @ 0,5 A ; options : 1,5 V, 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V, 5,0 V, 6,5 V, 9 V, 12 V, 15 V
- Sorties de l'alimentation symétrique :  $\pm 15$  V @ 6 W env. ; options :  $\pm 9$  V,  $\pm 12$  V
- Modules CC/CC de Recom et Traco Power à empreinte de norme industrielle
- Zéro CMS, zéro microcontrôleur

de sortie maximal est de 0,5 A. On peut également utiliser les modules de la série R-78xx-0.5 : ils sont plus chers, mais plus petits, délivrent eux aussi 0,5 A et offrent plus de tensions de sortie (1,5 V, 1,8 V, 2,5 V, 3,3 V, 5,0 V, 6,5 V, 9 V, 12 V et 15 V). Le lien [2] présente toute la famille R-78xx.

MOD2 est un TEL 5-2423 de Traco Power [3], un module CC/CC à sortie symétrique de  $\pm 15$  V et d'empreinte standard. Vous pouvez utiliser un convertisseur CC/CC de 5 ou 6 W de marque différente si son brochage est compatible. La série Tel 5 comprend aussi des modules



Figure 2. La luxueuse boîte de modules CC/CC envoyée par Recom. Son ouverture a aussi ouvert la voie à la modularité d'Alimette.

## Le prototype sur banc d'essai

### $\pm 15$ V (entrée 19 V) :

Charge de 1 kHz pulsée avec 100 $\Omega$ sur le rail positif				Charge de 1 k $\Omega$ sur le rail négatif	
Rapport cyclique	$V_{\text{ondulation}}$	$+V_{\text{sortie}}$	$-V_{\text{sortie}}$	$+V_{\text{sortie}}$	$-V_{\text{sortie}}$
20 %	0,52 V	14,66 V	15,36 V	14,96 V	15,10 V
50 %	0,8 V	14,25 V	15,76 V	14,81 V	15,24 V
80 %	0,52 V	13,98 V	16,12 V	14,51 V	15,33 V

$V_{\text{ondulation}}$ (sans charge)	$30-40$ mV <sub>cc</sub> (pointes, 54 kHz)
+15 V (100 $\Omega$ ) / -15 V (sans charge)	+13,65 V / -16,4 V
+15 V (no load) / -15 V (100 $\Omega$ )	+15,8 V / -14,25 V

### +3,3 V (entrée 19 V) : 1 kHz pulsée avec 6,8 $\Omega$

Rapport cyclique	$V_{\text{ondulation}}$ (triangulaire/dents de scie)
20 %	140 mV <sub>cc</sub>
50 %	200 mV <sub>cc</sub>
80 %	140 mV <sub>cc</sub>

Aux fréquences moins élevées, l'ondulation est toujours inférieure à 200 mV<sub>cc</sub>

$V_{\text{ondulation}}$ (sans charge)	30 mV <sub>cc</sub> (surtout des pointes, 100 Hz)
$V_{\text{ondulation}}$ (68 $\Omega$ )	40 mV (surtout des pointes, 588 kHz)
$V_{\text{ondulation}}$ (6.8 $\Omega$ )	40 mV (surtout des pointes, 588 kHz)

Tension de sortie
3,361 V (sans charge)
3,339 V (68 $\Omega$ )
3,340 V (6.8 $\Omega$ )

### Rendement total avec +3,3 V et $\pm 15$ V

Entrée 19 V / 0,4 A ; sortie 3,3 V / 6,8 $\Omega$ ; +15 V / 100 $\Omega$ ; -15 V, 100 $\Omega$ :	80 %
Entrée 28 V / 0,28 A ; sortie 3,3 V / 6,8 $\Omega$ ; +15 V / 100 $\Omega$ ; -15 V, 100 $\Omega$ :	78 %

## Liste des composants

### Résistances

R1 = 4,7 kΩ, film carbone 5 %, 0,25 W, 250 V

### Condensateurs

C1-C6 = 2,2 µF 50 V 20 %, céramique Y5V, pas de 5 mm

C7 = 4,7 µF 50 V 20 %, pas de 2 mm, Ø 6,3 mm max.

C8, C10, C11 = 47 µF 50 V 20 %, pas de 2,5 mm, Ø 6,3 mm max.

C9, C12, C13 = 100 nF 50 V 10 %, céramique X7R, pas de 5 mm

### Inductances

L1 = 4,7 µH, 3,05 A, 80 mΩ, 10 %, radial, pas de 5 mm, p. ex. Epcos B82144B2472K000

L2 = 600 µH, 2 A, 2 x 50 mΩ, bobine d'arrêt en mode commun, 17,5 x 14 mm, Kemet SC-02-06G

### Semi-conducteurs

D1-D5 = 1N4007 (1000 V, 1 A)

LED1 = LED, verte, 3 mm

MOD1 = R-87E3.3-0.5, Recom (3,3 V, 0,5 A)

MOD2 = TEL 5-2423 Traco Power

(5 W, ±15 V)

### Divers

K1 = embase jack femelle pour adaptateur CC, broche de 1,95 mm, 12 V, 3 A

K2, K3 = bornier à vis pour circuit imprimé à 2 voies, pas de 5 mm

K4 = bornier à vis pour circuit imprimé à 3 voies, pas de 5 mm

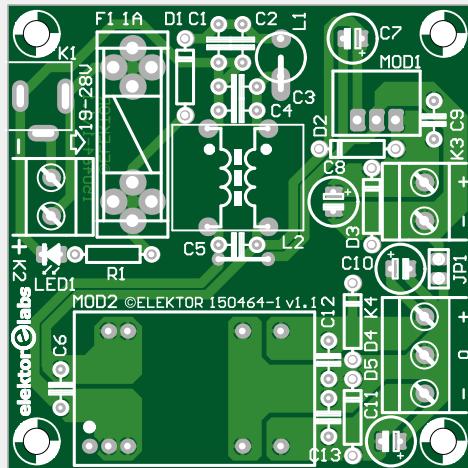
JP1 = barrette mâle à 2 contacts, verticale, pas de 2,54 mm

F1 = porte-fusible, 20 x 5 mm, 500 V, 10 A

F1 = cache porte-fusible, 20 x 5 mm

F1 = fusible cartouche à action retardée, 1 A, 20 x 5 mm

Circuit imprimé nu, 150464-1 ([www.elektor.fr](http://www.elektor.fr))



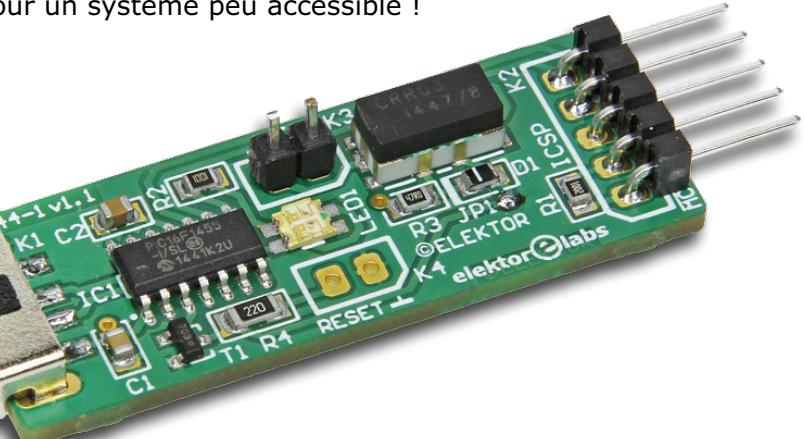
# chien de garde pour ordinateur

## redémarrage automatique d'un ordinateur planté



Willem den Hollander (Pays-Bas)

Les ordinateurs actuels sont relativement fiables, mais il arrive qu'ils se bloquent et refusent de fonctionner. Seule une « remise à zéro matérielle » permet de les ramener à la (vraie) vie. Ce projet le fait automatiquement, ce qui est particulièrement utile pour un système peu accessible !



(Human Interface Device – HID), et est alimenté par le bus USB.

De nombreux ordinateurs (dont des serveurs) opèrent de manière autonome ou dans des endroits peu accessibles, il est alors utile de disposer d'une fonction de surveillance pour signaler une panne et récupérer le système dans une telle situation. La mise en place d'un *chien de garde* (*watchdog* en anglais) est simple, il suffit d'installer un petit programme qui envoie à intervalles réguliers un signal vers un circuit externe. Lorsque ce circuit ne reçoit plus le signal, il en déduit que le processeur s'est arrêté et actionne automatiquement la remise à zéro matérielle (*reset*) du système.

### Le circuit

La **figure 1** montre le schéma du circuit. Le microcontrôleur choisi, un PIC16F1455, possède une interface USB, ce qui simplifie le circuit. Il est reconnu par l'ordinateur comme périphérique « humain »

Tant que l'ordinateur fonctionne, le microcontrôleur reçoit un signal à intervalles réguliers via son interface USB ; la section verte de la LED bicolore LED1 clignote. Si l'ordinateur tombe en panne et n'envoie plus de signal, le PIC déclenche une remise à zéro ; la section rouge de LED1 s'allume. Pendant le redémarrage de l'ordinateur, la section verte de LED1 est allumée ; dès que le système fonctionne correctement et que le PIC reçoit à nouveau un signal, elle se remet à clignoter.

En général la broche de remise à zéro est mise à la masse pour lancer un redémarrage de l'ordinateur. Sur la plupart des PC, l'USB et le bouton de remise à zéro sont reliés à la même masse ; dans cas, un seul fil suffit pour la RàZ. Ce principe est valable pour la grande majorité des PC. Sur notre circuit, la broche de remise à zéro (connectée à K4) est amenée à la masse via R4 et T1.

Pour permettre un redémarrage, quel que soit le câblage du système, nous avons préféré ajouter un petit relais *reed* qui court-circuitera les deux contacts (relés à K3) si une RàZ est nécessaire. Le sens de connexion n'a pas d'importance, les contacts sont isolés. Pour utiliser le relais, on reliera les contacts de JP1 et on n'utilisera pas K4.

On pourrait bien entendu utiliser le relais à d'autres fins. Il faut respecter ses limites : 0,5 A et 170 V (continu et crête). Il ne convient donc pas pour le secteur !

### Micrologiciel pour le microcontrôleur

La plupart des microprocesseurs possèdent une fonction *chien de garde* : un décompteur cadencé par l'horloge du microprocesseur ou un oscillateur externe ; lorsqu'il atteint zéro, une remise à zéro est effectuée. Si le compteur est réinitialisé (par une instruction logicielle) avant d'atteindre zéro, le processeur continue à fonctionner normalement. Le programme pour notre PIC est disponible sur le site du magazine [1].

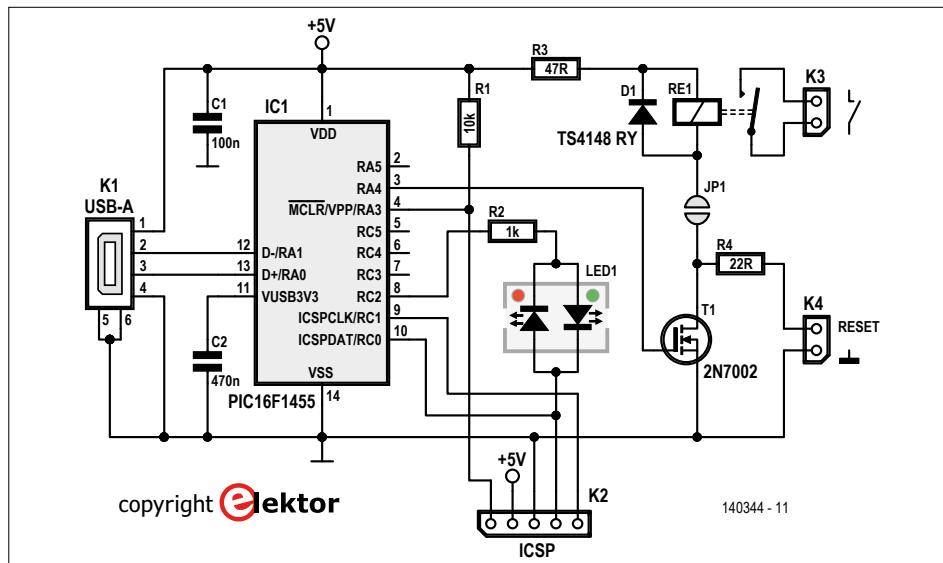


Figure 1. Schéma du circuit. Choisir un microcontrôleur PIC16F1455 avec interface USB intégrée facilite le travail.

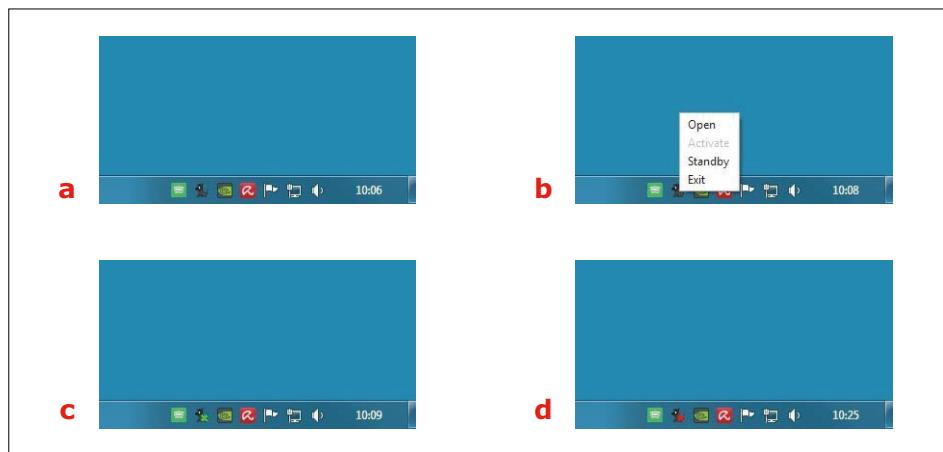


Figure 2. L'icône du petit chien noir sur la barre de tâches de Windows indique le mode de fonctionnement du logiciel.

### Logiciel pour l'ordinateur

Le lancement du programme installé sur l'ordinateur devra s'effectuer juste après celui de Windows. Le plus simple est de placer ce programme (ou un raccourci vers lui) dans la liste des applications qui se chargent à chaque démarrage du

système d'exploitation ; cette procédure est automatique si l'installation du programme se déroule normalement. Lorsque le programme fonctionne et que notre circuit est connecté à l'ordinateur, une icône représentant un petit chien apparaît sur la barre des tâches (**figure 2a**), sinon elle apparaîtra comme en **figure 2d**. Un clic droit sur l'icône permet d'accéder à différentes options (**figure 2b**) : *Standby* met le circuit externe en veille (**figure 2c**), de telle manière qu'il n'y a plus de redémarrage, même en l'absence de signal ; *Activate* rétablit le fonctionnement normal ; et *Open* ouvre une fenêtre secondaire (*pop-up*), qui permet de régler divers délais de fonctionnement (**figure 3**), qui seront stockés dans la mémoire du PIC.

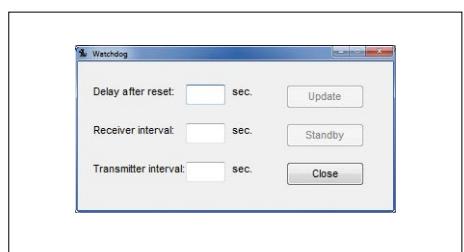


Figure 3. Les délais de fonctionnement peuvent être réglés individuellement.

La fonction *Transmitter interval* définit la fréquence à la laquelle le signal est envoyé par l'ordinateur au PIC ; cet intervalle de temps doit être inférieur à *Receiver interval*, durée qui s'écoule entre l'absence de signal et le déclenchement du processus de redémarrage (activation de T1).

*Delay after reset* (délai après redémarrage) définit combien de temps (en secondes) le signal peut être absent après un redémarrage, et avant qu'une RàZ soit déclenchée ; ce temps varie de 10 à 255 s. Si on saisit 0 dans ce champ, il n'y aura pas de signal de RàZ jusqu'à ce que le premier signal reçu remette le circuit en mode normal.

*Update* confirme les nouveaux réglages et les envoie dans la mémoire du PIC. *Standby* a la même fonction que ci-dessus, et *Close* ferme la fenêtre (ou on peut aussi cliquer sur la croix dans le coin supérieur droit).

### Montage

Nous avons pensé relier le circuit à l'ordinateur par un câble mini-USB, mais nous avons préféré le connecter directement à un port USB libre. La connexion au circuit de remise à zéro ou à son connecteur sur la carte mère de l'ordinateur sera ainsi bien plus courte, et ça fera toujours un câble en moins qui pendouille de l'ordinateur... Le circuit imprimé dessiné peut être placé dans un petit boîtier avec évidemment pour le connecteur USB, un peu plus gros qu'une clé USB (voir liste des composants).

Le connecteur K3 (ou K4) doit être mis en parallèle sur le circuit de remise à zéro de l'ordinateur. L'accès au connecteur de la carte mère est sans doute plus aisés. Le relais n'est pas simple à souder. Cela peut se faire avec de l'air chaud, ou – si on soude l'ensemble des composants en une fois – dans un four à refusion. Les autres composants ne posent pas de problème particulier. Le circuit imprimé (**figure 4**) est disponible chez Elektor sous le numéro 140344 [2].

Si on n'utilise pas le relais, D1, R3 et K3 ne sont pas nécessaires non plus. Si vous utilisez un bornier pour K3 ou K4, veillez à ce qu'il ne dépasse pas de plus de 5,5 mm, ça empêcherait de mettre le circuit dans le boîtier. Il y a suffisamment de place pour souder directement des fils plutôt que d'utiliser un bornier ; à vous de décider où ces fils sortent du boîtier. Le bornier mâle K2 peut être utilisé pour

programmer le microcontrôleur (avec par exemple un PICkit 2, mis à jour si nécessaire). Ce bornier est positionné à l'horizontale de telle manière qu'il rentre tout juste dans le boîtier.

## Test

Lors de notre test initial, le *chien de garde* persistait à redémarrer l'ordinateur quelques secondes après l'apparition du logo Windows (apparemment une boucle infinie). Nous avons testé le circuit sur un vieil ordinateur tournant sous Windows XP : les redémarrages forcés peuvent endommager certains fichiers (le programme *scan disk* est lancé), ce que nous ne pouvions risquer sur une machine flambant neuve sous la responsabilité des informaticiens d'Elektor ! En essayant les réglages de temporisation 0, 25 et 10 s, le fonctionnement était correct. Pour des ordinateurs plus lents, le délai entre réception (*Receiver interval*) et transmission (*Transmitter interval*) pourrait devoir être plus long. Et même sur des ordinateurs modernes, certains programmes peuvent empêcher le *chien de garde* d'envoyer son signal à temps. Comment tester le circuit en conditions réelles ? Enfantin : il faut que l'ordinateur se crashe ! Nous avons essayé en créant un petit fichier de commandes (*batch file*) destiné à ouvrir « à l'infini » des commandes Windows, mais ça n'a pas marché. Nous avons alors trouvé un petit utilitaire sur l'internet, *StartBlueScreen* [3]. Il conduit l'ordinateur tout droit vers un *écran bleu de la mort* ; ça fonctionne à merveille. Cinq paramètres doivent être spécifiés pour que le programme

## Liste des composants

### Résistances :

R1 = 10 kΩ, CMS 0805, 5%  
 R2 = 1 kΩ, CMS 0805, 5%  
 R3 = 47 Ω, CMS 0805, 5%  
 R4 = 22 Ω, 0,5 W, CMS 1206

### Condensateurs :

C1 = 100 nF, 50 V, X7R, CMS 0805  
 C2 = 470 nF, 50 V, X7R, CMS 0805

### Semi-conducteurs :

LED1 = SML-LX1210IGC-TR, LED rouge-verte, 160°, CMS 2,7x2 mm  
 D1 = TS4148 RY, CMS 0805  
 T1 = 2N7002, CMS SOT-23  
 IC1 = PIC16F1455, CMS SOIC-14

### Divers :

K1 = connecteur USB 2.0 type A, coudé, CMS (Lumberg 2410 07)  
 K2 = bornier mâle à 5 broches, horizontal, pas de 2,54 mm (4-103323-1, TE-Connectivity)  
 K3 ou K4 = bornier mâle à 2 broches, vertical, pas de 2,54 mm (un seul ou aucun, voir texte)  
 RE1 = interrupteur reed, SPST-NO, 3 V / 70 Ω, 170 V / 0,5 A (Standex Meder CRR03-1A)  
 Boîtier transparent Strapubox USB1KL, 56x20x12 mm<sup>3</sup> (Conrad 531276)  
 Circuit imprimé, réf. 140344-1, [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

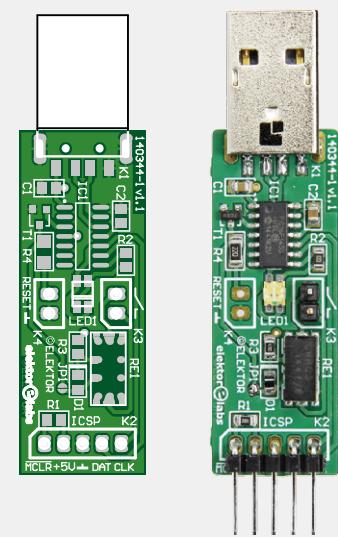


Figure 4. Le petit circuit imprimé a la forme d'une clé USB.

