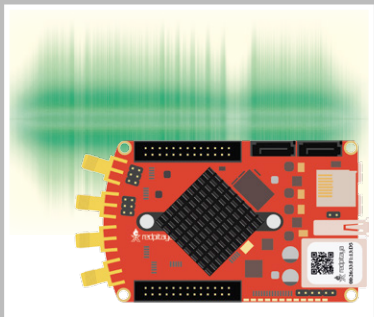


elektor

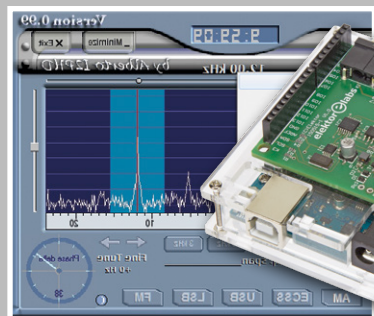
DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER



domotique
présentation succincte de
dix plateformes



**filtrer avec
Red Pitaya**
1^{ère} partie : filtres FIR



**SDR d'Elektor
réinventé (2)**
quel logiciel pour écouter
la radio ?

Swiss Pi

E/S 5 V

MLI 12 bits

RS485

servos

CAN 12 bits

horloge en temps réel

**couteau suisse
pour Raspberry Pi !**

émetteur FM Picowatt avec un BF961 en

Fetron • utiliser SmartScope depuis LabVIEW

• **minuscule récepteur FM** avec un ATtiny ou un

ATmega • raccorder un écran tactile à une carte

Raspberry Pi • **micro-ampli** à LM386 • Kickstarter & Co • **bouton**

radio pour lecteur multimédia (émetteur/récepteur NRF24L01+) • instruments
de mesure et d'essais (mégadonnées et IdO) • **nouvelle vie pour une balise NFC** (2)

**Dans
cette édition :**
4 projets du labo
3 projets de lecteur
NFC, IdO, Arduino,
RPI, LabView ...





Messe München

Connecting Global Competence

Planet **e**: Where the future begins.

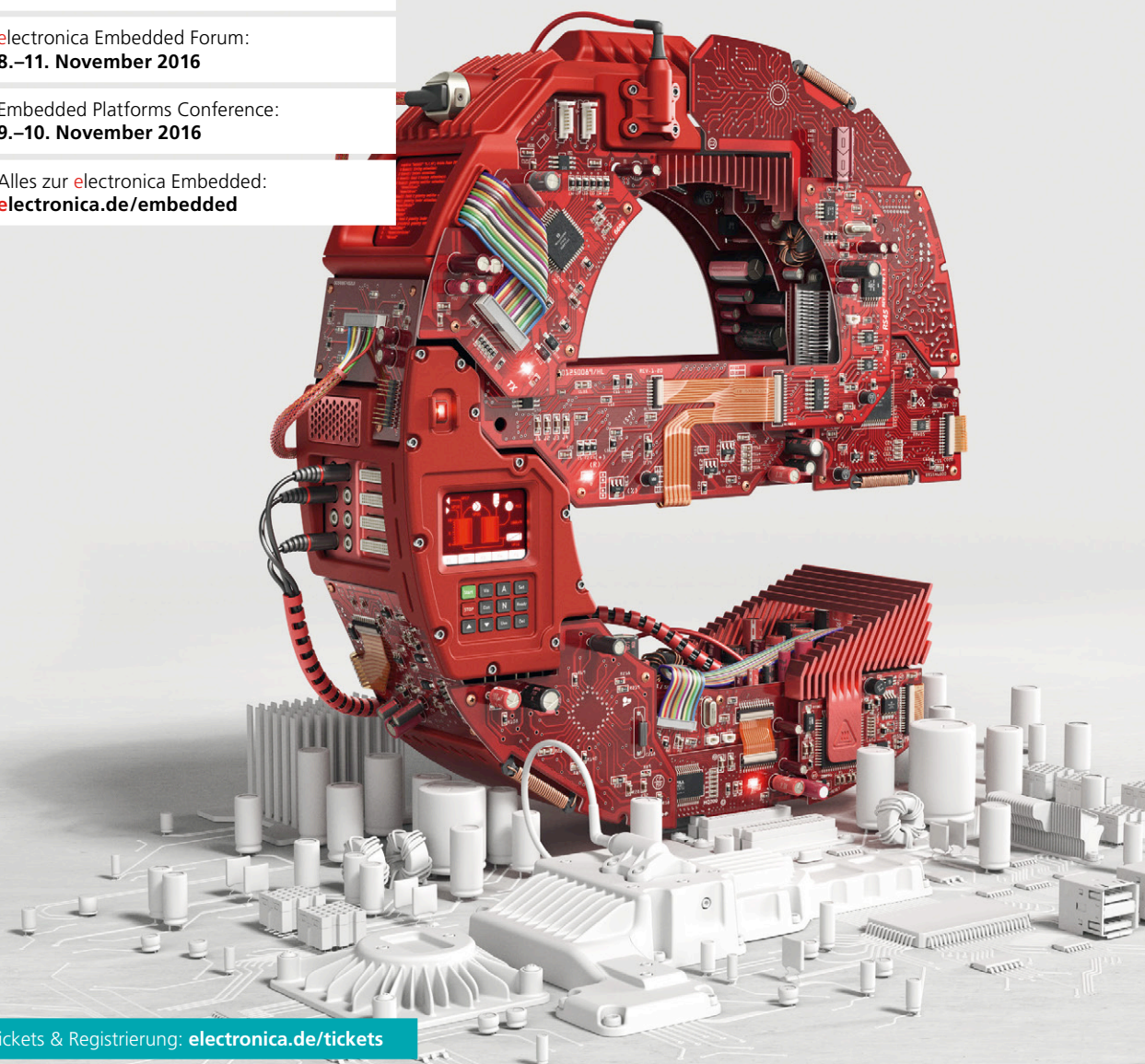
Embedded Solutions von morgen. Schon heute.

Ausstellungsbereich Embedded:
8.–11. November 2016

electronica Embedded Forum:
8.–11. November 2016

Embedded Platforms Conference:
9.–10. November 2016

Alles zur **e**lectronica Embedded:
electronica.de/embedded



Tickets & Registrierung: electronica.de/tickets

Weltleitmesse für Komponenten, Systeme und
Anwendungen der Elektronik

Messe München | 8.–11. November 2016 | electronica.de



electronica 2016

inside tomorrow

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

Certains circuits, dispositifs, composants, etc. décrits dans cette revue peuvent bénéficier de droits propres aux brevets; la Société editrice 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 editrice. La Société editrice 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 editrice 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 editrice 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 Senefelder Misset - Doetinchem
Distribué en France par M.L.P.
et en Belgique par A.M.P.



« Un moteur numérique... et toujours sans perte de puissance », c'est ainsi qu'une célèbre marque d'aspirateurs vante les mérites de ses récents modèles. Un moteur *numérique* ? Je ne comprends pas.

Un petit tour sur l'internet m'apprend que ce moteur n'a rien de révolutionnaire puisqu'il s'agit tout simplement d'un moteur sans balais*. Ce fabricant a donc rebaptisé *digital motor* ce qui est en fait un *brushless motor*. C'est la commande du moteur, assurée par un microcontrôleur, qui est numérique. Je vois d'ici les discussions cocasses dans les services commerciaux : les acheteurs vont penser que, pour ramasser la poussière, un aspirateur avec un moteur **sans balais**, ça le fait pas, comme on dit.

Dans ce cas précis, la traduction n'est peut-être pas en cause, mais, dans les traductions techniques, j'en lis parfois de bonnes et, de plus en plus souvent, de moins bonnes. Pour préparer ce magazine, un certain nombre d'articles sont traduits en français depuis trois autres langues (anglais, allemand, néerlandais). Les traductions sont lues, mises en pages, relues par la rédaction et les traducteurs pour vous proposer, nous l'espérons, des textes de qualité. En outre toute l'équipe de traducteurs s'efforce d'éviter anglicismes, barbarismes et autres amphigouris. Je profite de cet éditorial pour saluer leur travail de l'ombre, leur disponibilité, leur patience...

Bonne reprise à tous.