*StartBlueScreen.exe* s'exécute correctement ; créez un fichier avec l'extension .bat (*batch file*) contenant `StartBlueScreen.exe 0x12 0 0 0 0`. Ça marche : notre *écran bleu de la mort* est apparu, et quelques secondes plus tard l'ordinateur a redémarré. Un message nous a informés que le *chien de garde* avait forcé ce redémarrage.

Le logiciel de l'ordinateur a été mis au point avec Delphi XE4.

Le code source des deux programmes, ordinateur et microcontrôleur, est disponible sur le site d'Elektor [1].

Exécutez *Watchdog setup.exe* pour installer le chien de garde sur votre ordinateur. ▶

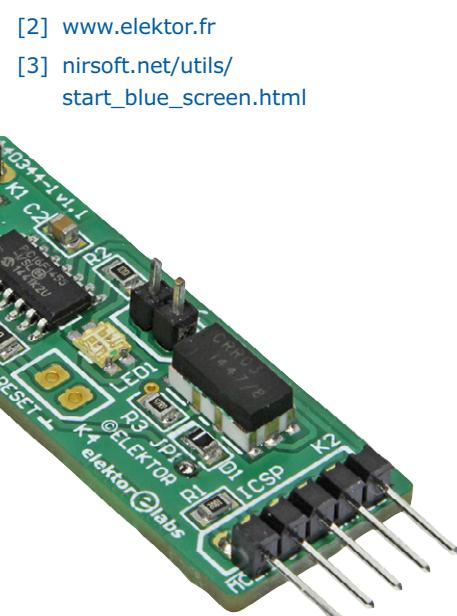
(140344 – version française : Jean-Louis Mehren)

## Liens

- [1] [www.elektormagazine.fr/140344](http://www.elektormagazine.fr/140344)
- [2] [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)
- [3] [nirsoft.net/utils/start\\_blue\\_screen.html](http://nirsoft.net/utils/start_blue_screen.html)



Figure 5. Probablement la seule fois où vous voulez voir un *écran bleu de la mort* pour mettre au point un circuit.



# SUPRA

## préamplificateur phono MM/MD à bruit minimal

Thomas Scherer (Allemagne) et Ton Giesberts (labo d'Elektor)

Le vinyle fait un retour en force auprès des amateurs de hi-fi. Le son du microsillon est et reste très particulier, on ne peut pas le comparer à celui des sources numériques. Son point faible a toujours été la petitesse du signal issu du phonocapteur, donc la sensibilité au bruit de fond. Pour réduire autant que possible le bruit dans l'étage le plus critique, à savoir l'étage d'entrée du préampli correcteur, l'idée est de mettre quatre amplificateurs opérationnels spéciaux en parallèle. Ce truc, Elektor l'a déjà présenté en 1982, mais avec les transistors de l'époque !

# 2.0



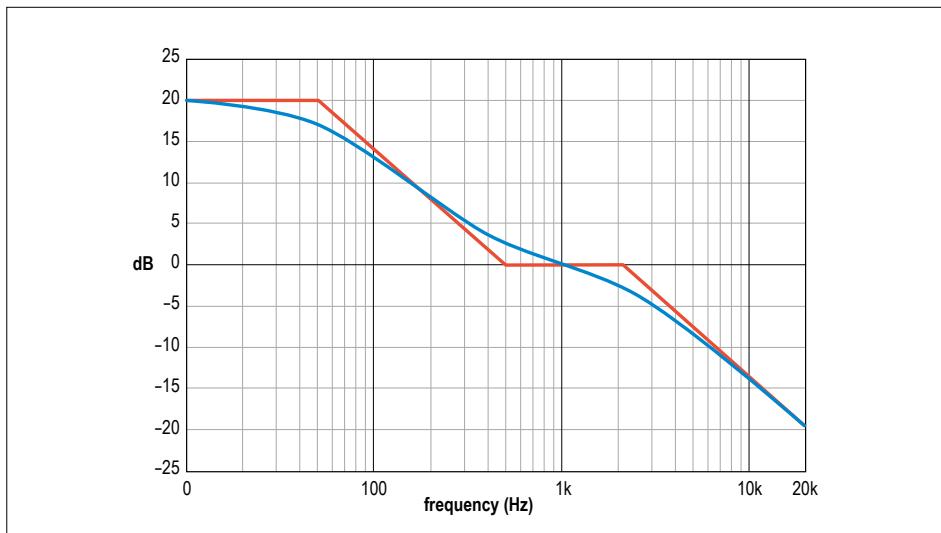


Figure 1. En théorie et en pratique, l'allure de la courbe de correction RIAA des disques vinyle.

Depuis le début de son existence, Elektor a toujours eu une préférence pour les circuits audio. D'innombrables projets ont ainsi vu le jour, parmi lesquels certains très particuliers et novateurs. L'un d'eux fut SUPRA, un préamplificateur pour phono-capteur paru dans le numéro double d'été en 1982. Son nom découle de la contraction de *SUPer RuisArm* (à bruit *SUPer RAre*). On y est arrivé en montant dans l'étage d'entrée huit transistors à faible bruit (BC550/BC560) en parallèle. Dans cette configuration, le bruit est réduit d'un facteur  $\sqrt{8} = 2,82$  fois. Une

mettre au point une nouvelle version de SUPRA, à amplificateurs opérationnels, bien entendu !

Actuellement, on trouve des circuits intégrés dont les caractéristiques de bruit sont optimisées au point qu'un ajustement au cas par cas n'est plus nécessaire. Un LT1028, par exemple, a un facteur de bruit de  $0,9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$ . Avec quatre de ces puces en parallèle, le bruit est encore réduit de moitié ! C'est tellement faible, qu'il n'y a aucune raison d'en ajouter d'autres en parallèle, parce que

tique définie en 1954 par la RIAA (*Recording Industry Association of America*). Lors de la gravure du disque, on applique la caractéristique inverse pour éviter une trop grande excursion du burin aux basses fréquences et améliorer le rapport signal/bruit dans l'aigu. La **figure 1** reproduit les courbes théorique et pratique de la caractéristique de correction RIAA. Elle s'établit sur trois constantes de temps : 3 180, 318 et 75  $\mu\text{s}$ , ce qui correspond à des pôles aux fréquences de 50, 500 et 2 122 Hz.

Dans les décennies passées, les concepteurs ont pensé à différentes variantes pour créer des circuits dont la correction serait aussi favorable que possible, du tout actif au tout passif, avec diverses formes intermédiaires. Il y a toujours eu de nombreuses discussions sur la configuration qui sonnait le mieux. Ce projet repose sur une structure hybride, moitié active et moitié passive, comme vous allez le voir dans le schéma.

### Le circuit

Malgré le quadruplement des amplis op, le schéma de la **figure 2** reste de grandeur plus raisonnable que redouté. À côté des quatre amplificateurs d'entrée, il faut encore un double ampli op par canal, un LM833 ici. Les valeurs mentionnées sont destinées à une cellule MM/MD (à aimant mobile, magnétodynamique) dont la tension nominale délivrée est d'environ 2 mV. Mais une simple adaptation des valeurs de quelques résistances le rendrait apte à travailler avec des cellules MC (à bobine mobile) d'une plus faible tension de sortie. C'est un sujet que nous aborderons dans une prochaine édition.

L'impédance d'entrée du préampli est déterminée par  $R1$  (47 k $\Omega$ ) et  $C1/C1'$ . Vu l'absolue symétrie, nous ne considérons ici que les composants d'un canal. Ces condensateurs, combinés au câble de connexion, forment la capacité de bouclage que le transducteur aperçoit, la meilleure valeur peut être différente pour chaque cellule. Vous pouvez l'adapter vous-même en remplaçant  $C1'$  et  $C2'$  par d'autres condensateurs si nécessaire. Il suffit de savoir que le câble de connexion vers la table de lecture peut avoir une capacité interne de 100 à 200 pF.

Les quatre entrées des amplis op IC1 à IC4 ne sont pas directement reliées en parallèle, elles sont dotées chacune d'un réseau de rétroaction propre (R5/R4 etc.

## le grand retour du vinyle

avancée considérable, surtout avec les cellules à bobine mobile (*MC moving coil*) dont la tension de sortie est très basse. Le résultat a conduit à un circuit imprimé de grande taille avec vingt transistors par canal !

À présent que les tables de lecture, les préamplificateurs pour phono et les disques vinyle sont en vogue, de nombreux amateurs rêvent de construire leur propre préampli phono. Sur l'internet, le SUPRA de 1982 est encore un classique, un sujet chaud que l'on retrouve dans divers forums. La tentation était forte de

les résistances du circuit, ainsi que la résistance interne de chaque puce, produisent déjà un bruit thermique plus fort. Un ampli op de ce type coûte entre cinq et dix euros, ce qui donne déjà un total assez élevé. Mais nous sommes certains qu'un véritable audiophile ne lésine pas sur la dépense quand il s'agit de la qualité sonore optimale.

Avec cette configuration parallèle d'amplis op, nous n'avons pas encore un préampli phono convenable, il y manque le circuit de correction RIAA essentiel. Il doit amplifier davantage les fréquences basses et affaiblir les hautes selon une caractéris-

gain 48x). En outre, la bande passante de chaque ampli est déterminée par un réseau séparé. La largeur de bande en boucle ouverte (GBW) d'un LT1028 est de 70 MHz. Même avec une amplification de 48 fois, sa largeur de bande est encore proche de 1,5 MHz. Comme l'entrée est très sensible, il est indispensable de limiter la bande passante à une valeur pratique pour que l'ensemble ne se mette pas à jouer au récepteur de radio. Le condensateur de 470 pF la limite à environ 150 kHz. La résistance de 47 Ω en série avec ce condensateur favorise la stabilité de l'ampli op, lequel est compensé en interne pour une amplification de 2 fois. Malgré toutes ces précautions, la section d'entrée se met en oscillation si l'entrée est ouverte et qu'il n'y a pas de condensateur d'entrée. Lors des tests du circuit, veillez toujours à boucler l'entrée par une résistance de 1 kΩ tout au plus. Les signaux de sortie des amplis op sont additionnés par les résistances R16 à R19, lesquelles forment aussi avec C15/C16 le filtre passif de correction à 75 µs pour la courbe RIAA. De cette manière, le bruit à haute fréquence est éliminé à cet endroit. Pour que la caractéristique de bruit dans ce réseau passif soit aussi basse que possible, les composants sont choisis à basse impédance. Il ne faudrait pas que l'avantage de la mise en parallèle des amplis soit réduit à néant par les composants qui suivent.

Voici une digression à propos des condensateurs utilisés dans ce circuit. Ceux à la céramique sont les pires que l'on puisse mettre dans un montage audio. Or, nous voulons tendre vers l'excellence, aussi tous les condensateurs situés aux endroits importants sont au polyester, avec une tolérance de 1 %. Ils coûtent cher, mais c'est le meilleur choix pour ce projet. Pour l'implantation de nombreux condensateurs, il y a dans le circuit imprimé des trous qui correspondent à différents écarts pour que vous puissiez utiliser d'autres modèles, comme MKT ou MKP.

L'étage suivant, avec IC5A, fournit un gain de 40 fois ; en outre, par les boucles

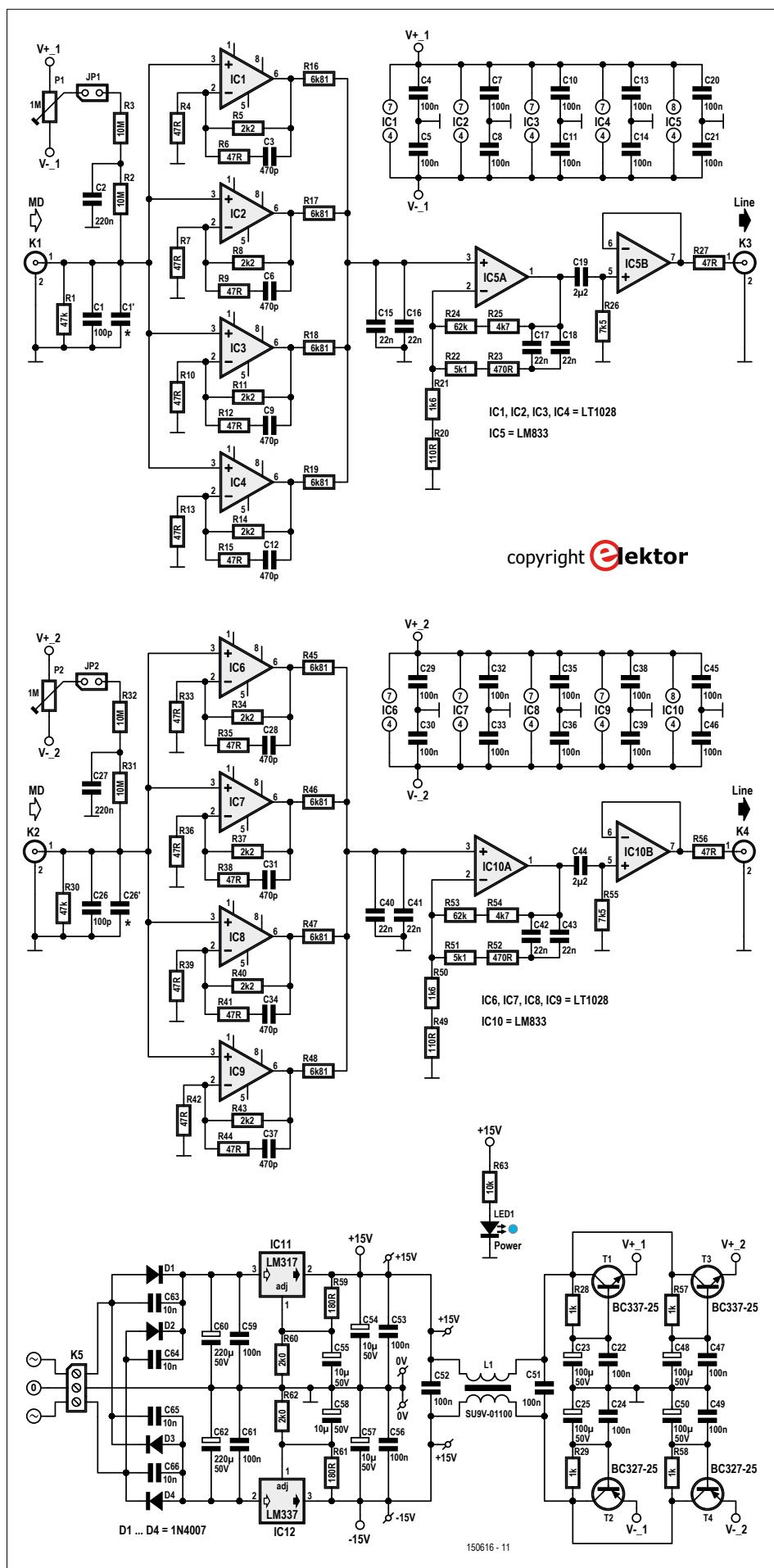


Figure 2. Le schéma du préamplificateur à faible bruit montre qu'il y a bien en parallèle quatre amplificateurs opérationnels par canal dans l'étage d'entrée.

de rétroaction R20 à R25/C17 et C18, il assure en même temps les deux autres corrections de la courbe RIAA à 3 180 et 318  $\mu$ s. Ces deux valeurs se distinguent d'un facteur 10, de sorte que le gain diminue de 40 à 4 fois. Si vous voulez savoir comment calculer les valeurs précises des réseaux de correction, rendez-vous sur la page du projet sur le site d'Elektor. Labs [1].

Suit encore un étage tampon avec IC5B. Il constitue aussi un filtre passe-bas passif (C19/R26) avec un pôle à 10 Hz pour affaiblir d'éventuels signaux à très basse fréquence produits par les organes de roulement du tourne-disque. Pour ce condensateur aussi, une grande place

est réservée sur le circuit imprimé pour un condensateur de 2,2  $\mu$ F au polypropylène, qui a de meilleures propriétés audio que ceux au polyester, avec la possibilité d'en installer d'un autre type.

Nous avons ainsi fait le tour du circuit préamplificateur, mais retournons à sa partie d'entrée. Selon la fiche technique, le LT1028 est muni d'une compensation interne de la polarisation, mais ce courant d'entrée peut malgré tout atteindre maximum  $\pm 180$  nA ( $\pm 90$  nA sur la version A). Avec quatre amplis op en parallèle, il se pourrait qu'un courant de maximum  $\pm 720$  nA circule à travers la cellule. En pratique, ce sera sûrement moins, d'au-

tant que les courants d'entrée des quatre amplis se compenseront sans doute en grande partie. Mais, par sécurité, nous avons quand même prévu un petit circuit de compensation de ce courant. Il se compose de deux résistances de valeur élevée (R2/R3 avec condensateur de découplage C2) en série avec le curseur du potentiomètre d'ajustage P1. Il peut intervenir en mettant le cavalier JP1 en place, si nécessaire. Dans ce cas, mesurez avec un multimètre à haute impédance la tension à l'entrée quand rien n'y est branché. Réglez P1 pour atteindre un minimum de tension à l'entrée. Répétez la procédure pour l'autre canal avec JP2 et P2. Mais dites-vous bien que P1

## Liste des composants

### Résistances :

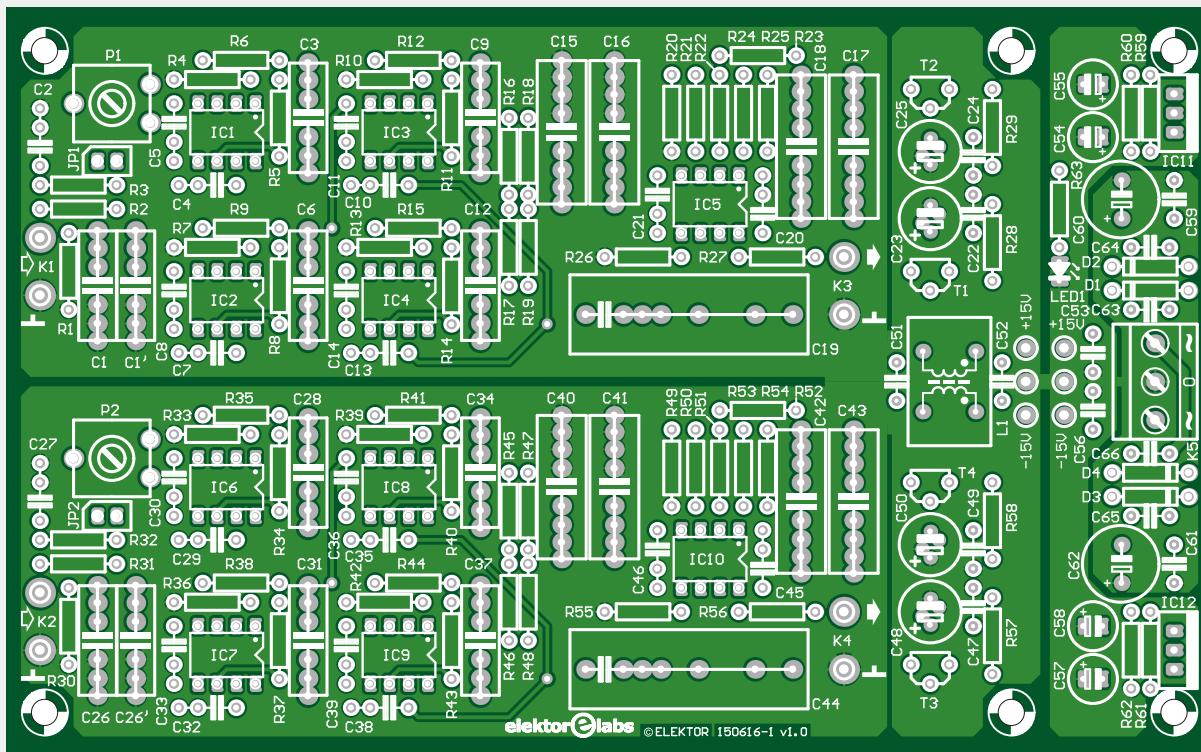
R1, R30 = 47 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R2, R3, R31, R32 = 10 M $\Omega$ , 5 %/0,25 W carbone  
 R4, R6, R7, R9, R10, R12, R13, R15, R27, R33, R35, R36, R38, R39, R41, R42, R44, R56 = 47  $\Omega$ , 1 %/0,5 W film métallique  
 R5, R8, R11, R14, R34, R37, R40, R43 = 2k2, 1 %/0,6 W film métallique  
 R16 à R19, R45 à R48 = 6,81 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R20, R49 = 110  $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R21, R50 = 1,6 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R22, R51 = 5,1 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R23, R52 = 470  $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R24, R53 = 62 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R25, R54 = 4,7 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique

R26, R55 = 7,5 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R28, R29, R57, R58 = 1 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R59, R61 = 180  $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R60, R62 = 2,0 k $\Omega$ , 1 %/0,6 W film métallique  
 R63 = 10 k $\Omega$ , 5 %/0,25 W carbone  
 P1, P2 = 1 M $\Omega$ , 20 %/0,15 W potentiomètre ajust. vertical

### Condensateurs :

C1', C26' = non installé, cf. texte  
 C1, C26 = 100 pF/160 V, 2,5 %, axial, polystyrène, max. 12,9 x 5 mm (valeurs de C1 et C26 adaptées à la cellule MM utilisée)  
 C2, C27 = 220 nF/100 V, 10 %, au pas de 5/7,5 mm

C3, C6, C9, C12, C28, C31, C34, C37 = 470 pF/160 V, 2,5 %, axial, polystyrène, max. 12,9 x 5 mm, au pas de 5/7,5/10/14,6 mm  
 C4, C5, C7, C8, C10, C11, C13, C14, C20, C21, C29, C30, C32, C33, C35, C36, C38, C39, C45, C46 = 100 nF/50 V, 10 %, X7R, au pas de 5,08/7,62 mm  
 C15 à C18, C40 à C43 = 22 nF/63 V, 1 %, axial, polystyrène, max. 17 x 6,5 mm, au pas de 5/7,5/10/14,6/19 mm  
 C19, C44 = 2,2  $\mu$ F/420 V, 10 %, polypropylène, au pas de 5/7,5/10/15/22,5/27,5 mm  
 C22, C24, C47, C49, C51, C52, C53, C56, C59, C61 = 100 nF/50 V, 10 %, X7R, au pas de 5,08 mm  
 C23, C25, C48, C50 = 100  $\mu$ F/50 V, 20 %, diam. max. 8 mm, au pas de 2,5/3,5 mm



et P2 ne servent pas à corriger en sortie les tensions de dérive des amplificateurs d'entrée !