Mariline Thiebaut-Brodier

* Pour tout savoir sur les moteurs, lisez le livre « Les moteurs électriques expliqués aux électroniciens », ISBN 978-2-86661-194-1, écrit en (bon) français par Gérard Guihéneuf.

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, Pascal Duchesnes, 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)**
- 23 **les instruments de mesure et d'essais**
au service des mégadonnées et de l'IdO
- 26 **ElektorBusiness**
- 28 **labo d'Elektor**
- 30 **The Big Red 2017**
donner raison à la passion
- 59 **agenda**
septembre 2016
- 62 **l'e-choppe d'Elektor**
- 78 **des nouvelles du monde d'elektor**
- 82 **hexadoku**
casse-tête pour elektorniciens

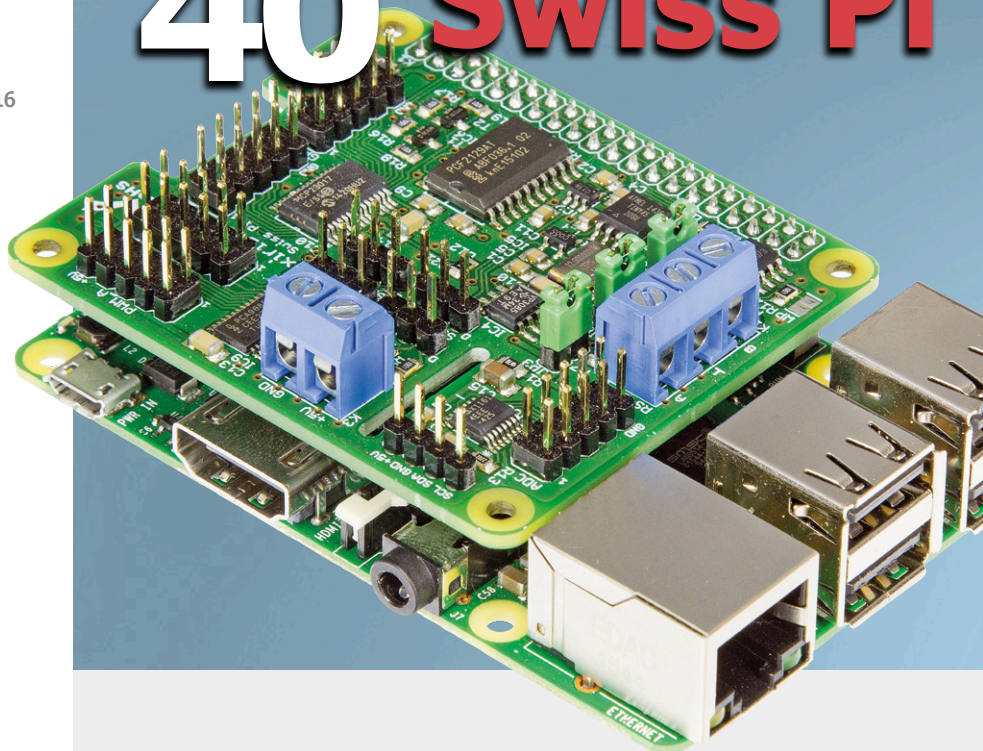
DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER

- 8 **bienvenue dans la section DÉCOUVRIR**
- 9 **nouvelle vie pour une balise NFC (2)**
outils de programmation
- 12 **domotique**
présentation succincte de dix plateformes

DÉCOUVRIR CRÉER PARTAGER

- 32 **bienvenue dans la section CRÉER**
- 33 **filtrer avec Red Pitaya**
1^{ère} partie : filtres FIR
- 38 **Swiss Pi**
couteau suisse pour Raspberry Pi
- 44 **émetteur FM Picowatt**
avec un BF961 en Fetron
- 46 **SDR d'Elektor réinventé (2)**
quel logiciel pour écouter la radio ?
- 50 **micro-ampli**
à vieux vin, autres neuves