### Stabilisation de tension

L'alimentation est tout à fait classique avec un LM317 pour le +15 V et un LM337 pour le -15 V. Découpler la broche d'ajustage par un condensateur électrolytique apporte un affaiblissement de l'ondulation d'environ 80 dB. Le redresseur double (D1 à D4) à l'entrée permet différentes options d'alimentation. On peut déjà utiliser un transformateur secteur à secondaire unique (18 V et 6 W) à connecter entre 0 et l'un des ~ de K5, mais un tel redressement à simple alter-

nance fait trop de vagues pour être une solution intéressante. Il est préférable de choisir un transformateur à deux secondaires, comme le FL6/18 de Block. Il a en plus deux primaires, on peut donc l'utiliser aussi sur un secteur à 115 V. Autre possibilité, une alimentation continue symétrique à part ou une petite alimentation à découpage dont nous parlerons plus loin. Les lignes positive et négative d'arrivée se raccordent alors sur les deux entrées ~ de K5. Peu importe le sens de branchement, les diodes font le nécessaire, il faut seulement que le 0 soit à la bonne place.

Les tensions de sortie des deux stabilisateurs passent alors par le filtre L1

qui atténue efficacement les parasites de mode commun. Suivent alors quatre filtres passe-bas activés par T1 à T4 avec une constante de temps de 0,1 s (R28/C23 et suivants). Les lignes positives et négatives de chaque canal sont alimentées séparément par ces filtres. De quoi nous assurer d'une alimentation absolument propre.

### Choix de l'alimentation

Analogique ou à découpage, telle est la question.

### Analogique

Si vous considérez qu'un convertisseur CC/CC n'a pas sa place dans un préam-

C54, C55, C57, C58 = 10  $\mu$ F/50 VF, 20 %, diam. max. 6,3 mm, au pas de 2,54mm  
 C60, C62 = 220  $\mu$ F/50 V, 20 %, diam. max. 10 mm, au pas de 5,08 mm  
 C63 à C66 = 10 nF/50 V, 20 %, Y5V, au pas de 5,08 mm

#### Inductances :

L1 = SU9V-01100, bobine d'arrêt, mode commun 2 x 10 mH/100 mA

#### Semi-conducteurs :

D1, D2, D3, D4 = 1N4007, DO-41  
 LED1 = LED bleue haute intensité 3 mm, T-1  
 T1, T3 = BC337-25, TO-92  
 T2, T4 = BC327-25, TO-92  
 IC1 à IC4, IC6 à IC9 = LT1028CN8, DIP-8

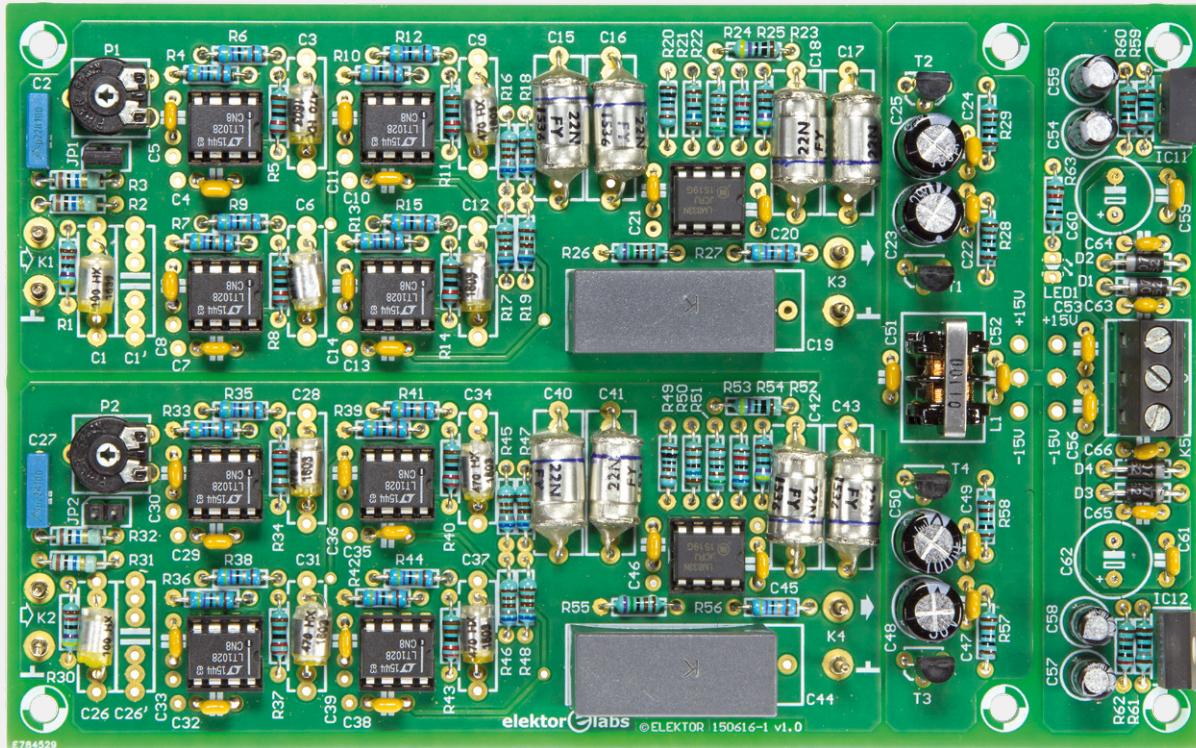
IC5, IC10 = LM833NG, DIP-8  
 IC11 = LM317, TO-220  
 IC12 = LM337, TO220

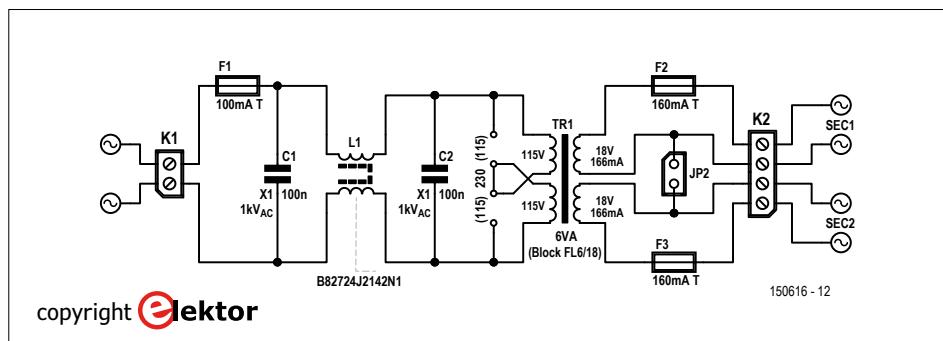
#### Divers :

K1 à K4, PC1 à PC6 = picot à souder diam. 1,3 mm  
 K5 = borne à 3 vis, au pas de 5,08 mm  
 JP1, JP2 = embase à 2 picots au pas de 2,54 mm  
 JP1, JP2 = cavalier  
 boîtier Hammond 1455N1602  
 2 x prise Cinch Neutrik NYS367-0 pour panneau, noire  
 2 x prise Cinch Neutrik NYS367-2 pour panneau, rouge  
 circuit imprimé 150616-1

ou  
 kit (circuit imprimé + tous composants, sauf boîtier et prises Cinch), réf. 150616-71, [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)

Figure 3. Le circuit imprimé pour le préamplificateur est bien aéré et il ne porte que des composants traversants, c'est bien agréable !





copyright **Elektor**

Figure 4. Si vous préférez le tout linéaire, utilisez un transformateur secteur classique. Il faudra y ajouter quelques fusibles, une bobine d'arrêt et des condensateurs antiparasites.

pli phono, nous vous proposons une carte d'alimentation séparée, dont le schéma est à la **figure 4** et le tracé des pistes à la **figure 5**. Elle accepte un transformateur de la série FL de Block, quelques fusibles et bornes à vis encartables. Pour l'implanta-

tion du transformateur, deux formats sont prévus pour des puissances différentes. Le modèle FL6/18 de la liste des composants suffit largement au circuit de phono. En raison des différentes possibilités offertes, des cases blanches sont prévues

pour y inscrire soi-même les valeurs des fusibles voisins. Du côté secteur, la place pour un filtre antiparasite est réservée pour affaiblir les perturbations là aussi. Ce filtre est constitué d'une bobine d'arrêt en mode commun (L1) et des condensateurs C1 et C2 de classe X1. Le transformateur a deux primaires et deux secondaires. Pour une tension secteur de 230 V, mettre les deux en série avec le seul cavalier JP1, pour du 115 V, les deux pour une mise en parallèle. Les secondaires sont reliés aux bornes à vis K2.

Il est préférable de placer l'alimentation analogique dans un boîtier séparé pour l'éloigner suffisamment du préampli sensible. Si vous choisissez le même boîtier pour les deux, l'ensemble sera assorti. Le câblage entre les deux boîtiers est affaire de préférence, au moyen de connecteurs ou fixés l'un à l'autre.

## Liste des composants de l'alim analogique

### Condensateurs :

C1, C2 = 100 nF/1 kV, X1, polypropylène, au pas de 10/12,5/15 mm

### Inductances :

L1 = B82724J2142N1 bobine d'arrêt mode commun, 2x27 mH, 1,4 A

### Divers :

F1, F2, F3 = porte-fusible encartable,

20 x 5 mm, 500 V/10 A

F1, F2, F3 = capot pour porte-fusible, 20 x 5 mm

F1 = fusible en verre 100 mAT, 20 x 5 mm

F2, F3 = fusible en verre 160 mAT, 20 x 5 mm

K1 = borne à 2 vis au pas de 7,62 mm, 500 V

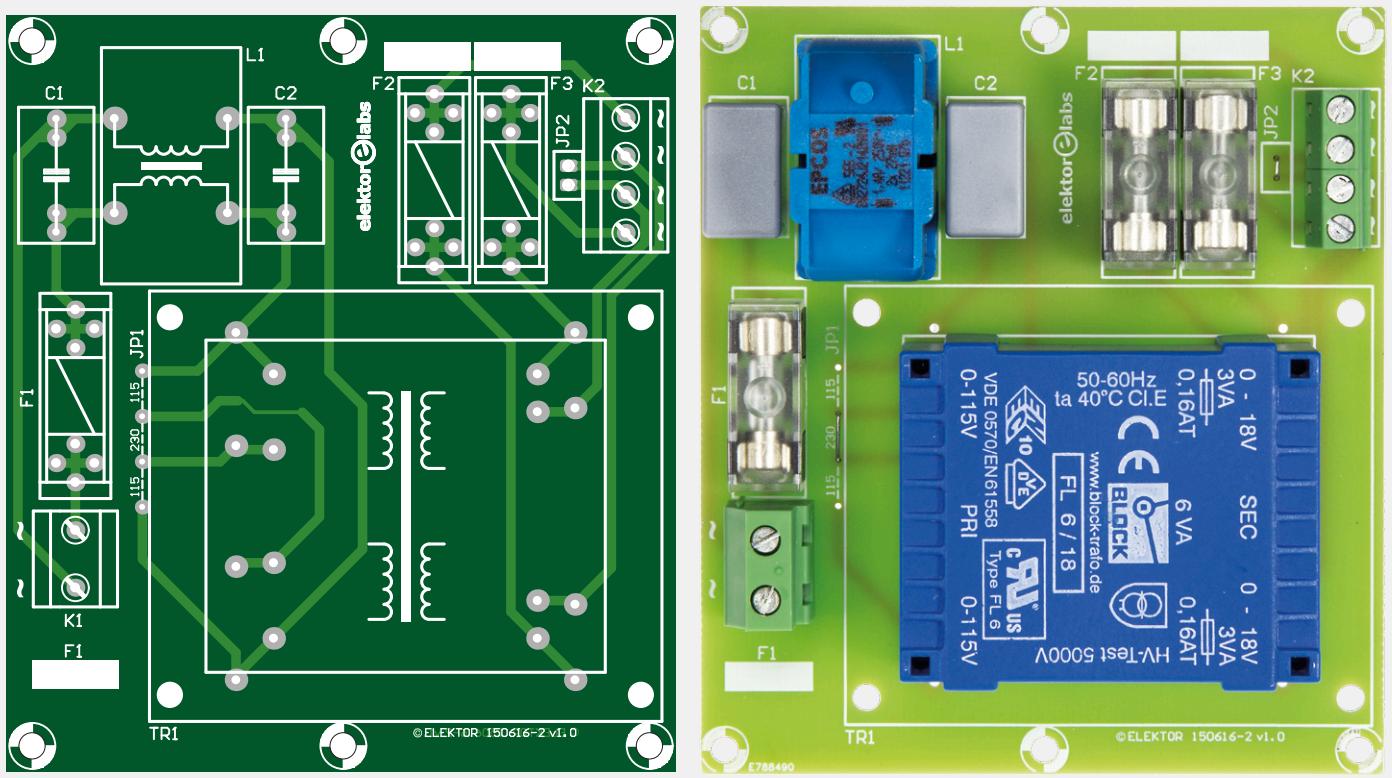
K2 = borne à 4 vis (2x2) au pas de 5,08 mm

TR1 = transformateur secteur 6 VA,

prim. 2x115 V, sec. 2x18 V/166 mA (p.ex. Block FL6/18)

JP1, JP2 = pont de câblage, cf. texte circuit imprimé réf. 150616-2 ([www.elektrofr.fr](http://www.elektrofr.fr))

Figure 5. Le circuit imprimé pour l'alimentation analogique peut servir à bien d'autres applications encore.



## À découpage

On aboutit à une solution plus compacte avec une petite alimentation à découpage qui s'accorde avec le circuit imprimé du préampli dans le même boîtier. Nous avons choisi l'alimentation modulaire Alimette (figure 6), c'est un petit circuit qui convient à différents types de convertisseur CC/CC, décrit dans un autre article de ce magazine. Pour ce projet, le module JCE0612D24 de XP Power est un bon choix. Il fournit  $\pm 24$  V à 6 W quand la tension d'entrée se situe entre 9 et 18 V.

La tension de sortie est un peu haute pour ce cas-ci, mais nous n'avons trouvé aucun module courant à sortie symétrique entre 15 et 24 V.

**Avec cette alimentation modulaire, il faut enlever les condensateurs C60 et C62 du circuit du préampli**, parce que la charge capacitive maximale du convertisseur CC/CC ne peut pas dépasser 47  $\mu$ F par sortie.

Remarquez aussi qu'il ne faut pas installer certains composants sur le circuit imprimé de l'alimentation modulaire parce que la troisième tension n'est pas nécessaire ici : C7, C8, C9, D2, D3, MOD1 et K3, tandis que K1 est remplacé par un pont de câblage (cf. photo figure 7).

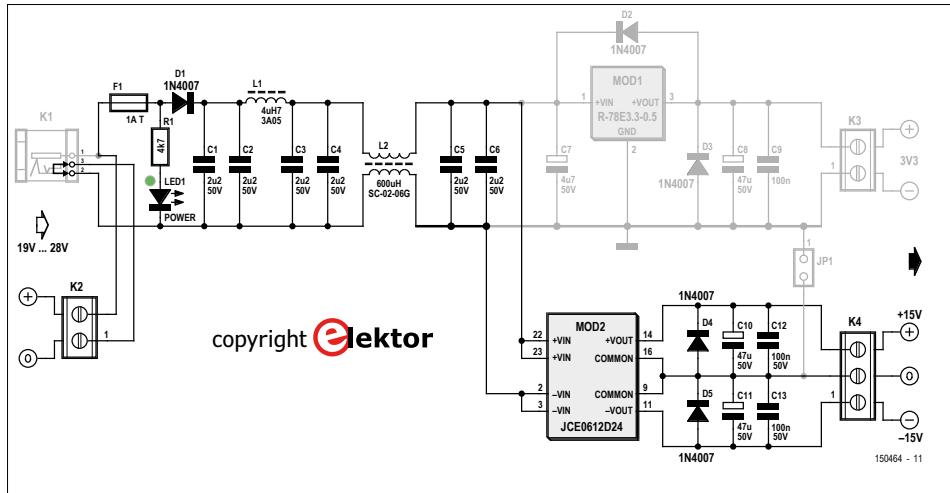


Figure 6. Mais on peut aussi installer dans le même boîtier que le préampli une alimentation à découpage modulaire, l'Alimette décrite dans un autre article de ce numéro. Les composants inutiles ici sont grisés.

## Construction et habillage

Avant de vous mettre à la fabrication du préamplificateur, choisissez la configuration souhaitée. Notre prototype est la combinaison du circuit imprimé du préampli avec celui de l'alimentation modulaire. Ils s'insèrent parfaitement dans le boîtier Hammond indiqué dans la liste des composants.

L'implantation des composants ne devrait poser aucune difficulté, elle est à la portée

de soudeurs peu expérimentés, mais lisez bien tout l'article avant de vous lancer. Les condensateurs aux entrées doivent être adaptés à la cellule magnétique que vous y brancherez ; en général, le fabricant indique la valeur optimale. Vous pouvez placer les amplis op dans des supports (de bonne qualité !), surtout si vous souhaitez en essayer d'autres types plus tard. On ne doit pas installer tous les composants sur le circuit imprimé de l'alimentation modulaire, seuls ceux indi-

## Liste des composants de l'alim modulaire

### Résistance :

R1 = 4,7 k $\Omega$ , 5%/0,25 W

### Condensateurs :

C1 à C6 = 2 $\mu$ F/50 V, 20 %, céramique Y5V, au pas de 5,08 mm

C10, C11 = 47  $\mu$ F/50 V, 20 %, au pas de 2,5 mm, diam. max. 6,3 mm

C12, C13 = 100 nF/50 V, 10 %, céramique X7R, au pas de 5,08 mm

### Inductances :

L1 = 4,7  $\mu$ H, 3,05 A, 80 m $\Omega$ , 10 %, radial, au pas de 5 mm (p.ex. Epcos B82144B2472K000)

L2 = 600  $\mu$ H, 2 A, 2x50 m $\Omega$ , bobine d'arrêt mode commun, 17,5 x 14 mm (p.ex. Kemet SC-02-06G)

### Semi-conducteurs :

D1, D4, D5 = 1N4007

LED1 = LED verte, 3 mm

MOD2 = JCE0612D24 XP Power (6 W/±24 V)

### Divers :

K2 = borne à 2 vis au pas de 5,08 mm, encartable

K4 = borne à 3 vis au pas de 5,08 mm, encartable

F1 = porte fusible 20 x 5 mm, 500 V/10 A, encartable

F1 = capot pour fusible 20 x 5 mm

F1 = fusible en verre 1 AT, 20 x 5 mm

2 ponts de câblage !

circuit imprimé réf. 150464-1 (www.elektor.fr)

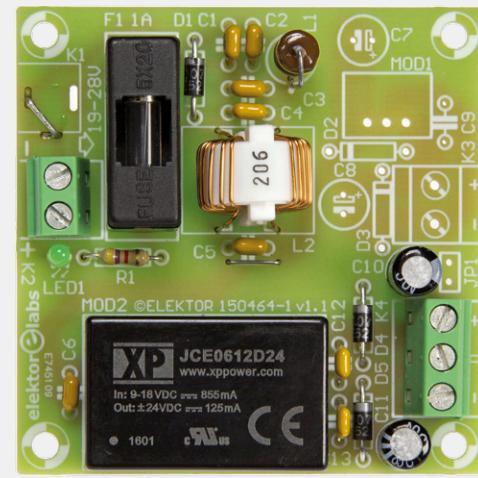
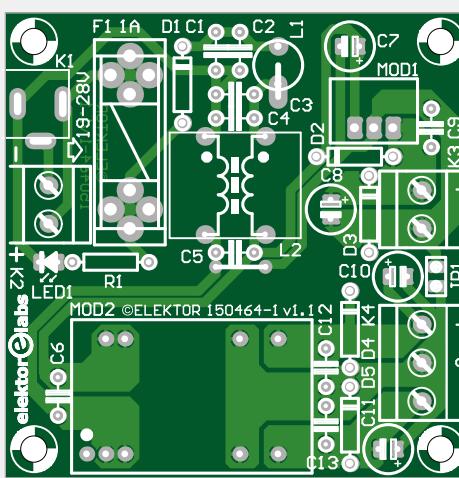


Figure 7. La carte pour l'alimentation à découpage Alimette. Remarquez les empreintes vides du fait que la troisième tension d'alimentation n'est pas nécessaire ici.



Figure 8. La pose des prises de raccordement et de l'interrupteur sur le panneau arrière.



Figure 9. On voit ici comment la carte d'alimentation et le préampli se superposent dans le petit boîtier.



Figure 10. Le câblage intérieur demande de l'attention et du doigté, mais c'est presque fini !

qués dans la liste des composants sont nécessaires (comparez avec la photo du montage terminé).

Le circuit imprimé du préampli entre exactement dans les rainures du boîtier Hammond. On installe les prises Cinch et la borne de masse sur l'un des panneaux latéraux, comme à la **figure 8**. Nous avons choisi des prises isolées de Neutrik (cf. liste). Montez les prises Cinch de manière à ce que les raccords de masse n'entrent pas en contact avec la paroi du boîtier pour éviter les boucles de masse. Assurez-vous aussi que les prises ne touchent aucun composant du circuit, parce qu'il n'y a pas beaucoup de place ; enfin laissez une distance suffisante par rapport au bord supérieur pour que le panneau du haut ferme bien. Le raccordement pour le fil de masse de la table de lecture, nous l'avons réalisé avec un écrou et une vis de 4 mm, sur laquelle nous avons vissé une entretoise métallique avec filetage interne. À l'intérieur du boîtier, un œillet à souder, relié par un fil court au « 0 » du circuit imprimé du préampli, est maintenu par la tête de la vis de masse. Sur la partie droite du panneau latéral, il y a encore assez de place pour le connecteur d'alimentation et l'interrupteur marche/arrêt. Sur le panneau latéral de l'autre côté, on ne trouve qu'un témoin à LED qui indique quand le préampli est en service.

Les entrées et sorties sont reliées au circuit imprimé par du câble blindé de qualité. Tâchez de donner à ces câbles la même longueur pour le canal gauche et le droit.

Le circuit imprimé d'alimentation modulaire est fixé sur un morceau de plaque cuivrée de la même largeur que le préampli (100 x 62 mm). Il se glisse avec précision au-dessus du préampli dans le boîtier. La photo de la **figure 9** le montre clairement. Reste à relier les entrées et sorties de l'alimentation à l'interrupteur marche/arrêt et aux connecteurs d'alimentation sur les circuits imprimés (K2 sur la carte d'alimentation et K5 sur le préampli). Puis la LED sur la face avant sur les broches correspondantes du préampli au moyen de fins fils souples.

C'est fini ? Alors, il est temps de vérifier si tout est bien branché et si le circuit fonctionne comme prévu. Brancher l'adaptateur secteur 12 V et mesurer au multimètre les points suivants.

- $\pm 24$  V sur K4 de la carte d'alim modulaire. La LED verte s'allume-t-elle ?
- Y a-t-il  $\pm 15$  V sur le circuit imprimé du préampli (à côté de C53/C56) ?
- Vérifier la tension d'alimentation de tous les amplis op, il doit y avoir  $\pm 14$  V environ.
- Boucler les entrées sur des résistances de  $560 \Omega$  et mesurer les tensions de décalage d'entrée (sur R1 et R30) ; il faut 0,0 mV. En fonction de cela, voir s'il faut mettre en service les potentiomètres de compensation P1 et P2.
- Mesurer les décalages en sortie de IC1 à IC4 et IC6 à IC9 (ne doivent pas dépasser quelques dizaines de millivolts).
- Contrôler les décalages des sorties de IC5 et IC10 (ne doivent pas dépasser quelques millivolts)

Si tout est juste, on peut fermer le boîtier. Branchez alors le préamplificateur phono entre la table de lecture et l'amplificateur. Allumez l'Alimette pour réchauffer le préampli, attendez un peu qu'il se mette à température. Maintenant, vous avez bien mérité d'écouter vos microsillons favoris en qualité optimale !

(150616 – version française : Robert Grignard)

### Lien

[www.elektormagazine.fr/labs/supra-20-high-end-preamp-for-record-player-150616-i](http://www.elektormagazine.fr/labs/supra-20-high-end-preamp-for-record-player-150616-i)

## Caractéristiques techniques et mesures

Mesures prises avec un signal d'entrée de 2,5 mV

(impédance de source = 560 Ω)

Valeurs mesurées avec l'alimentation analogique 150616-2 (1) et alimentation à découpage 150464-1 (2).

### Rapport signal/bruit

- Linéaire :  $> 68 \text{ dB}$  (1)  
 $> 70 \text{ dB}$  (2)
- Entrée en court-circuit :  $> 88 \text{ dB}$
- Pondération A :  $> 78 \text{ dBA}$
- Entrée en court-circuit :  $> 95 \text{ dBA}$
- Niveau de sortie pour 2,5 mV : 468 mV
- DHT :  $< 0,001\%$  ( $B = 20 \text{ kHz}$ )
- Écart par rapport courbe RIAA :  $< 0,1 \text{ dB}$  (100 Hz à 10 kHz)  
 $< 1 \text{ dB}$  (20 Hz)  
 $< 0,15 \text{ dB}$  (20 kHz)

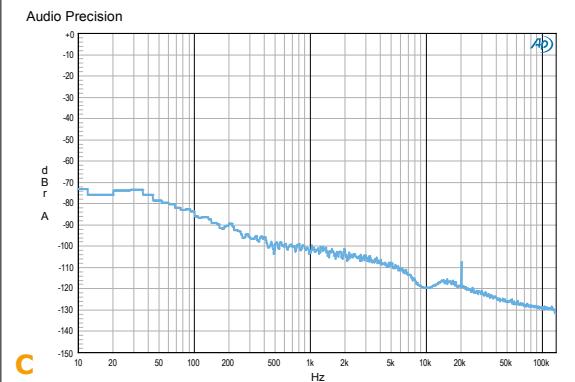
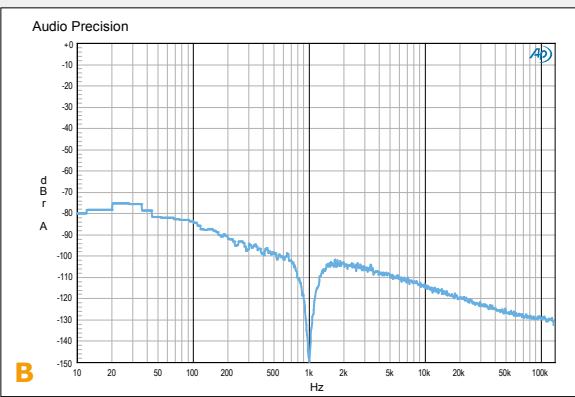
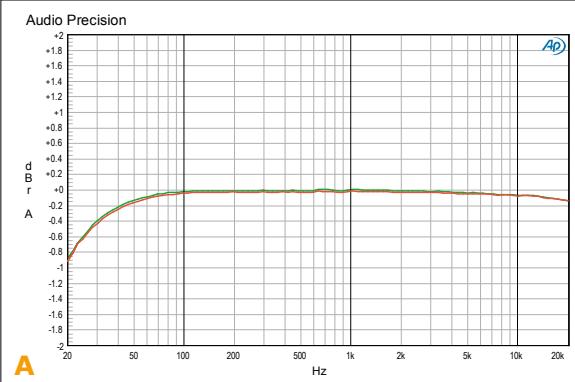
Nous avons aussi tracé différentes courbes de mesure. La plus intéressante dans ce cas-ci représente la déviation par rapport à la caractéristique théorique RIAA.

Le **graphe A** montre l'amplitude de sortie quand on applique un signal sinusoïdal corrigé selon la norme RIAA. À 20 Hz, l'écart est de  $\pm 0,9 \text{ dB}$ . À 20 kHz, il se situe à  $\pm 0,1 \text{ dB}$ .

Pour avoir une idée de la distorsion harmonique, nous avons réalisé une analyse par transformation de Fourier (FFT) à une fréquence de 1 kHz.

Le **graphe B** montre le spectre entre 10 Hz et 130 kHz, en éliminant la fréquence fondamentale à 1 kHz. Il n'y a pas d'harmoniques visibles dans cette gamme. Pour obtenir une image plus claire, nous avons fait la moyenne de seize mesures. Nous pouvons en conclure que la distorsion harmonique totale est inférieure à 0,001 %. Ensuite, nous avons réalisé une analyse FFT avec un signal de 10 kHz pour observer le comportement de l'ampli aux plus hautes fréquences.

On voit dans le **graphe C** que seul un deuxième harmonique est visible à un niveau de  $-107 \text{ dB}$ , ce qui correspond à 0,00045 %

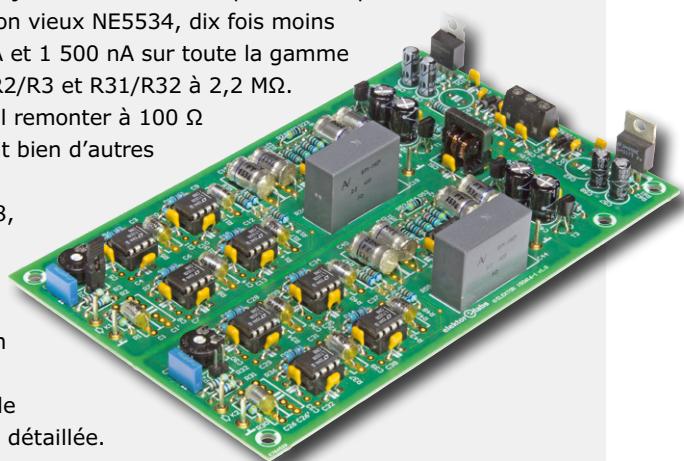


## Amplis op de recharge

Le LT1028 est un amplificateur opérationnel cher et il en faut huit dans ce projet. Si vous trouvez que c'est trop cher, vous pouvez vous tourner vers des puces meilleur marché comme le bon vieux NE5534, dix fois moins cher. Son courant de polarisation est beaucoup plus élevé, maximum 800 nA et 1 500 nA sur toute la gamme de température spécifiée. Dans ce cas, vous devrez abaisser les valeurs de R2/R3 et R31/R32 à 2,2 MΩ.

Un NE5534 est compensé en interne pour un gain de 3 fois. Aussi, faudra-t-il remonter à 100 Ω les valeurs de R6, R9, R12, R15, R35, R38, R41 et R44. Il existe évidemment bien d'autres amplis op au brochage compatible que vous pouvez essayer.

Nous avons nous-mêmes cherché des solutions de recharge pour le LT1028, parce qu'il est déjà ancien et qu'il existe probablement aujourd'hui des puces encore meilleures. Un candidat intéressant est le LME49990. Il n'est en fait disponible qu'en boîtier SO8. Pour pouvoir l'essayer dans un support DIP, nous avons réalisé une petite carte d'adaptation de 10x10 mm SO8 vers DIP8 qui convient pour des amplis op simples ou doubles. Sur cette carte, il y a encore de la place pour un condensateur de découplage de l'alimentation. Nous publierons bientôt cet adaptateur avec une description détaillée.



# gradateur de bande de LED maître / esclave

## avec pilotage optionnel par microcontrôleur

Les bandes de LED existent en rouleaux de différentes longueurs et sont vendues à des prix ridiculement bas. N'importe qui est capable d'en faire des guirlandes tape-à-l'œil, mais sauriez-vous faire varier leur luminosité, les commander à distance ou les piloter avec un Arduino ? Avec ce gradateur, vous pourrez désormais organiser toutes sortes de *bambouLED*.

**Barry Sandeman** (Afrique du Sud)

J'ai eu l'idée de ce projet le jour où j'ai dû faire varier simultanément l'intensité de plusieurs bandes de LED. Le fruit de mes cogitations est un gradateur capable de commander une bande de LED de 10 m, qui peut être maître ou esclave dans un réseau, et que l'on peut commander via

un petit ordinateur dont la sortie à MLI permet des variations d'amplitude comprises entre 5 et 12 V. Ces fonctions sont assurées par quatre sections du circuit (**fig. 1**) :

- la commande MLI à réglage par potentiomètre, constituée d'U1/B et de son cortège de composants ;
- l'entrée de commande à distance, composée de SK1, U2 et U1/D ;

- la sortie vers une unité distante, via U1/C, U1/A, Q2 et ses composants associés, et SK2 comme connecteur de sortie ;
- le pilote de LED, composé du MOSFET et de SK2.

L'alimentation est un régulateur classique de 5 V dont la LED D10 sert de témoin de mise sous tension.

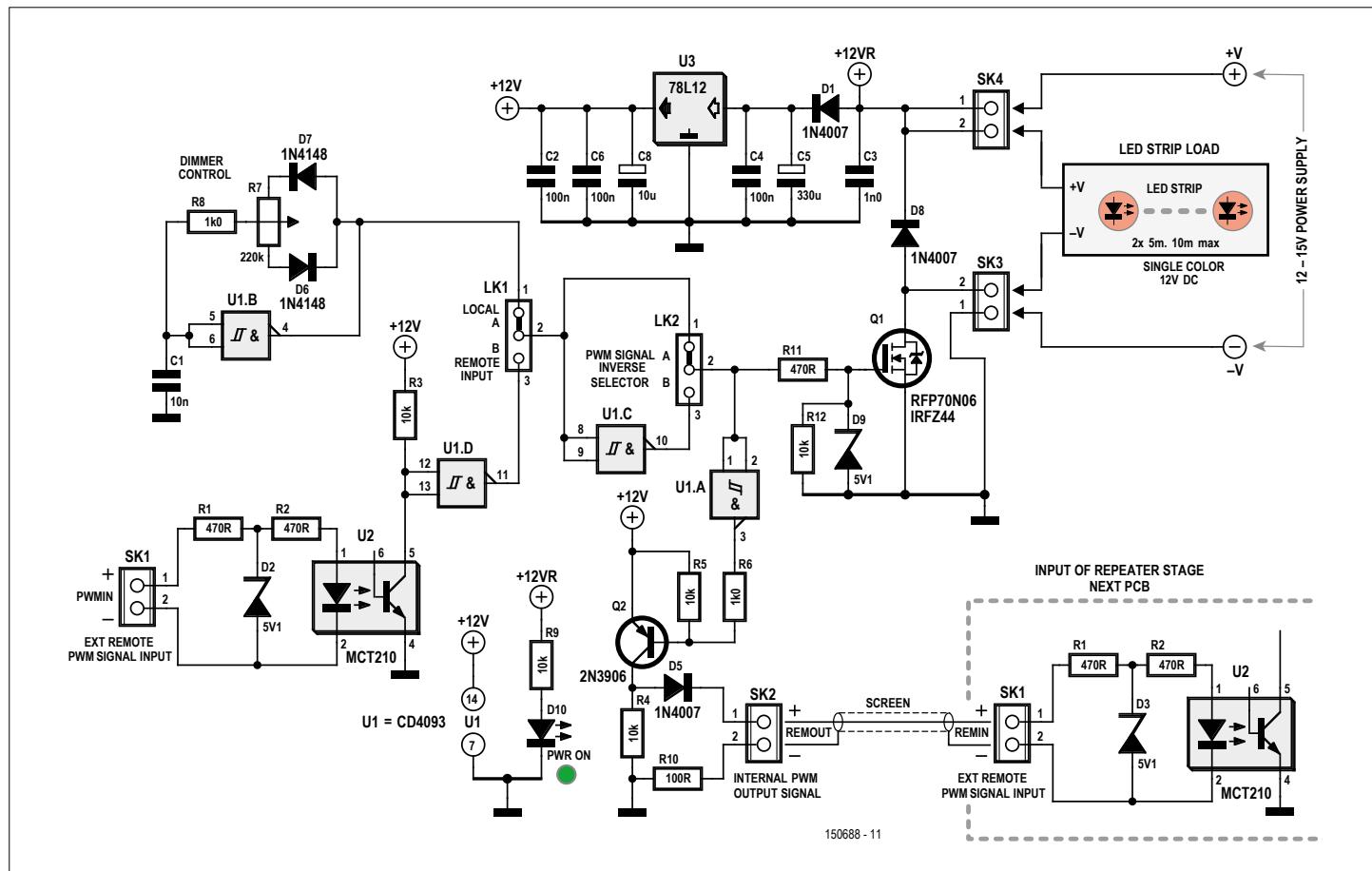


Figure 1. Schéma du gradateur/répéteur pour bandes de LED de 12 V monocouleur. Les cavaliers déterminent différents modes : commande locale/distante, configuration maître/esclave, et pilotage optionnel par microcontrôleur.

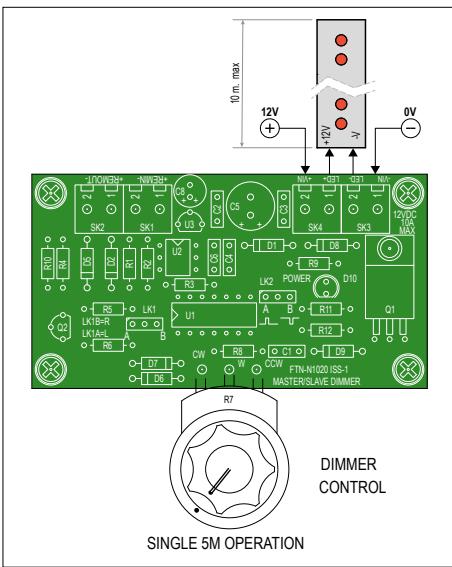


Figure 2. Connexion pour commande locale.

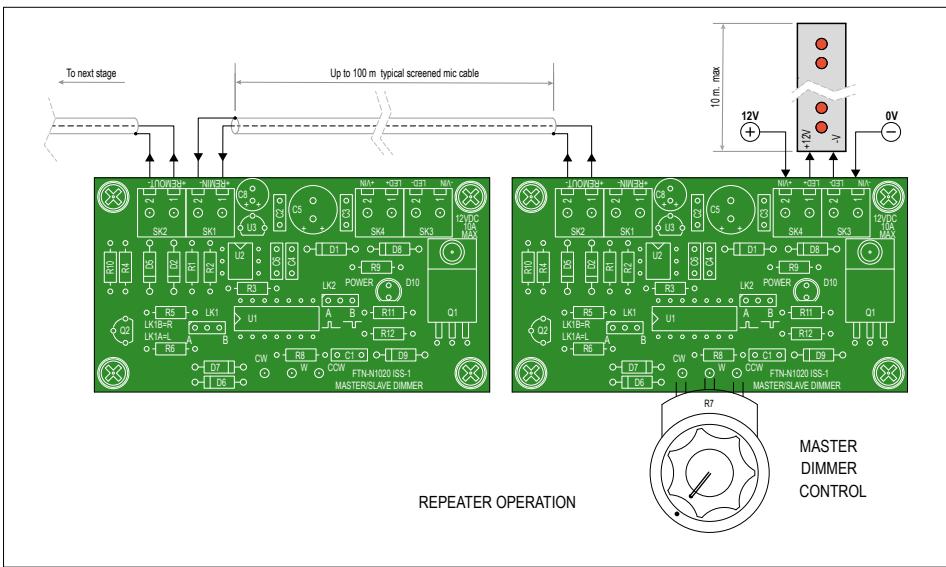


Figure 3. Interconnexion de deux cartes utilisées en mode répétiteur (maître/esclave). La distance maximale possible est de 100 m.