40 Swiss Pi

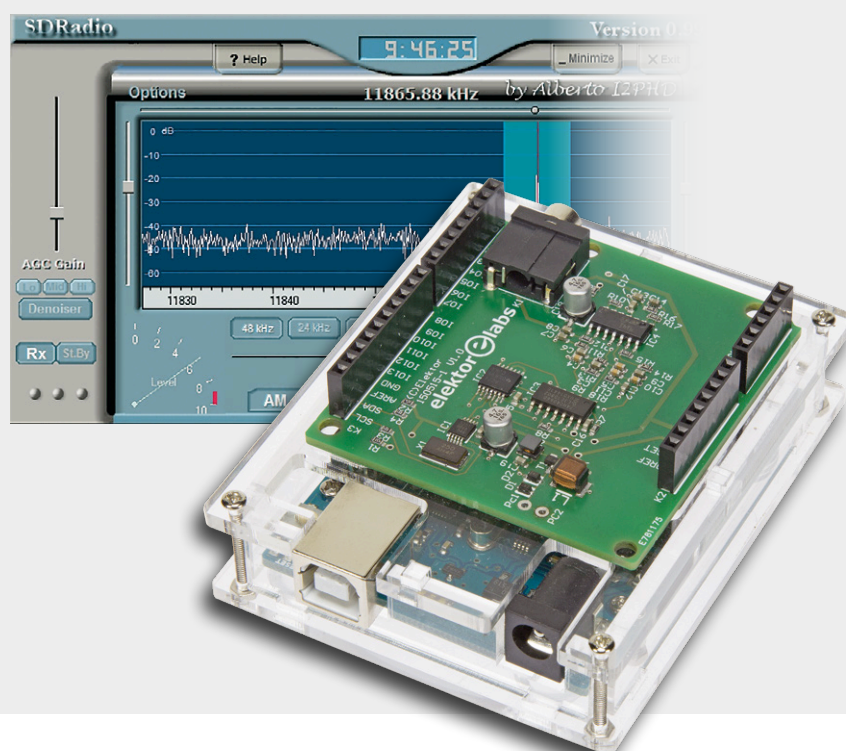


SDR d'Elektor réinventé (2)

QUEL LOGICIEL POUR ÉCOUTER LA RADIO ?

Quoi de plus saugrenu qu'une radio logicielle sans logiciel ? En outre depuis la création de ce récepteur, tant de variantes et de fonctions sont apparues qu'il est difficile de s'y retrouver. Alors, détaillons ici les étapes à franchir pour parachever le récepteur.

46



couteau suisse pour Raspberry Pi

L'ordinateur mono-carte Raspberry Pi est apparu au printemps 2012. Quatre ans plus tard, il est toujours très populaire. La fondation Raspberry Pi ne s'est pas endormie sur ses lauriers ; fin février 2016, elle a présenté au grand public la version 3. Si RPi rencontre un tel succès, c'est sûrement grâce à son connecteur GPIO à 40 contacts qui permet de raccorder facilement des extensions.



52 ma mini-radio

s'accorde à trois plateformes

57 suivant !

bouton radio pour faire avancer un lecteur multimédia

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

66 bienvenue dans la section PARTAGER

67 raccorder un écran tactile à une carte Raspberry Pi

facile ou difficile ?

68 NIDays - coupe de robotique RIO 2016

72 utiliser SmartScope depuis LabVIEW

grâce à un jeu de blocs VI spéciaux

76 comment financer votre projet ?

une solution : Kickstarter & Co



12

domotique

PRÉSENTATION SUCCINCTE DE DIX PLATEFORMES

Plusieurs concurrents se disputent le marché de la domotique en proposant différents systèmes et protocoles de communication. En voici un aperçu pour tous ceux qui s'intéressent à l'habitat intelligent.

bientôt sur ces pages

Le prochain numéro combinera comme toujours théorie et pratique pour apprendre, concevoir et partager une électronique qui étonne.

Extrait du sommaire du prochain numéro :

- ABC des CA/N - sigma-delta
- Interface Elektor mbed
- AxiCat: USB vers I²C/SPI/UART/1-Wire
- Relais Bluetooth
- Platine de commande LEGO® pour Raspberry Pi
- Cours intensif d'assembleur 2.1 (3) - communication I²C et SPI
- Commande Windows Phone pour Arduino par USB et Bluetooth
- Encre électronique (e-paper)
- etc.

Sous réserve de modification.