## Configurations et options

L'unité offre plusieurs modes de fonctionnement, configurables au moyen de cavaliers (fils de liaison, notés LK sur les figures) :

- La commande par potentiomètre (R7) permet de faire varier la luminosité des LED de 1 % à 99 %. Ce mode « local » (**fig. 2**) correspond aux cavaliers LK1 et LK2 en position A. Le signal passe alors par le MOSFET Q1 et la bande de LED (10 m max. ou 2 x 5 m, 12 V CC, monocouleur).
- Positionné en B, le cavalier LK1 permet de commander à distance un second gradateur (**fig. 3**). Maître et esclave se relient via un câble de microphone blindé monobrin (jusqu'à 100 m de longueur).
- Le cavalier LK2 permet d'inverser le rôle du maître et de l'esclave. Chaque nœud doit être alimenté localement en 12-15 V CC et 10 A max.
- La connexion entre maître et esclave se fait via SK2 sur l'unité maître, et SK1 sur l'unité esclave. Comme chaque nœud est un répétiteur, aucune alimentation supplémentaire n'est requise.

Notez que les modules sont isolés entre eux par le photocoupleur U2.

## Circuit imprimé

Vous pouvez télécharger les fichiers CAO du circuit imprimé depuis le site Elektor [1]. Ils sont au format P-CAD, un ancien logiciel de saisie de schéma et de routage, et ne sont fournis qu'à titre indicatif. Ils serviront de guide et de référence à ceux d'entre vous qui souhaitent

étudier, fabriquer ou modifier le circuit imprimé – la raison même pour laquelle les projets de lecteur sont dans la section *Créer* du magazine !

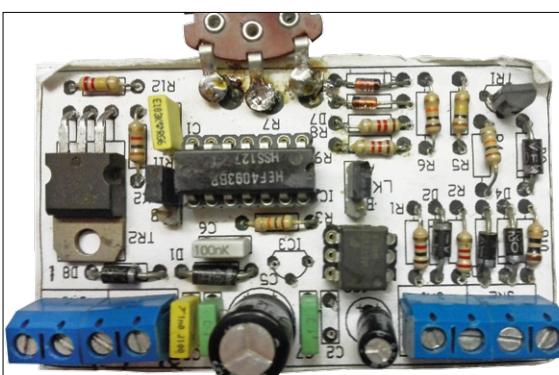
La **figure 4** montre un des premiers prototypes de la platine. J'ai quelque peu modifié le dessin depuis, et fait appel à un service de gravure professionnel pour fabriquer des circuits imprimés à sérigraphie et masque de soudage simple face, avec dix circuits par planche de production (**figure 5**).

## Commande par Arduino

Le gradateur sert dans de nombreuses applications professionnelles, notamment pour des éclairages de secours et des escaliers de salles de cinéma. La commande à distance n'utilise pas d'unité de type Bluetooth afin de maintenir le coût du projet le plus bas possible.

Vous pouvez vous amuser à programmer des bandes de LED avec une carte Arduino ou autre processeur, puisque le signal de sortie MLI est relié à SK1 avec LK1 en position B. Comme il est possible de commander six lignes séparées, les possibilités sont innombrables. ▶

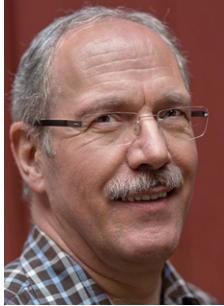
(150688 – version française : Hervé Moreau)





# bienvenue dans votre e-chope

**Elektor recommande**



## Analyseur logique ScanaQuad SQ100

Il y a quelque temps, l'analyseur logique à quatre canaux et générateur de signaux numériques ScanaQuad SQ100 du fabricant Ikalogic a fait son entrée dans le labo d'Elektor ; cet instrument est raccordé à un PC par USB. J'ai été immédiatement séduit par cet analyseur. Cette petite boîte prend peu de place sur ma paillasse et le logiciel associé, ScanaStudio, est très facile à manipuler. Bien que les bornes de mesure soient un peu grosses pour un analyseur logique et que les quatre entrées ne soient pas luxueuses, cela ne m'empêche pas d'utiliser régulièrement le SQ100. Je m'en sers surtout comme analyseur de protocole. Que ce soit pour les signaux d'un UART ou bien d'une interface I<sup>2</sup>C, SPI, CAN, LIN ou 1-Wire (cette énumération est loin d'être exhaustive), il ne m'a pas fallu longtemps pour régler l'appareil de telle sorte que je puisse faire un examen approfondi de toutes ces lignes de communication avec ScanaStudio. La liste des protocoles supportés s'allonge de jour en jour grâce à des mises à jour régulières du logiciel.

**Harry Baggen**  
(labo d'Elektor)

[www.elektor.fr/scanaquad-sq100](http://www.elektor.fr/scanaquad-sq100)



## Vos favoris :

### 1. Horloge Nixie à six chiffres

[www.elektor.fr/horloge-nixie](http://www.elektor.fr/horloge-nixie)



### 1. Raspberry Pi 3 (modèle B)

[www.elektor.fr/raspberry-pi-3-b](http://www.elektor.fr/raspberry-pi-3-b)

### 3. Analyseur de Signal Par Ethernet

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

### 4. Mooshimeter

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

### 5. DVD Elektor 2000-2009

[www.elektor.fr/  
dvd-elektor-2000-2009-fr](http://www.elektor.fr/dvd-elektor-2000-2009-fr)

### 6. Livre Tuto Arduino Uno

[www.elektor.fr/tuto-arduino-uno](http://www.elektor.fr/tuto-arduino-uno)

## DVD Elektor 1990-1999



Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999. Complétez votre schématique dans les domaines les plus divers (alimentation, audio, auto, domestique, hautes-fréquences, microcontrôleurs...) ! Les 2 200 articles d'Elektor réunis sont présentés par ordre de parution (mois/année), mais aussi classés par ordre alphabétique et par rubriques. Un index général permet d'effectuer des recherches dans tous les fichiers PDF.



Prix (membres) : 80,10 €

[www.elektor.fr/dvd-elektor-1990-1999-french](http://www.elektor.fr/dvd-elektor-1990-1999-french)

## Pro Tech Toolkit



Un kit d'outils aux talents multiples pour tout réparer.

Indispensable aux professionnels et amateurs

Tout pour réparer les appareils électroniques tournevis, pinces...

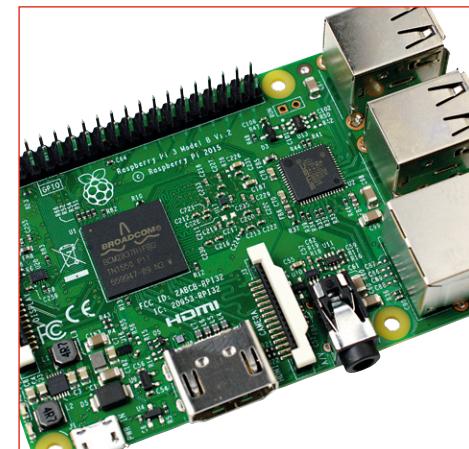
Kit totalement repensé



Prix (membres) : 58,46 €

[www.elektor.fr/all-new-pro-tech-toolkit](http://www.elektor.fr/all-new-pro-tech-toolkit)

## Raspberry Pi 3 (modèle B)

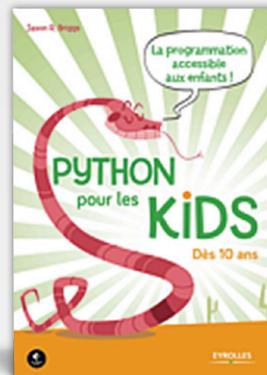
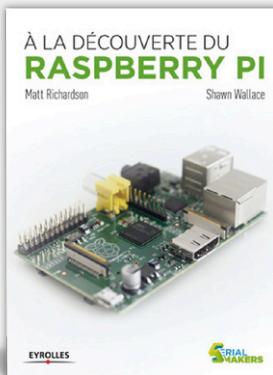


Le Raspberry Pi 3 (modèle B) est un ordinateur miniature de la taille d'une carte de crédit. Il repose sur un processeur à quadruple cœur ARM Cortex-A53, le BCM2837 de Broadcom, cadencé à 1,2 GHz. Cela signifie qu'il est 50 à 60% plus rapide que le Raspberry Pi 2 B. La communication par Wi-Fi 802.11n et Bluetooth 4.1 est maintenant intégrée au RPi 3 ; ce nouveau modèle est toujours rétrocompatible avec les modèles précédents.

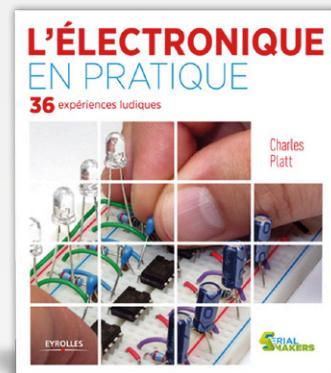


Prix (membres) : 44,96 €

[www.elektor.fr/raspberry-pi-3-model-b](http://www.elektor.fr/raspberry-pi-3-model-b)



LIBRAIRIE EYROLLES



Uniquement pour les membres Elektor:  
5% de remise et frais de port offerts

offre valable  
jusqu'au 16 juin 2016

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

**NOUVEAU !**  
notre sélection de  
**livres EYROLLES**  
pour petits et grands

**Raspberry Pi modèle B**  
+ compilation RPi

**e-choppe Elektor en ligne**

Votre panier d'achats pour l'électronique

### Mooshimeter



Le Mooshimeter est un outil de mesure multivoie, relié par Bluetooth 4.0 à un écran graphique de haute résolution, à savoir un ordiphone ou une tablette. Il permet d'effectuer des mesures en toute sécurité jusqu'à 600 V et 10 A, avec une résolution de 24 bits, jusqu'à une distance de 40 m environ, et d'enregistrer des résultats sur une période de 6 mois.

### DVD Elektor 2015



Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR parus au cours de l'année 2015, 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.

### Horloge Nixie à six chiffres



Voici une nouvelle version de notre horloge Nixie qui affiche l'heure à la seconde près ! En plus elle tient compte automatiquement du changement d'heure (été/hiver). L'horloge est maintenant pilotée par un PIC18F4420. Le kit contient tous les composants (circuits imprimés nus, tubes Nixie, contrôleurs programmés, autres composants électroniques et pile de 9 V). Il faut un fer à souder pour assembler ce kit.



Prix (membres) : 121,46 €

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



Prix (membres) : 24,75 €

[www.elektor.fr/dvd-2015](http://www.elektor.fr/dvd-2015)



Prix (membres) : 116,96 €

[www.elektor.fr/horloge-nixie](http://www.elektor.fr/horloge-nixie)

par Mauro Tchorbadjian

En octobre 2014, dès la parution de l'article sur l'horloge Nixie, j'ai envoyé un courriel à l'auteur et à la rédaction ; je proposais d'ajouter deux chiffres à l'horloge pour afficher les secondes. Comme j'adore les tubes Nixie, l'horloge version 2014 trônait en bonne place sur mon bureau, même si elle ne fonctionnait que 60 fois par heure. Un modèle avec les secondes offre une occasion plus fréquente d'y jeter un coup d'œil. Pour la première version, j'avais juste commandé le circuit imprimé nu et le microcontrôleur PIC programmé.

Cette fois, je me suis payé un kit complet, cela m'a facilité le travail. C'est agréable de pouvoir se lancer tout de suite, et aussi rassurant de savoir qu'on a tous les composants nécessaires pour mener à bien le projet. Une fois que j'avais rassemblé le kit et l'article, la construction a été un jeu d'enfant. Je suis fier de dire : « c'est moi qui l'ai faite ! »

Ma fille a hérité de l'ancienne horloge. Elle peut ainsi s'enthousiasmer de la beauté surannée du *Numerical Indicator eXperimental* (Nixie).

En résumé, je suis totalement satisfait !

Plus d'informations sur le kit de l'horloge Nixie ici :

[www.elektor.fr/horloge-nixie](http://www.elektor.fr/horloge-nixie)



... vous aussi envoyez-nous votre avis sur votre produit favori d'Elektor ; si nous le retenons pour une publication, vous recevrez en échange un bon d'achat de 100 € à valoir dans l'e-choppe d'Elektor...

J'essaye : [www.elektor.fr/rotm](http://www.elektor.fr/rotm)



**layar**  
INTERACTIVE PRINT

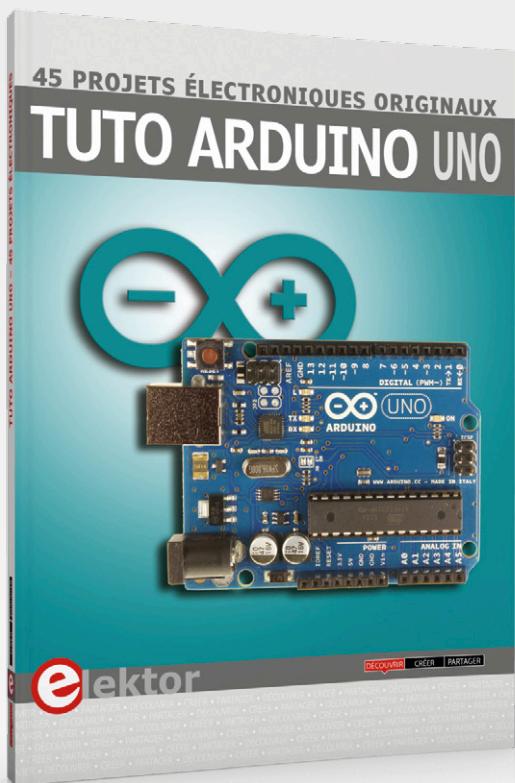
- 1  Téléchargez l'appli gratuite Layar
- 2  Scannez cette page
- 3  Découvrez le contenu interactif

Let's make debugging Arduino as easy as programming Arduino!

**SCANNEZ CETTE PAGE ET REGARDEZ LA VIDÉO**



**Dr. Duino: An Arduino Shield for debugging and development**



## Tuto Arduino Uno et son matériel

### 45 projets électroniques originaux

Alarme silencieuse, détecteur de présence, luxmètre, commande de moteur, accès depuis l'internet, commande sans fil sont quelques-uns des projets Arduino Uno brillants et passionnantes de ce livre, vérifiés et testés par l'auteur.

Ces 45 projets sont faciles à réaliser et bien décrits (schémas, photos). Les explications et la description des composants utilisés facilitent l'adaptation des montages à ses besoins.

Pour vous lancer dans cette passionnante aventure, nous vous proposons le *shield* décrit dans le livre avec ses composants (réf. 130320-98) ainsi qu'un lot de composants supplémentaires



**Prix (membres) : 52,53 €**

[www.elektor.fr/tuto-arduino-uno](http://www.elektor.fr/tuto-arduino-uno)

## NOUVEAU !

notre sélection de livres **EYROLLES** pour petits et grands

## NOUVEAU !

### Tuto Arduino Uno

45 projets électroniques originaux

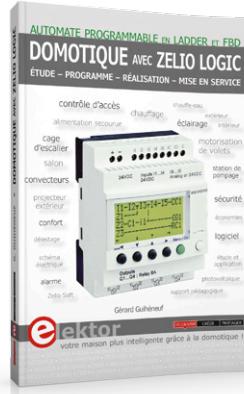
### e-choppe Elektor en ligne

Votre panier d'achats pour l'électronique

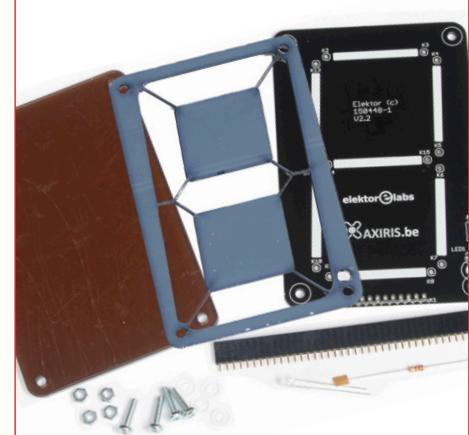
### Raspberry Pi : 45 applications utiles pour l'électronicien



### Domotique avec Zelio Logic



### Kit pour réaliser l'afficheur à 7 segments



Après une courte présentation du R. Pi, vous installez le logiciel. Suit une introduction brève au système Linux et à la programmation en Bash, Python et Javascript. L'auteur expose seulement ce qui est nécessaire pour comprendre les projets et les adapter à vos besoins, puis il vous propose des projets plaisants, certains simples (clignotant alternatif, commande de moteurs), d'autres compliqués (régulation de vitesses de moteur, serveur ouïe avec CGI...)

Le module programmable compact Zelio Logic avec 12 entrées/sorties est une solution technique bon marché et facile à mettre en oeuvre, dans un logement, pour automatiser l'éclairage, piloter le chauffage, optimiser la consommation d'électricité ou encore pour se protéger contre les intrusions. Ce livre montre comment exploiter Zelio Logic avec son outil de programmation graphique en LADDER ou FBD (logiciel pour PC Zelio Soft 2).

Ce grand afficheur à 7 segments est réalisé avec des LED en filament que l'on trouve maintenant dans certaines lampes. L'afficheur a besoin d'une alimentation de 70 V CC.

**Contenu du kit :** 1x circuit imprimé noir de l'afficheur – 1x plaque en plexiglas – 1x façade en plexiglas – 4 vis, 4 écrous – et une embase.



Prix (membres) : 33,75 €

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



Prix (membres) : 41,85 €

[www.elektor.fr/domo-zelio](http://www.elektor.fr/domo-zelio)



Prix (membres) : 26,96 €

[www.elektor.fr/7-segment-display](http://www.elektor.fr/7-segment-display)

# bienvenue dans la section **PARTAGER**



Thijs Beckers (Elektor)

## partager un rayon de soleil

Je partagerai bientôt un peu de mon soleil avec vous. « Votre soleil ? Qu'entendez-vous au juste par là ? » La réponse est simple : je vais installer des panneaux solaires, et je restituera le surplus d'électricité produite au réseau via un convertisseur. Bien entendu je ne sais pas si les électrons mis en mouvement dans un de mes panneaux arriveront sur une de vos prises (probablement pas), mais vous saisissez l'idée.

Les électroniciens et bricoleurs dans l'âme que nous sommes peuvent construire, monter et mettre en service leur propre

régie. On peut réaliser des panneaux solaires, même si c'est difficile ; cependant le rendement laisse à désirer par rapport aux modèles industriels, donc on oublie. On peut câbler le convertisseur : oui, mais la tension, le courant et la puissance sont élevés – ce que je n'aime pas vraiment, et en plus un convertisseur ce n'est pas très cher ; le jeu n'en vaut décidément pas la chandelle.

Et si vous voulez raccorder le tout au réseau, il faut qu'il réponde à des normes très strictes et le faire homologuer : des mois – au mieux – et pas mal d'argent...

« Vous nous avez menés en bateau, il ne reste rien à faire », me direz-vous. Bien au contraire ! Il faut choisir le convertisseur : il doit être fiable (une telle installation doit durer au moins 20 ans) et un dépannage éventuel doit être rapide (votre production est à l'arrêt, et vous perdez de l'argent...). Et les panneaux : quel sera leur rendement ? Avec quelle garantie ? En outre, vous voudrez connaître votre production en temps réel : faut-il un appareil supplémentaire, et combien cela coûte-t-il ? Enfin, vous devrez installer les panneaux et câbler l'installation conformément aux normes en vigueur (que vous devrez aussi apprendre).

Ce n'est donc pas une mince affaire de (vouloir) tout faire soi-même. Mais vous économiserez sans doute sur le coût total, et – ce que je trouve personnellement important – vous connaîtrez (à peu près) le fonctionnement de votre installation.

Voilà ! D'ici peu, du courant tout frais sorti d'un rayon de soleil !



(150817 – version française : Jean-Louis Mehren)



## T-Board bien ARMée

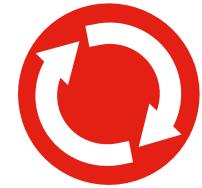
Elektor 11/2015, p. 54 (150059)

La carte *T-Board bien ARMée* (réf. 150059-91, [www.elektor.fr](http://www.elektor.fr)) est dès à présent livrée avec un chargeur d'amorçage. Il est compatible avec l'utilitaire gratuit SAM-BA d'Atmel. Le chargeur d'amorçage permet de programmer le microcontrôleur sans adaptateur particulier ; un câble micro-USB et l'utilitaire SAM-BA suffisent.

[www.elektormagazine.fr/news/chargeur-d-amorçage-pour-la-t-board-a-arm-samd](http://www.elektormagazine.fr/news/chargeur-d-amorçage-pour-la-t-board-a-arm-samd)

# projet 2.0

## corrections, mises à jour et courrier des lecteurs



### de l'électronique à vapeur ?

Elektor 01/2016, p. 110 (150575)

Je voudrais apporter ma contribution à votre article « de l'électronique à vapeur ? » du numéro de janvier 2016.

Le lien [www.perosautner.de/cool-beer.html](http://www.perosautner.de/cool-beer.html) vous amènera sur mon site web où vous découvrirez un rafraîchisseur de bière, une construction maison à la sauce steampunk. Notez que toutes les pièces brun foncé ont été réalisées avec mon imprimante 3D.

Roland Sautner



### tour du monde des cartes à µC

Elektor 03/2016, p. 10 (150687)

Je reviens sur votre article de mars 2016, je trouve dommage qu'à propos des contrôleurs à 8 bits, il ne soit question que des ATmega et de quelques PIC. Regardez chez Silicon Labs : la série à 8 bits EFM8 est cadencée non seulement à 48 MHz, mais également à 72 MHz (famille Laser Bee). Il y a des coeurs 8051 encore plus rapides qui atteignent 100 MHz et un maximum de 100 MIPS. Je pense que dans le monde des 8 bits, la programmation en assembleur vaut le coup et qu'un 8051 convient mieux dans ce cas.

Dennis Röckemann

Cher monsieur Röckemann,  
nous vous remercions pour votre réaction.

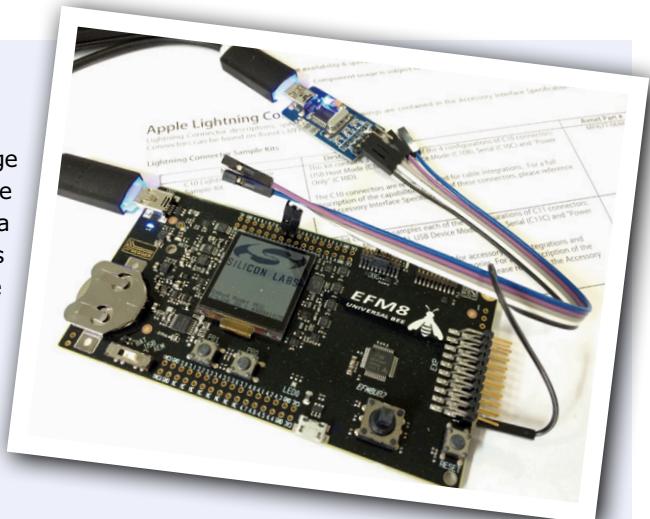
La famille EFM8 Laser Bee a été commercialisée à la fin de 2015. C'est pourquoi nous n'avons pas proposé de cartes avec ces µC dans notre tour du monde. Il est vrai que la fréquence d'horloge de tous les µC de la famille à 8 bits, basée sur le noyau 8051, passe de 50 MHz (EFM8BB2) à 72 MHz.

Dans ces articles de tour d'horizon, je m'efforce de proposer aux lecteurs la palette la plus large de µC et cartes. Toutefois j'ai fréquemment des problèmes de place ; cet article était déjà beaucoup plus long que prévu. J'y ai délibérément présenté les familles de µC les plus répandus, mais aussi quelques raretés.

Les 8051 comptent assurément de nombreux inconditionnels. C'est pourquoi il y a toujours des µC sous un nouvel habillage, avec le même (vieux) noyau ou la même structure (cf. EFM8). Mais la technique évolue, il y a de nombreux autres microcontrôleurs plus puissants. Toutefois il demeure incontestable que les bons vieux 8051 sont plus intéressants pour certaines applications et qu'ils restent plus ou moins puissants grâce à leur nouvelle enveloppe.

D'une manière générale, j'ajoute qu'aujourd'hui les microcontrôleurs à 16 et 32 bits sont aussi faciles que rapides à apprivoiser ; je reconnaissais que les µC à 8 bits sont aussi rapides que pratiques ainsi que très bien documentés. Sur les µC les plus puissants, le langage évolué C(++) a fait ses preuves. Il facilite et raccourcit la phase de développement grâce à ses bibliothèques et fonctions simples. Naturellement l'assembleur est encore utilisé par les développeurs – pour les portions de programme critiques. C'est le cas en particulier avec les µC les plus petits. Néanmoins je pense qu'il serait très délicat et fastidieux de programmer (entièvement) en assembleur les microcontrôleurs à 8 bits les plus puissants. ▶

Viacheslav Gromov



(150825)

# my contrôleur is rich

## l'électronique sans peine avec la carte micro:bit de la BBC

Clemens Valens (labo d'Elektor)

Après la terre, l'air, l'eau et le feu, le logiciel est devenu le cinquième élément de la vie. Façonné par des millions de doigts frappant sans relâche les touches de claviers usés, le logiciel est un élément corruptible, éphémère, qui doit sans cesse être renouvelé. Craignant que les forges logicielles britanniques ne s'épuisent, la BBC mobilise la jeunesse en lui mettant dans les mains *micro:bit*, une carte à microcontrôleur.

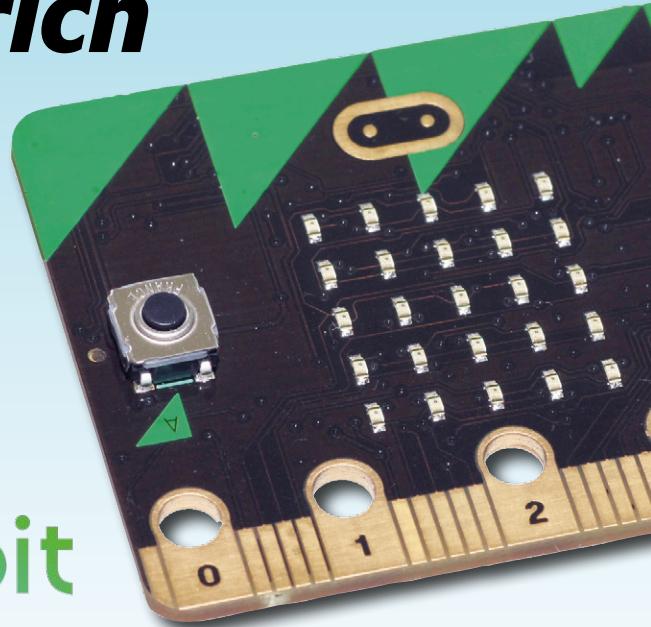


Figure 1. Gros plan sur le circuit imprimé de la micro:bit.

### Caractéristiques

- ARM Cortex M0 32 bits nRF51822 à 16 MHz
- 16 Ko de RAM
- 256 Ko de mémoire flash
- Bluetooth Low Energy maître/esclave
- matrice de 5 x 5 LED
- accéléromètre à 3 axes MMA8652
- magnétomètre à 3 axes MAG3110
- 2 poussoirs
- 5 connecteurs pour fiches banane et pinces crocodile
- connecteur imprimé avec SPI, I<sup>2</sup>C, GPIO et 6 entrées analogiques
- connecteur USB micro-B
- connecteur d'alimentation JST (3 V)
- programmation par glisser-déposer et liaison radio
- outils de programmation : Touch Develop, Block Editor, Javascript, MicroPython, C/C++
- compatible mbed

### Servie avec un nuage de LED

La BBC *micro:bit* [1] est une petite carte à microcontrôleur de 5 x 4 cm, équipée d'un ARM Cortex-M0 à module Bluetooth Low Energy (nRF51822, **fig. 1**), d'une matrice de 5 x 5 LED, de deux poussoirs, d'un accéléromètre 3D (MMA8652 de NXP), d'un magnétomètre 3D (MAG3110 de NXP), et d'un connecteur d'extension. Reliée à un ordinateur, la carte est reconnue comme périphérique USB grâce à un contrôleur On-The-Go implanté dans un second µC (un Kinetis KL26 de NXP).

Elle peut donc être programmée via USB par glisser-déposer, notamment au moyen de fichiers .hex produits par le compilateur en ligne *mbed*. On peut aussi la programmer via une liaison radio grâce au module Bluetooth. La création de la *micro:bit* a mobilisé plus de 25 partenaires, les fabricants des composants étant pour beaucoup dans son faible coût.

Pour la rendre attractive aux yeux des enfants, les concepteurs ont décliné la carte en plusieurs couleurs et lui ont donné la forme d'un visage (les poussoirs représentent les yeux, les contacts du connecteur d'extension une rangée de dents). Les premiers prototypes étaient alimentés par une pile bouton embarquée, mais pour des raisons de sécurité la version finale est alimentée par deux piles externes AAA de 1,5 V, et peut aussi l'être par USB.

Les élèves disposent pour l'instant de quatre éditeurs en ligne spécialement conçus pour les novices : MicroPython pour Python, Code Kingdom pour JavaScript, et Block Editor et Touch Develop pour les langages Microsoft de mêmes noms. Les utilisateurs avancés peuvent aussi programmer la *micro:bit* en C/C++ depuis l'environnement *mbed* [2].



## Campagne anglaise

La carte micro:bit est le support d'une campagne de sensibilisation lancée en 2015 par la BBC sous le nom *Make It Digital* [3]. Son objectif est de créer « une nouvelle génération exprimant sa créativité au travers du codage, de la programmation et des technologies numériques ». L'initiative ne s'adresse pas qu'aux écoliers, elle entend aussi pousser les adultes à faire carrière dans le numérique. Certains estiment en effet que le Royaume-Uni aura besoin d'1,4 millions d'informaticiens d'ici 5 ans, et la BBC pense que la micro:bit pourrait pallier ce manque de matière grise, du moins dans une certaine mesure.

Plusieurs fois reportée en raison d'imprévus, la distribution des cartes a débuté fin mars dernier et concernera près d'un million d'écoliers de 7<sup>e</sup> année (enfants âgés de 11 et 12 ans). Plus tard, dans quelques mois, à une date inconnue à ce jour, il sera possible de se procurer la carte auprès de distributeurs. Les schémas seront publiés et une partie du code deviendra *open source*. Comme le matériel de la carte est intéressant et qu'elle bénéficie de plusieurs environnements et langages, elle devrait alors attirer toutes sortes d'électroniciens. Le site web de la micro:bit explique comment créer bon nombre d'applications ludiques, et fournit aux enseignants et (grands-) parents des ressources pour aider les jeunes novices. Les leçons et tutoriels sont en libre téléchargement, autrement dit la micro:bit peut être utilisée par toute personne désireuse de s'initier à la programmation des microcontrôleurs.

## Ma BB-Citter connaît plein de jeux

La matrice de LED de la micro:bit autorise toutes sortes de défilements de messages textuels et autres jeux visuels, mais bien d'autres applications sont possibles. L'alimentation par piles et la connexion Bluetooth BLE la rendent particulièrement bien adaptée à l'IdO, à l'informatique portable et aux objets mobiles (**fig. 2**). Les capteurs embarqués pouvant détecter orientation et mouvement, on peut p. ex. concevoir des jeux, des périphériques de jeux ou encore des télécommandes pour divers dispositifs. Grâce au connecteur d'extension, on peut aussi utiliser la carte comme centre de commande d'un robot ou d'un petit véhicule.

Le connecteur imprimé donne accès aux 19 broches GPIO du µC principal (plus l'alimentation), soit : aux poussoirs, à six entrées analogiques, à un bus SPI, et à un bus I<sup>2</sup>C qui est aussi relié à l'accéléromètre et au magnétomètre (**fig. 3**). Cinq larges trous de connexion permettent en outre de relier rapidement la carte à d'autres matériels, par ex. une plaque d'essai, au moyen de fiches banane et de pinces crocodile. Certaines des broches sont connectées à la matrice de 5 x 5 LED qui, de façon surprenante, est en fait configurée en matrice de 3 x 9 LED. On peut ainsi créer un écran tactile en exploitant la capacité des LED à réagir à un flux lumineux. La matrice peut en effet mettre une LED sous tension tout en mesurant l'intensité absorbée par une autre.

## **Couronnement**

La BBC et ses partenaires ont consacré beaucoup de temps et d'argent à la conception et au déploiement de cette plateforme

d'entrée de gamme. Si la distribution gratuite d'un million de cartes est assurément une première dans le monde de l'électronique, on est en droit de se poser des questions quant à son efficacité. Certains utilisateurs « contraints » quelques milliers peut-être, trouveront certes leur vocation en jouant avec la micro:bit, mais combien de cartes finiront-elles dans un tiroir ou sur eBay ? Et combien de parents et d'enseignants sauront-ils maîtriser la carte et transmettre leurs nouvelles connaissances ?

L'avenir le dira, mais une chose est d'ores et déjà certaine : le monde de l'informatique se trouve désormais enrichi d'une nouvelle, remarquable et abordable plateforme à microcontrôleur, qui donnera à n'en pas douter naissance à de nombreuses applications, créées non seulement par des enfants et des petits génies, mais aussi par la communauté des *makers*. Alors si vous aussi faites quelque chose de sympa avec la micro:bit, partagez votre création sur le site Elektor.Labs, en attendant peut-être de la voir couronnée dans le magazine ou sur Elektor.TV. 

(150832 – version française : Hervé Moreau)

## Liens

```
[1] www.microbit.co.uk/  
[2] https://developer.mbed.org/platforms/Microbit/  
[3] www.bbc.co.uk/makeitdigital
```

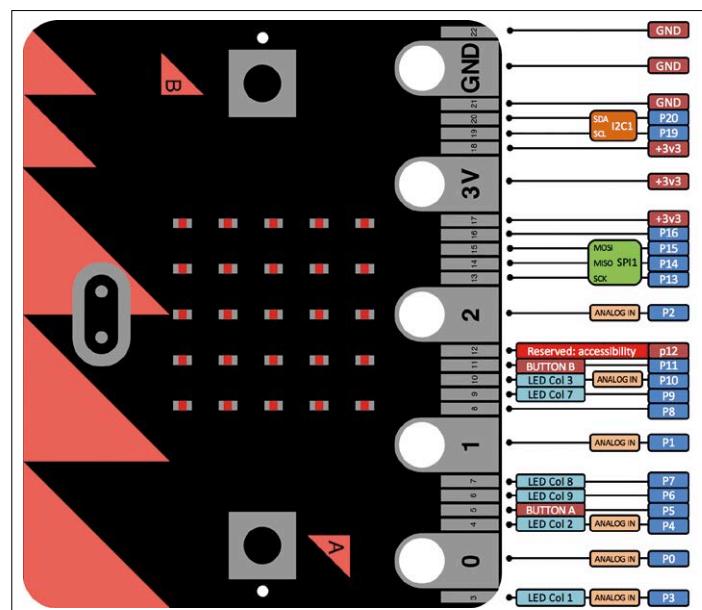


Figure 3. Brochage du connecteur imprimé de la micro:bit (source : ARM mbed).

# réparez vos vieux appareils ça vaut le coup !

Harry Baggen (labo d'Elektor)

Que faites-vous d'un appareil en panne ? Vous le jetez et en achetez un nouveau ? Non ! En bon électronicien, vous allez tout de même essayer de le réparer, ou à tout le moins récupérer les composants réutilisables. On trouve sur la toile quelques sites qui donnent conseils et instructions pour la réparation de divers appareils (électroniques).



Reparaturtips braune Ware		Forum	Themen	Beiträge	Letzter Beitrag*
	<b>Reparatur von LCD Plasma Fernsehern sowie Beamer</b> Reparaturtipps für Flachbild-HDTV-Fernseher (LCD und Plasma Geräte), Fernseher und Beamer (auch ohne HDTV)		5267	30286	Re: Sony KDL-40V5000 Schaltet ein, es passiert nix auser grüne I von RafaB1g Heute um 13:13 Uhr
	<b>Reparatur Fernseher und TV Geräte</b> Reparaturtipps für Bildschirm-Fernseher und Rückprojektoren		15290	91066	Re: 28 Zoll TV 5500 BG geht nicht mehr an und leuchtet nur noch blau von Grundigfan Gestern um 11:46 Uhr
	<b>Reparatur Camcorder und Videorecorder</b> Reparaturtipps Videorecorder, Camcorder, etc.		1407	5646	Re: CANON Canvioport EX1 H8 kein Bild mehr im Speicher u. Display von Reaktr01 01.05.2016 - 11:17 Uhr
	<b>Reparatur von Audio und Hifi Bauteile</b> Reparaturtipps für Hifi, Carhifi, Microanlagen und Bauteile		2409	11581	Re: Bose Lifestyle 25 Series 2 kein Bild von Reaktr01 08.04.2016 - 07:36 Uhr
	<b>Nostalgie Geräte ( Röhrenradios etc.)</b> Reparatur und Restaurierungstipps		465	4088	Re: Röhrenradio Fisher UKW Empfänger sehr laut und bassarm von röhrenradiofreak 22.02.2016 - 18:39 Uhr
	<b>Reparatur Monitor und TFT</b> Reparaturtipps für Monitore und TFT's		1650	7885	Re: Samsung P2350 Invertertrafo neu aber trotzdem defekt von l0stipz 24.03.2016 - 23:08 Uhr
	<b>Reparatur Sat receiver und DVB T Receiver</b> Reparaturtipps für Satreceiver, Kabel- und UHD-T Receiver		1176	5991	Re: OPTICUM 4000TSR keine Einstellung Programmwellen von röhrenradiofreak 05.03.2016 - 17:28 Uhr
	<b>Reparatur BLU RAY Player / Brummie</b> Reparaturtipps für Blu-ray player und Blu-ray Brenner		519	2302	Re: Yamaha DVD 5500 Y377135TV Teller dreht sich, bleibt bei 100 von gertastic 18.12.2016 - 18:17 Uhr
	<b>Sonstige Reparaturtipps</b> Reparaturtipps für Telefone, Fax, Kopierer etc.		1227	5750	Re: Google Nexus-42 Kein Bild von SchneR 06.04.2016 - 11:59 Uhr



Le cycle de vie des appareils électroniques est de plus en plus court. Les fabricants cherchent à nous vendre un maximum de produits, en mettant régulièrement sur le marché de nouvelles versions avec quelques fonctions supplémentaires et un *relookage* du boîtier. Est-ce bien nécessaire ? Bien sûr que non, mais la tentation d'acheter du neuf est souvent irrésistible... Et en cas de panne, on n'hésite même plus : on remplace directement. Les fabricants jouent sur ce tableau aussi, en rendant les réparations difficiles ou très chères.

Désormais, certains se révoltent contre ces pratiques, et bon nombre de *Repair Cafés* (littéralement cafés de réparation) voient le jour [1] ; on y trouve des experts bénévoles qui vous aident à réparer les objets défectueux. On peut s'y rendre avec un aspirateur en panne, mais aussi avec un téléviseur ou un amplificateur. Il s'y trouvera toujours bien un bricoleur ingénieur pour essayer de ressusciter le matériel – et en général il y arrive !

## À vous de jouer !

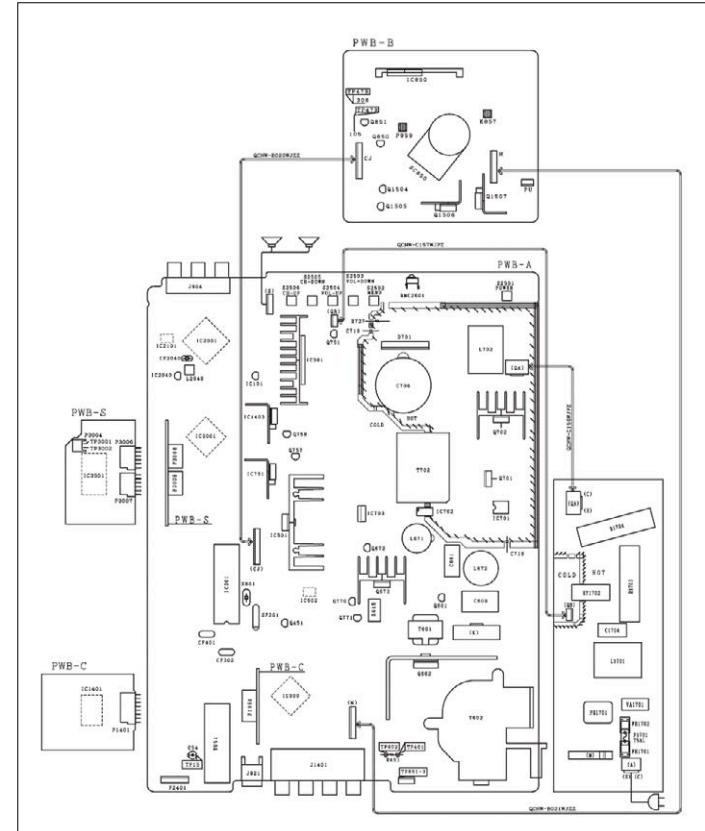
Vous êtes électronicien, vous avez donc les connaissances nécessaires pour réparer vous-même un appareil électrique ou électronique défectueux. Tout ce qu'il vous manque en général c'est le schéma du circuit ou celui de construction, et peut-être quelques conseils d'un réparateur expérimenté... Nous avons visité quelques sites intéressants à ce sujet ; certains peuvent paraître quelque peu primitifs, mais cela n'enlève rien à l'intérêt du contenu qu'ils proposent.