Le numéro d'octobre 2016 paraîtra le 21 septembre 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



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



Elektor PCB Service : gravure à la demande de vos circuits imprimés, en un ou plusieurs exemplaires. www.elektorpcbservice.com



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



Elektor Academy : l'apprentissage par la pratique au travers de webinaires, séminaires, ateliers, DVD... www.elektor.fr



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



Elektor TV : présentations, comptes-rendus, déballage et évaluation de produits. Pour y voir plus clair. 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

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

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

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

79

pays

247031

membres actifs

1034

experts & auteurs

485

publications

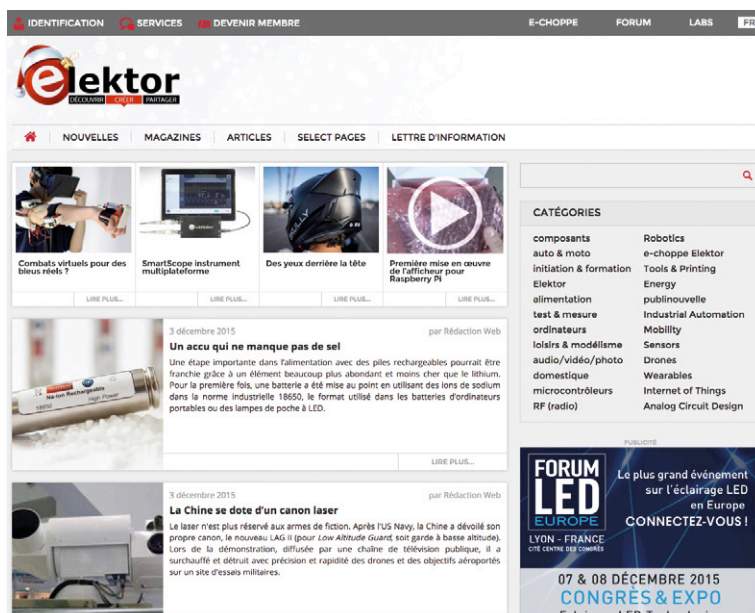
235102

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.



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

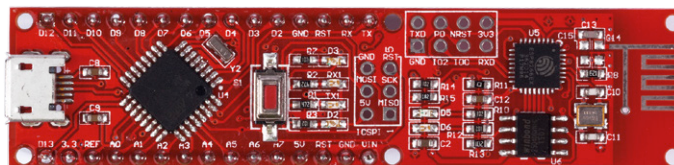


bienvenue dans la section **DÉCOUVRIR**

Jens Nickel (Elektor)

Premiers contacts avec la carte Pretzel

Dans un précédent éditorial de la section DÉCOUVRIR [1], je vous avais prévenu de mon intention : mon voyage initiatique à travers l'IdO passerait obligatoirement par la carte Wi-Fi Pretzel présentée par Fabian Kainka. Cette petite carte, comme beaucoup d'autres, repose sur deux composants astucieux et popu-



lares chez les faiseurs (*makers*) : une puce WLAN ESP8266 que l'on peut piloter avec des commandes AT via une interface série, ainsi qu'un ATmega328, programmé d'avance avec un chargeur d'amorçage Arduino. On peut se lancer avec l'EDI Arduino et un câble micro-USB, c'est ce que j'ai fait par un jour de congé pluvieux.

Comme moi, vous savez que si quelque chose doit clocher, ce sera certainement avec le réseau. Mais ici tout a bien marché et j'ai été surpris par la vitesse à laquelle j'ai pu me connecter à cette carte par le réseau domestique. Avec des commandes simples introduites sur un programme de terminal, j'ai pu « jouer au navigateur » et interroger en long et en large un serveur Internet en code HTML. Après quoi, j'ai fait envoyer des caractères par la carte Pretzel à mon PC qui les a reçus avec un serveur TCP de mon propre cru. Vous retrouverez tout cela ici : www.elektormagazine.fr/tags/mon-voyage-dans-le-nuage.

Capteurs pour les nuls

Aujourd'hui même, j'ai encore téléphoné au père de Fabian, qui n'est autre que Burkhard Kainka. J'y passe volontiers du temps, parce que quand la conversation tourne sur les centres d'intérêt de Burkhard dans le monde de l'électronique, souvent, de nouvelles idées nous viennent en tête. Je suis d'avis, par exemple, que les futurs projets électroniques se focaliseront davantage sur des combinaisons de modules matériels existants et que c'est la sophistication du logiciel qui fera la différence. Savoir ce que les composants individuels font au juste et pourquoi devient secondaire, mais pas forcément superflu. À ce sujet, Burkhard entame une petite série dans laquelle il explique comment réaliser des applications de mesure avec les 35 capteurs de l'*Elektor Sensor Kit* pour Arduino [2]. Nous sommes tombés d'accord sur le fait qu'il ne doit pas se contenter de décrire le logiciel, mais aussi détailler les circuits des petites cartes de capteurs. Je me réjouis déjà de lire cette série que vous trouverez dans les pages de cette section.

La jungle de la domotique

La domotique a le don de faire briller les yeux de nos lecteurs. Quand on y met du temps et du savoir-faire, on peut réaliser de fond en comble son propre système. C'est ce qu'a fait notre lecteur néerlandais Hennie Spaninks et il a réussi à fonder une communauté opérante qui y contribue par des solutions découvertes personnellement (voyez ici : www.elektormagazine.fr/labs/internet-of-things-gateway-and-end-nodes), nous en rendrons compte prochainement dans ce magazine.

La plupart de nos lecteurs qui veulent automatiser leur maison ou leur logement partent en fait de modules préexistants. Ils n'ont que l'embarras du choix, parce qu'il existe sur le marché une quantité de systèmes qui ne sont malheureusement pas compatibles entre eux. Notre pigiste Rolf Gerstendorf a relevé le défi de se frayer un sentier dans cette jungle. Dans cette section DÉCOUVRIR, il propose dix systèmes différents de domotique. Il a porté son attention entre autres sur la mesure dans laquelle ces systèmes restent ouverts à des extensions et développements personnels. ◀

(160070 – version française : Robert Grignard)

Liens

[1] Édito de la section « découvrir », Elektor, 04/2016

[2] Kit de capteurs pour Arduino : www.elektor.fr/arduino-sensor-kit

nouvelle vie pour une balise NFC (2)

outils de programmation

Patrick Gueulle (France)

Poursuivons nos expérimentations autour de notre balise NFC de type 4, ST25TA02K, en nous penchant sur les différents moyens qui permettent de lire et écrire dans sa mémoire à l'aide de lecteurs PC/SC « sans contact ». Depuis le simple enchaînement de commandes « APDU » à l'aide d'un éditeur de script sous Windows ou Linux, jusqu'à la compilation de véritables petites applications exécutables, ces méthodes pourront être extrapolées à toutes sortes d'autres cartes à puce...



Exécuter des scripts

Il existe une foultitude de petits outils capables d'envoyer des commandes (APDU) à une carte à puce (avec ou sans contact) et de récupérer sa réponse, bien souvent offerts par les fabricants de lecteurs.

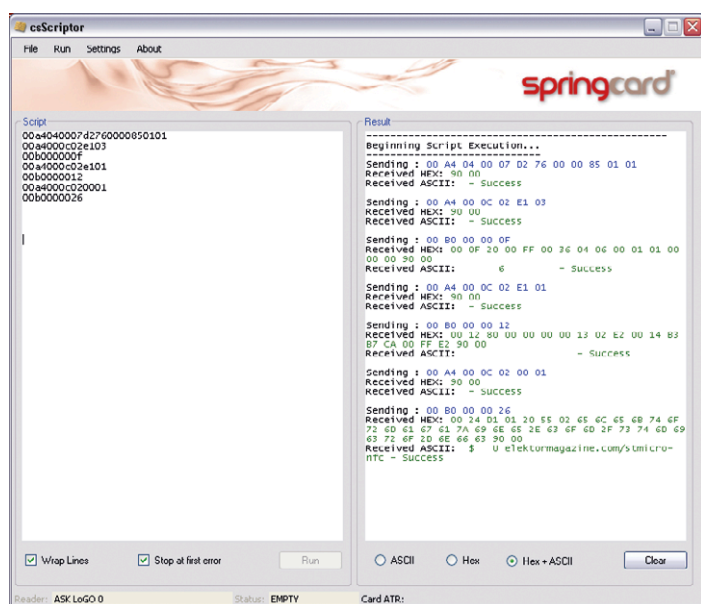


Figure 1. Exploration de la mémoire de la balise NFC avec csScriptor sous Windows. On voit que la balise renvoie 9000h si la commande de sélection a réussi.