Le nom du site de Samuel M. Goldwasser, *Sci.Electronics.Repair FAQ* [2], est suffisamment explicite quant à son contenu. Vous y trouverez des instructions détaillées pour la réparation de toutes sortes d'appareils. La page *Troubleshooting and Repair of Consumer Electronic Equipment* [3] est une véritable encyclopédie ; à recommander sans réserve ! Et si vous ne savez pas par où commencer, on vous explique ici comment vous organiser, quelles mesures de sécurité prendre, de quels appareils de mesure, outils, lubrifiants, etc. dont vous aurez besoin, et bien d'autres choses ; indispensable pour les débutants. On y trouve aussi de nombreuses foires aux questions sur la réparation des appareils, des oscilloscopes anciens aux lampes à décharge. On n'y trouvera pas les gadgets dernier cri, mais ça reste malgré tout une source d'informations précieuse.

Si vous comprenez l'allemand, le portail d'électronique *iwenzo* [4] est aussi très intéressant. Les forums couvrent essentiellement l'électroménager et l'électronique grand public, et sont subdivisés en sections pour les machines à laver, les lave-vaisselle, les téléviseurs, les appareils audio, et d'autres ; il y a même une section spéciale « nostalgie » pour les appareils anciens. Les manuels d'utilisation et d'entretien sont regroupés dans une section particulière. Le site est souvent visité, les contributions sont donc nombreuses et remises à jour régulièrement.

Le forum (en anglais) *eServiceInfo* [5] vaut également le détour. La présentation est totalement différente de celle d'*iwenzo*, mais on y retrouve des sections sur l'électronique, la réparation d'appareils divers, le matériel informatique et de bureau, les manuels d'entretien, et sur le décodage et le déverrouillage. Pas d'appareils récents cependant ; c'est à croire que les amateurs passionnés préfèrent le matériel plus ancien. Il faut bien dire que ce matériel est généralement plus facile à démonter et à réparer (entre autres, pas de CMS !).

Si vous êtes familier d'*Usenet* (groupes de discussion et groupes de nouvelles), faites un tour du côté des groupes sur la réparation, comme *sci.electronics.repair*, déjà cité. L'accès à *Usenet* est possible via *Google Groups* [6].



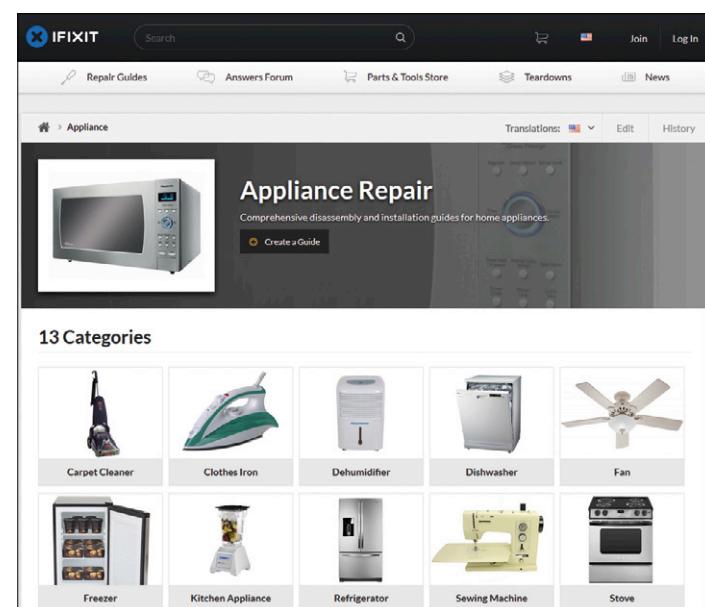
## Ljens

- [1] repaircafe.org/fr
- [2] www.repairfaq.org
- [3] www.repairfaq.org/sam/tshoot.htm
- [4] forum.iwenzo.de
- [5] forum.eserviceinfo.com
- [6] groups.google.com/forum/#!forum/sci.electronics.repair
- [7] www.eserviceinfo.com
- [8] fr.ifixit.com

Pour la réparation d'appareils électroniques, il est souvent indispensable de disposer du manuel d'entretien (avec schémas complets et procédures de réglage). La plupart peuvent être achetés chez le fabricant ou un revendeur (10 à 20 €), mais certains sites en proposent gratuitement des versions téléchargeables. C'est le cas de eServiceInfo [7] ; l'offre varie suivant le type d'appareil, et il vous faudra de la chance pour trouver la bonne marque et le bon modèle. Et si vous ne trouvez toujours pas, vous devrez sans doute sortir votre porte-monnaie....

Pour la réparation d'appareils récents, comme un ordiphone ou une tablette, pas d'hésitation : c'est chez *iFixit* [9] qu'il faut aller. En outre on y trouve bien plus que de simples informations. Les créateurs d'*iFixit* ont débuté avec des instructions pour remplacer les batteries et les écrans des *iPhone* et *iPad* ; maintenant ils vendent aussi l'outillage nécessaire et certaines pièces de rechange, et ils ne se limitent plus à la *marque à la pomme*. On y trouve des trucs, astuces et instructions de réparation pour les téléphones de nombreuses marques, mais aussi pour les ordinateurs, les appareils photographiques, les consoles de jeux, les aspirateurs, les appareils Hi-Fi, et même les voitures ! Les vidéos d'*iFixit*, où ils vous montrent en long et en large le démontage d'un appareil, sont légendaires. Et ce n'est pas à négliger non plus pour la réparation : il est essentiel de savoir ouvrir un appareil sans le rendre irréparable... 

(150827 - version française : Jean-Louis Mehren)



# Noisebridge

## le cœur de la scène Maker



L'ancien collaborateur d'Elektor Jaime González-Arintero m'avait recommandé, si je visitais la Silicon Valley, de passer par Noisebridge, un des *makerspaces* les plus célèbres du monde. Après avoir vu quelques fabricants de semi-conducteurs, je pensais bien que la culture *maker* était plus importante en Californie que dans le reste du monde, mais ce que j'ai vu a dépassé mes attentes.

Viacheslav Gromov (Allemagne)

Le trajet en train de San José à San Francisco dure une petite heure. On ressent le rythme d'une grande ville dès l'arrivée à la gare : bouchons, foules et gratte-ciel. La technologie est ici omniprésente. Presque tous les piétons sont concentrés sur l'écran de leur ordiphone. Quelques arrêts de métro me séparent de la station « 16th St. Mission ». Il faut ensuite encore marcher environ 400 m selon Google Maps. Tout est différent dans ce quartier. Les maisons rapprochées, la foule s'amenuise, mais il reste de nombreuses petites échoppes. Globalement, le quartier a l'air hors du temps : on ne s'attend pas à trouver dans ce coin un *makerspace* (en français un « espace pour les fiseurs »).

Alors que j'avais presque abandonné mes recherches, j'ai vu une porte avec un interphone démodé, surmontée d'une enseigne lumineuse *Noisebridge*. Le portail d'entrée s'ouvre lorsqu'on appuie sur la touche #, j'arrive ensuite dans l'escalier de l'ancien bâtiment. Dès le premier étage, on ne peut manquer la porte couverte d'autocollants *Noisebridge*. Dan Freeman, un membre du *makerspace*, se tient juste derrière pour m'accueillir. Ce soir-là, ce « vieux loup » a pour rôle de faire découvrir les lieux aux visiteurs curieux. Je connais déjà l'ouverture et la générosité d'autres communautés *maker*. L'amabilité américaine prend toutefois une autre dimension chez *Noisebridge*. Chacun, y compris les visiteurs, peut utiliser

gratuitement les appareils, les locaux et les matériaux. Le tout est financé principalement par des dons. Dès l'entrée, on peut soutenir la structure. Quinze dollars vous donnent droit à un t-shirt souvenir. Les célèbres autocollants rouges et blancs qui recouvrent la porte d'entrée sont gratuits.

Naturellement, le *hackerspace* compte également des membres qui disposent de droits particuliers comme la participation aux décisions. Cette adhésion implique aussi de verser une cotisation mensuelle, de s'investir pour l'organisation et de participer à diverses tâches.

### Les locaux

Le *makerspace* occupe une très grande pièce (on dirait presque une halle), quelques salles secondaires et des recoins sur les côtés. *Noisebridge* est découpé en plusieurs parties toujours « décorées » et équipées de projets de bricolage en cours.

On trouve juste derrière l'entrée une longue table où tous les visiteurs (souvent des développeurs professionnels, des étudiants ou des bricoleurs) viennent s'asseoir avec leur ordinateur portable. L'atmosphère est calme et idéale pour développer et/ou apprendre. On a presque l'impression que tous sont littéralement plongés dans un internet sans limites. On travaille de manière tout aussi concentrée à *Noisebridge* sur le célèbre navigateur anonyme et sécurisé *Tor*. On trouve plus loin dans la pièce près

des fenêtres qui laissent passer le soleil une bibliothèque qui fait battre le cœur de tout programmeur. Il n'y a pas de langage de programmation qui ne soit pas représenté sur les rayons. Des jeux (de plateau) se trouvent à côté, au cas où tous ces bricolages et programmes fassent trop mal aux doigts à la fin de la soirée. Il y a également quelques canapés confortables pour se détendre.

Si l'on part dans l'autre sens, on tombe d'abord sur la section électronique, pleine à craquer d'appareils, de l'oscilloscope au fer à souder en passant par le générateur électrostatique. Le rêve de tout électronicien, surtout si on considère encore les autres étagères à côté remplies de câbles, de circuits intégrés et de composants. On a envie de simplement s'asseoir et de s'atteler tout de suite à un projet.

Si on continue la visite, on arrive à la section textile. On dispose ici de plusieurs machines à coudre (industrielles) ainsi que de rouleaux et de restes de tissu. Les fans de textiles peuvent laisser s'exprimer leur créativité. Il est aussi possible de travailler à but lucratif chez *Noisebridge*. Si on utilise les locaux, les outils et les matériaux, on redonne une partie déterminée de ses gains à l'association. Ainsi, plusieurs jeunes pousses connues ont été créées dans ce lieu, comme le fabricant d'imprimantes 3D *Makerbot*, célèbre dans le monde entier. La pièce pour les « gros travaux » se situe



Photo: Signe Brewster, GIGAOM

en face de la section textile. On trouve là de tout, de la scie au marteau, afin de jouer avec des matériaux comme le bois, le métal, le verre et beaucoup d'autres, sur la grande station de travail au milieu de la pièce. Tout est bien trié et rangé, ce qui ne va pas forcément de soi pour des *makerspaces* de cette taille. Rien qu'en consultant le site de Noisebridge [1] et le wiki associé, on ressent à quel point ce *hackerspace* doit être organisé. Il est ainsi décrit étape par étape comment utiliser le projecteur dans les locaux ou encore quand il faut sortir les déchets et où trouver les différentes poubelles.

On trouve un frigo au bout de la pièce principale allongée. On peut se servir des boissons rafraîchissantes. Il faut ensuite mettre

de l'argent dans une caisse. Il semble qu'on ne craigne ni les voleurs ni les vandales, bien que Noisebridge soit librement accessible à des visiteurs non annoncés. Deux « salles de classe » se trouvent en face. C'est là que bat le cœur du *makerspace*. Chaque jour ont lieu différents ateliers et cours, donnés par des membres pour d'autres membres et pour des visiteurs. Il y en a pour tous les goûts, de la programmation professionnelle de sites web à l'utilisation de perceuses en passant par le développement SDR.

### Le paradis des passionnés de technologie

Après la visite, mon impression était claire : Noisebridge est vraiment un

paradis pour tous les passionnés de technologie. Il faut absolument visiter ce *makerspace*. On peut y réaliser des rêves techniques, transmettre gratuitement connaissances et expériences, faire partie d'une communauté extraordinaire, ouverte, amicale et professionnelle qui gère l'organisation de ce lieu. La créativité sous toutes ses formes est à l'honneur, un concept très, très sympathique. ▶

(150528 – version française : Thierry Destinobles)

### Lien

[1] [www.noisebridge.net](http://www.noisebridge.net)



Photo: Jens Dyvik, Dyvikdesign

# trucs et astuces

## les lecteurs écrivent aux lecteurs

Encore des solutions futées qui facilitent la vie des électroniciens.



### Aiguille de galvanomètre « collante », épisode 1

Feike Hoogenbos

*Il y a quelque temps, la société Weir m'a confié pour sa restauration une ancienne alimentation régulée Maxireg 761.1 – qui possède un galvanomètre à cadre mobile pour l'affichage de la tension et du courant. Après remplacement de quelques composants (les condensateurs de filtrage), elle pouvait être rebranchée. Le galvanomètre indiquait 8 V, mais l'aiguille restait immobile, quel que soit le réglage de la tension. La tension de sortie était bien correcte, alors où était le problème ?*

*Le couvercle en plastique du galvanomètre avait été cassé, et on avait essayé de recoller les morceaux. Apparemment, le travail avait été salopé ! En regardant le galvanomètre par le côté (après l'avoir ôté de l'appareil), on voyait bien que la pointe de l'aiguille collait au plastique. D'ailleurs, sans son couvercle le galvanomètre fonctionnait parfaitement. Après enquête, j'appris que le plastique avait été nettoyé avec de l'essence F et du savon ; ce qui avait fait disparaître le revêtement antistatique. Soit, mais que faire ?*

*J'ai pris le taureau par les cornes, et j'ai acheté un spray antistatique (Kontakt Chemie Antistatik 100). J'ai nettoyé le couvercle avec un morceau de coton propre imbibé d'essence F, puis je l'ai rincé avec de l'isopropanol ; j'ai ensuite vaporisé du Kontakt 100 sur les deux faces et l'ai laissé sécher à l'extérieur.*

*Après quelques heures, ce n'était vraiment pas sec, et même pire : il y avait des gouttes de Kontakt 100 et de la poussière qui collaient au plastique. Et ça avait l'air gras. J'ai pris un morceau d'un vieux T-shirt et j'ai frotté précautionneusement. J'avais peur d'enlever le Kontakt 100, mais que pouvais-je faire d'autre ? Ouf ! Ça a marché : le plastique était propre et bien transparent. La question suivante : quid du traitement antistatique ?*

*À mon grand soulagement, l'aiguille ne collait plus au plastique et le galvanomètre fonctionnait à nouveau normalement. Opéra-*



*tion réussie ! Et maintenant, je sais aussi pourquoi le couvercle des galvanomètres professionnels est en verre...*

### Aiguille de galvanomètre « collante », épisode 2

Feike Hoogenbos

*Peu après, un ami m'a apporté des galvanomètres Monacor, provenant vraisemblablement d'une salle de cours. Les couvercles en plastique étaient très sales, et mon ami avait essayé de les nettoyer avec de l'eau chaude et du détergent, puis avec de l'essence F. Sans succès ! Il a alors essayé un nettoyant pour carrosserie de voiture, Commandant 4. Miracle, les couvercles étaient propres, et mon ami enchanté. Jusqu'à ce qu'il remette les couvercles en place : aiguilles collées, et appel au secours à Feike !*

*Fort de mon expérience, j'ai traité les couvercles au Kontakt 100. La charge électrique avait certes disparu, mais le produit ne tenait pas bien sur le plastique : les couvercles étaient « brumeux ». Que faire ? Le Kontakt 100 n'est pas soluble dans l'essence F, le méthanol, l'éthanol, l'isopropanol ou le butanone, et l'acétone fait fondre la plupart des plastiques. Restait le nettoyant pour carrosserie. Bref j'étais de retour à la case départ...*

*J'ai finalement trouvé la bonne méthode : j'ai frotté les couvercles avec un peu de Kontakt 100 sur un disque à démaquiller. Les couvercles étaient vite secs, et bien transparents. Il y avait apparemment une réaction entre le plastique et le gaz propulseur du spray.*

*En résumé, si l'aiguille de votre galvanomètre adhère au couvercle suite à une charge électrique :*

- enlever le couvercle ;
- bien nettoyer et dégraisser ;
- mettre un peu de Kontakt 100 sur un disque à démaquiller ;
- en frotter le couvercle et laisser sécher.

*N'utilisez que de l'essence F, du méthanol, de l'éthanol ou de l'isopropanol pour nettoyer, et n'oubliez pas que certaines peintures se dissolvent dans ces produits : testez avec précaution sur le cadran. Protégez aussi vos mains et portez des gants !*

**(témoignage recueilli sur le forum d'Elektor)**

(150768 – version française : Jean-Louis Mehren)

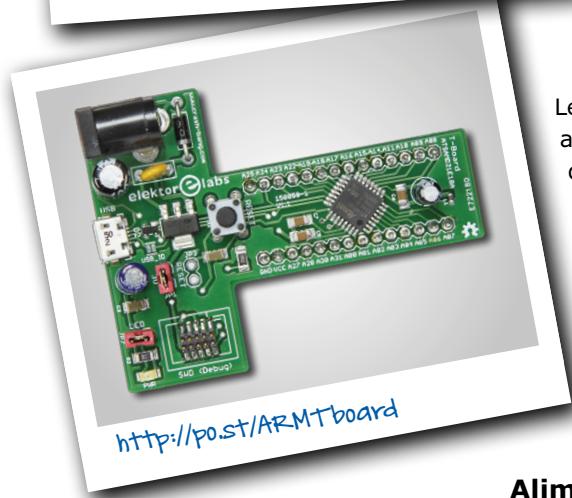
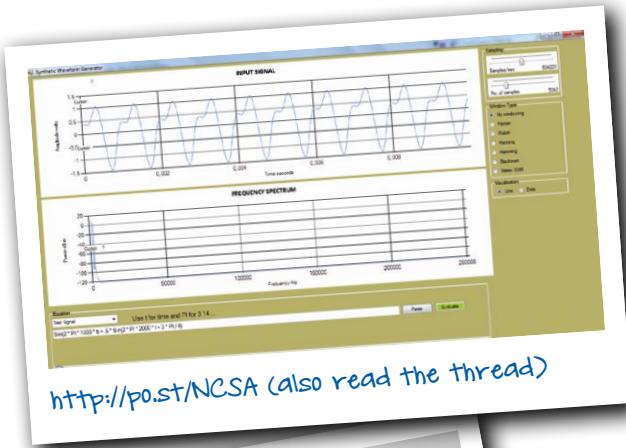


**Vous avez une solution futée pour arranger une bricolage... Une façon bien à vous d'utiliser un composant ou un outil... Vous savez comment résoudre un problème plus facilement ou mieux qu'avec la solution actuelle... Écrivez-nous – chaque astuce publiée vous rapportera 40 € !**

# bruits de labo...

des projets qui vont leur petit bonhomme de chemin

Y a-t-il une vie après la publication sur papier ? Allons voir du côté d'Elektor.Labs pour voir ce qu'il est advenu de certains projets.



## Nouveau logiciel pour l'analyseur de spectre par Ethernet

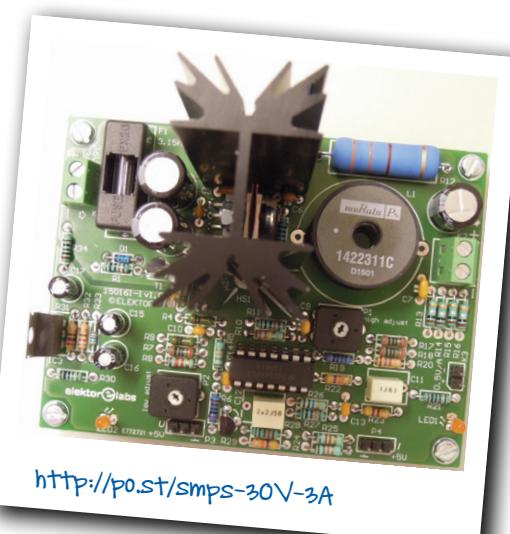
Parfois les choses changent vraiment vite. C'est ce qui est arrivé à l'analyseur universel de signaux par Ethernet (ASPE) (voir numéros de mars et avril 2016). À peine avions-nous bouclé le second article qu'un lecteur annonçait une mise à jour majeure du logiciel associé à l'ASPE et présentait de nouvelles fonctions dans une vidéo. Le résultat du travail d'enrichissement de BreedJ, le pseudo de notre Lucky Luke du code, et de Neal Martini, le concepteur de l'ASPE, est disponible en ligne. Rendez-vous sur GitHub pour récupérer les fichiers à compiler avec Visual Studio 2015.

## Chargeur d'amorçage pour la T-Board à ARM SAMD

Les chargeurs d'amorçage facilitent la vie des électroniciens — c'est pourquoi nous avons reprogrammé notre stock de cartes T-Board à ARM 32 bits avec un chargeur d'amorçage ; notre T-Board bien ARMée est désormais également bien ARMorée. Le bootloader en question est fourni par Atmel et il est décrit dans la note d'application AT07175. Pour programmer le microcontrôleur SAMD21E18A de notre T-Board avec ce chargeur, vous devez d'abord télécharger et installer l'utilitaire gratuit *SAM Boot Assistance*, plus connu sous le sobriquet de SAM-BA. La procédure est décrite ici : [www.elektormagazine.fr/labs/arm-t-board-150059](http://www.elektormagazine.fr/labs/arm-t-board-150059)

## Alim à découpage Unilab rajeunie

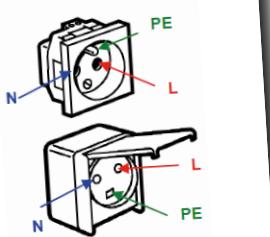
Certains montages maison sont populaires parce qu'ils apportent une réponse satisfaisante à un problème jusqu'alors sans solution, d'autres parce qu'ils sont tout simplement utiles. C'est le cas des horloges et des alimentations. Le labo d'Elektor a conçu beaucoup (vraiment beaucoup) d'alimentations, de la trop simple à l'exagérément complexe, et pourtant nous trouvons chaque fois une bonne excuse pour en concevoir une nouvelle. En 2010 nous avions publié le circuit d'une alimentation appelée Unilab (projet Elektor 090786) capable de délivrer 30 V et 3 A. Un nouveau circuit lui succède. Il repose sur un régulateur abaisseur différent, le LM2677-ADJ. Sa fréquence de commutation est plus élevée (260 Hz), ce qui réduit la taille du filtre de sortie.



## Le câblage de vos prises est-il correct ?

De nos jours, le bricoleur du dimanche n'hésite plus à s'y mettre le lundi. Et même à s'attaquer au câblage électrique de sa maison. Malheureusement, ses connaissances en électricité sont souvent plus limitées que sa créativité. Sait-il par ex. qu'une prise électrique à trois bornes peut être câblée de six façons différentes, mais qu'une seule est correcte ? Dans ces conditions, la baguette de la fée électricité peut vite se transformer en broche à rôter.

Pour prévenir tout accident mortel (ou des déboires moins graves, mais cuisants), voici un petit outil capable d'identifier les bornes d'une prise suspecte au moyen de trois LED. Il rendra service aux utilisateurs de nombreux pays puisqu'il identifie les connexions phase-phase-terre (115 V CA) et phase-neutre-terre (230 V CA). ▶



<http://po.st/outletcheck>

(150819)

compilées par Robert van der Zwan

## Coup de pouce aux jeunes pousses



Même s'il faut attendre jusque novembre prochain, nous sommes déjà impatients de nous rendre au salon *electronica* de Munich. Car cette année, en collaboration avec les organisateurs, nous lancerons un évènement baptisé *Start-up World* qui sera récompensé par un *Global Start-up Award*. Le montant des prix est dévoilé à la page 28 de ce numéro.

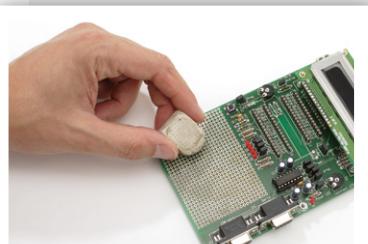
## Problème de DVD

Vous avez été plusieurs à nous plaindre de la procédure de commande du DVD 2015. Nous vous avons entendus, nous la simplifierons l'an prochain. Promis. D'autres membres ont quant à eux accepté de recevoir un bon cadeau de 10 € en lieu et place du DVD – sachant qu'ils pouvaient télécharger le DVD complet s'ils le souhaitaient – mais ils se sont demandé pourquoi nous n'avions pas offert un chèque de 20 € (la valeur du DVD). Là aussi grief entendu, nous proposerons mieux l'an prochain, tout en prenant en compte nos obligations envers l'environnement...



## READ ONLY MEMORY

Le magazine Elektor et son éditeur sont fiers de leur histoire. Cette rubrique montre pourquoi.



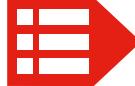
Il y a dix ans, l'entrée en vigueur de la directive RoHS imposait l'abandon du plomb dans les alliages de brasage. L'argent qui le remplaça révéla une mauvaise surprise : sous l'effet de son oxydation, les circuits imprimés noircissaient. Un phénomène bien plus grave que le noircissement de vos cuillères en argent puisqu'il rendait le brasage difficile. Le numéro de janvier 2007 suggéra l'utilisation d'une gomme douce pour effacer les endroits oxydés. Et de fait, elle gomma aussi toute difficulté de brasage.

Il y a dix ans, l'entrée en vigueur de la directive RoHS imposait l'abandon du plomb dans les alliages de brasage. L'argent qui le remplaça révéla une mauvaise surprise : sous l'effet de son oxydation, les circuits imprimés noircissaient. Un phénomène bien

plus grave que le noircissement de vos cuillères en argent puisqu'il rendait le brasage difficile. Le numéro de janvier 2007 suggéra l'utilisation d'une gomme douce pour effacer les endroits oxydés. Et de fait, elle gomma aussi toute difficulté de brasage.

## INDISCRÉTIONS

- Dans notre nouveau bureau de Berlin, René Bohne nous conseille sur la
- en électronique et nous aide à promouvoir Elektor sur différents médias sociaux
- Tanja Pohlen nos clientèles allemandes et anglaises
- En Australie et en collaboration avec Elektor, Bill Morgan
- programmation destiné aux enfants australiens ... ... ...



# Près d'un milliard identifiés par

**Elektorethics** par Tessel Renzenbrink

L'Inde possède le plus vaste système d'identification biométrique au monde. Selon certains opposants, ce système serait mal protégé et exposerait 996 millions d'individus à de nombreux risques, allant du vol d'identité à la surveillance de masse.

Le numéro d'identification unique à 12 chiffres sur lequel repose le système Aadhaar sert de preuve d'identité à tous les résidents indiens, ainsi que d'accès à des données biométriques (photographie, dix empreintes digitales et deux scans d'iris) et démographiques (nom, genre, adresse et date de naissance).

## Accès aux services et aux allocations

De nombreux Indiens – essentiellement les pauvres des régions rurales – ne disposent d'aucun moyen officiel d'identification et peinent à accéder à certains services, comme l'attribution de coupons alimentaires et de prêts. L'absence d'un système d'identification uniforme rendait par ailleurs les services gouvernementaux vulnérables aux fraudes, par ex. le versement d'allocations à des bénéficiaires fantômes.

Lancé en 2010 pour lutter contre ces fraudes, le programme Aadhaar n'avait cependant été soutenu par aucun mandat législatif. Ce n'est qu'en mars dernier que la chambre basse du Parlement indien a adopté le projet de loi Aadhaar, consolidant ainsi la position de ses défenseurs.

## Une seule base de données

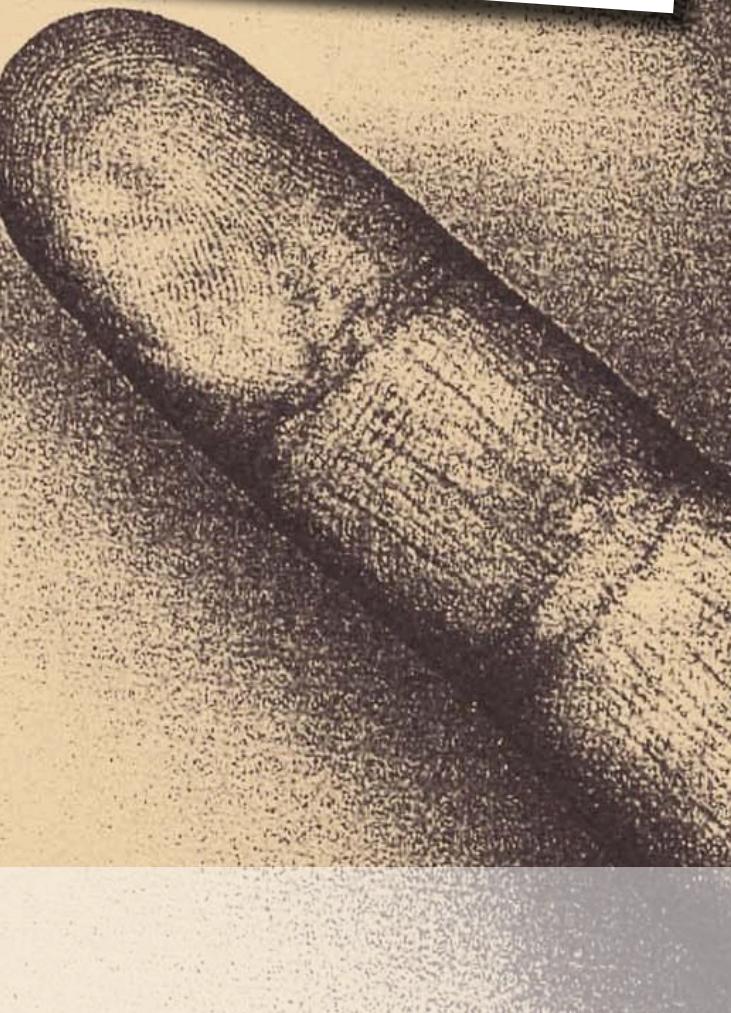
Si l'architecte en chef d'Aadhaar précise fièrement qu'il s'agit du « plus grand système d'identification biométrique au monde », ce qui fait la fierté des uns peut devenir le cauchemar *orwellien* des autres. Toutes les données d'identification de près d'un milliard d'individus sont en effet stockées dans une seule base de données centralisée, un choix conceptuel qui fait frémir tant les experts en sécurité que les défenseurs de la protection des données personnelles. Tous craignent que cette base n'attire les cybercriminels et des protagonistes étatiques étrangers.

À cette crainte s'ajoute celle que le gouvernement indien ne rattache à Aadhaar les transactions bancaires et les données téléphoniques, et crée de fait un dépôt central regroupant les informations personnelles de près d'un milliard d'individus.

*L'article complet (en anglais) est sur*

[www.elektormagazine.com/articles/india-s-biometric-identity-system-tracks-nearly-a-billion-people](http://www.elektormagazine.com/articles/india-s-biometric-identity-system-tracks-nearly-a-billion-people)

# d'Indiens biométrie



création de matériels pédagogiques pour étudiants intègre notre équipe commerciale et se charge de mène un projet d'initiation à l'électronique et à la

## 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 : **Yoshihiro Tsuboi**

Âge : **38 ans**

Études : **pharmacie**  
(abandonnées car mes affaires marchaient très bien)

Réussite personnelle : **inventeur du microcontrôleur mbed**  
**LPC1114FN28**



### *Qui êtes-vous, Yoshihiro Tsuboi ?*

J'ai d'abord été intéressé par l'électronique au début de mon adolescence, en particulier par le microcontrôleur Z80, mais avec les années mon intérêt s'est déplacé vers l'internet et le protocole TCP/IP. J'ai lancé ma propre société de logiciels lorsque j'étais à l'université, et je ne me suis plus préoccupé d'électronique pendant près de 20 ans, jusqu'en 2009, lorsqu'un ami m'a parlé d'Arduino. Quel choc ! Ainsi, il était donc possible de programmer une mémoire par USB sans passer par un effaceur à UV, comme il fallait le faire avec l'EPROM du Z80. Et plus besoin non plus de programmeur ! Finalement, j'ai rejoint la société Switch Science, un distributeur de matériel ouvert basé ici, au Japon.

### *Quel progrès attendre des années à venir ?*

Je pense qu'avec le développement de l'IdO, viser la consommation la plus faible possible restera l'objectif numéro 1 des prochaines années. De mon côté je m'intéresse aux objets RF avec un SoC, et je suis impliqué dans la conception de modules Bluetooth LE, Wi-Fi, et d'autres.

### *Quel est le projet dont vous êtes le plus fier, et pourquoi ?*

Le microcontrôleur mbed LPC1114FN28, parce qu'il permet à de nombreuses personnes de s'essayer aux microcontrôleurs à 32 bits. NXP l'avait mis sur la liste des processeurs obsolètes, mais assure à nouveau son suivi depuis 2014. Non sans raison, puisqu'aujourd'hui ce sont plus de 3600 clients qui l'utilisent avec la plateforme mbed pour leurs activités de conception.

### *Qui sont vos idoles (scientifiques) ?*

En voilà une question difficile ! J'admire l'équipe d'ARM, Joseph Yiu par ex., l'auteur du livre *The Definitive Guide to the ARM Cortex-M3*, mais aussi Chris Styles et Simon Ford, les fondateurs du projet mbed d'ARM.

### *Si je vous offrais un bon d'achat de 500 € pour l'e-choppe, qu'achèteriez-vous et pourquoi ?*

L'analyseur de spectre Spectran HF-2025E d'Aaronia, parce qu'en ce moment je suis dans les modules RF et que je viens juste d'acheter un boîtier de blindage. ►

(150826 – version française : Hervé Moreau)

# hexadoku casse-tête pour elektorniciens

## Un mois de juin sportif

Entre les finales du tournoi de tennis de Roland Garros, les matchs de football de l'UEFA EURO 2016 et toutes les fêtes de saison des clubs de sport et de loisir... espérons que vous trouverez un peu de temps pour votre sport cérébral mensuel. Ne traitez pas, vous aurez fini juste à temps pour prendre le départ du tour de France cycliste.

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 tirons au sort **trois** des réponses internationales correctes reçues dans les délais ; leurs auteurs recevront chacun un bon d'achat Elektor d'une valeur de **50 €**.  
 À vos crayons !

Envoyez votre réponse (les chiffres sur fond grisé) avec vos coordonnées par courriel, avant le **30 juin 2016** à l'adresse **hexadoku@elektor.fr**

## Les gagnants

La solution de la grille du numéro d'avril est **0A59D**

Les trois bons Elektor d'une valeur de 50 € vont à :

Jean-Marie **Mahieu** (Belgique), Georges **Lavertu** (France), Sigurd **Kuenzel** (Allemagne).

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

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

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

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.

Après avoir magnifiquement expliqué l'électronique aux débutants qui sèchent les cours, dans son livre qui porte le même titre, Rémy Mallard revient avec un nouveau livre dans lequel il présente ...

## les microcontrôleurs PIC pour les débutants

qui veulent programmer sans patauger



Ce livre initie à la programmation des microcontrôleurs PIC avec des applications pratiques qui vont bien au-delà du simple chenillard à LED et couvrent un grand nombre de besoins. Après une introduction (pas trop longue) aux principes essentiels de la programmation, tu apprends à interfacer des capteurs avec un microcontrôleur, à acquérir et stocker des données, ou encore à établir une liaison USB ou Ethernet pour transmettre ces données. Rémy regroupe par chapitres les informations théoriques et pratiques nécessaires à la réalisation de chaque montage décrit.

Après la lecture, gagné par la bonne humeur communicative de l'auteur et fort de sa longue expérience (qu'il partage volontiers), tu n'auras qu'une seule envie : aller plus loin, créer toi-même des montages encore plus ambitieux (transposer le code dans d'autres langages, le porter sur d'autres plates-formes de développement, t'attaquer aux PIC32)...

**Le premier pas coûte, après ça va tout seul.**

ISBN 978-2-86661-193-4 • 48,50 €

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

**mouser.fr**

Les dernières nouveautés pour vos conceptions les plus récentes™

La plus **vaste**  
**sélection**  
de produits les  
plus récents.

Plus de **4 millions** de produits  
de plus de **500 fabricants**.

**M** **MOUSER**  
ELECTRONICS

Distributeur agréé de semi-conducteurs  
et de composants électroniques

S'ABONNER MAINTENANT !

# Newsletter

Recevez chaque semaine les toutes dernières informations

- Nouveautés
- Les meilleures offres
- Réductions des prix



TEMPÉRATURE  
DÉTECTEUR DE PROXIMITÉ  
ENREGISTREUR DE TRAJECTOIRE  
DÉBIT  
ULTRASONS  
PRESSION  
HUMIDITÉ  
EFFET HALL  
FORCE

- ✓ Plus de 45 ans d'expérience
- ✓ Envoi en 24 heures
- ✓ Plus de 50 000 produits

Les langues de notre boutique:  



## Capteurs effet Hall

**Capteurs Hall** **SIEMENS**



Boîtier : P-SSO-3-2

Numéro de commande	Magnetic-Range	
TLE 4905L 0,56	±17 mT	unipolaire
TLE 4935L 0,60	±20 mT	bipolaire/latch

### Capteur radiométrique, linéaire

**Honeywell**

- Tension de fonctionnement : 4,5...10,5 VDC
- Consommation de courant : 8,7 mA (@ 5 VDC)
- Température de fonctionnement : -40...+150 °C
- Linéarité : 1 % typ.
- Temps de réponse : 3 µs

Boîtier : TO-92, Sortie : 0,2 V/1,5 mA



Numéro de commande	Magnetic-Range	Sensibilité
SS 496 A1 2,06	±84 mT	2,5 mV/G
SS 495 A 1,18	±67 mT	3,125 mV/G
SS 495 A1 3,19	±84 mT	3,125 mV/G

### Capteur radiométrique, linéaire, SMD

**Honeywell**

- Tension de fonctionnement : 2,7...6,5 VDC
- Consommation de courant : 10 mA
- Température de fonctionnement : -40...+100 °C
- Linéarité : 1 % typ.
- Temps de réponse : 3 µs

Boîtier : SOT-89, Sortie : 1,0 V/1,5 mA



Numéro de commande	Magnetic-Range	Sensibilité
SS 59 ET 1,35	±65 mT	1,0 mV/G

### Capteur effet Hall, numérique, SMD

**Honeywell**

Capteurs effet Hall numériques compensés en température



Unipolaire, boîtier : SOT-89, Sortie : 0,4 V/20 mA

Numéro de commande	Magnetic-Range
SS 543 AT 1,89	7,5...18,0 mT
SS 549 AT 2,51	23,5...39,0 mT

## Détecteur de proximité inductif

**CONTRINEX**

Excellents capteurs inductifs pour détecter sans contact les pièces métalliques dans le quotidien de l'automatisation. Idéal pour une utilisation dans des conditions environnementales difficiles.

Extrait de notre gamme. Vous trouverez la gamme complète à l'adresse suivante :

<http://rch.lt/kj>



Numéro de commande	Ø x longueur	Distance de commutation	Pose
DWAD 509 M8 390	76,89	M8 x 45 mm	0...4 mm Câble de 2 m
DWAD 623 M5	40,25	M5 x 25 mm	1,5 mm Câble de 2 m
DWAD 617 M12	32,52	M12 x 50 mm	4,0 mm Câble de 2 m
DWAS 603 M8 129	40,59	M8 x 29 mm	1,5 mm Prise M8 3 pôles
DWAS 713 M8 001	63,45	M8 x 60 mm	6,0 mm Prise M8 3 pôles
DWAS 603 M12	28,07	M12 x 60 mm	2,0 mm Prise M12 4 pôles
DWAS 503 M12	41,01	M12 x 60 mm	6,0 mm Prise M12 4 pôles

### Testeur capteur jusqu'à 100 mA, LED, Vibreur, micro-USB

**CONTRINEX**

- Contrôles de champs rapides différents types de capteurs
- Accu



INDUCTIVE, PHOTOELECTRIC, CAPACITIVE, ULTRASONIC

Numéro de commande : ATE 0000 010 45,34

### Capteur d'humidité 0...100 % rF, TO 39

**B+B SENSORS**

Capteur d'humidité numérique avec interface IC dans le boîtier TO39 résistant à la pression (jusqu'à 16 bars), convient pour les mesures du point de rosée.

Numéro de commande : HYT 939 26,39 TO 39



### Capteurs de pression, UsV 4,75-5,25

**freescale** semiconductor

Numéro de commande	PR kPa	Sens mV/kPa	Lin %
MPX 5010DP	11,43	0 - 10	450 ±5
MPX 5050DP	13,78	0 - 50	90 ±2,5
MPX 5100DP	14,24	0 - 100	45 ±2,5
MPX 5500DP	8,91	0 - 500	9 ±2,5

### Capteurs à ultrasons

Récepteur et émetteur céramique à ultrasons de 40 kHz

Ø 9,9 mm, H 7,1 mm

Numéro de commande : MUS-40E 2,51 Récepteur  
MUS-40S 2,51 Emetteur



Prix du jour ! Prix à la date du : 25.04.2016

Prix en € hors T.V.A., les frais de transports  
reichelt elektronik, Elektronikring 1, 26452 Sande (D)

Modes de paiement internationaux:



Commander maintenant! [www.reichelt.fr](http://www.reichelt.fr)

Assistance téléphonique en anglais : +49 (0)4422 955-360