Renouveler maintes et maintes fois l'enchaînement de plusieurs commandes (parfois complexes) lors de la mise au point de scénarios de lecture/écriture devient très vite fastidieux.

Le principe du « script » consiste à écrire (et éventuellement sauvegarder) une liste de commandes qu'un outil approprié pourra « rejouer » à volonté, avec ou sans modifications. C'est sensiblement le principe d'un langage informatique « interprété ».

Sous Windows, notre coup de cœur est pour l'excellent **csScriptor** inclus (avec d'autres « pépites ») dans le kit de développement *QuickStart for PCSC*. Gratuit, il fonctionne sans problème avec les lecteurs PC/SC des marques concurrentes !

Sous Linux, c'est plus compliqué car il faut commencer par installer le support des lecteurs PC/SC (l'incontournable *PCSC Lite*) et se procurer un lecteur pour lequel il existe un pilote approprié (par exemple l'ACR 122). Cela fait, l'éditeur de script (toujours gratuit) **Gscriptor** pourra facilement être installé. Dans un cas comme dans l'autre, un script de seulement quelques lignes suffit pour explorer la mémoire de notre balise NFC :

```
00A4040007D2760000850101
```

```
[sélection de l'application NDEF]
```

```
00A4000C02E103[sélection du Capability Container]
```

```
00B000000F [lecture]
```

```
00A4000C02E101[sélection du fichier système]
```

```
00B0000012 [lecture]
```

```
00A4000C020001[sélection NDEF]
```

00B0000002 [lecture de la longueur]

00B0000224 [lecture de 24h octets]

A2B00002FE

Après l'indispensable sélection de l'application NDEF, ce script sélectionne et lit successivement :

- le « *Capability Container* » (E103h), les caractéristiques de la balise
- le fichier système (E101h)
- et enfin le message NDEF (0001h), intégralement (A2B00002FE) ou en partie (00B0000224), après en avoir indiqué la longueur (00B0000002).

Bien entendu, des variantes sont possibles (**fig. 1** et **fig. 2**) ! Non modifiable, le *Capability Container* (CC) contient surtout des informations que nous connaissons déjà (mais qu'un programme applicatif peut ignorer) comme la taille de la mémoire et l'identifiant du fichier NDEF. Alors, passons !

Le fichier système (propre à STMicroelectronics) est plus intéressant, dans la mesure où il est en partie modifiable et héberge un compteur de lectures (réinitialisable) de trois octets (du 5^e au 7^e). Le quatrième octet, lui, permet de mettre en service ce compteur (désactivé par défaut) en positionnant à 1 son bit de poids 2. Notez qu'une désactivation ultérieure de ce compteur le remet à zéro.

Deux petits scripts très simples permettent de jouer à volonté, et de façon entièrement réversible, avec cette fonction riche d'applications pratiques.

Remise à zéro / désactivation, puis activation :

00A4040007D2760000850101

00A4000C02E101

00D600030100

00D600030102 [D6h = écriture, 03h = offset,
01h = longueur, 02h = valeur]

Lecture :

00A4040007D2760000850101

00A4000C02E101

00B0000403

Piloter un lecteur autonome

Pour des applications de terrain, il n'est pas toujours nécessaire de monopoliser un ordinateur et un lecteur PC/SC, une simple carte à microcontrôleur peut amplement suffire.

Dès lors, un lecteur autonome, accessible en RS232C et/ou USB comme le TagTracer 14443 inclus dans les kits BasicCard à double interface (carte avec ou sans contact) fera merveille (**figure 3**).

Il est facile d'obtenir, avec un simple logiciel *Télétype* comme PuTTY, les mêmes résultats qu'en exécutant un script. Simplement, des préfixes spéciaux doivent précéder les commandes, tandis que quelques tâches d'initialisation sont à prévoir (**figure 4**).

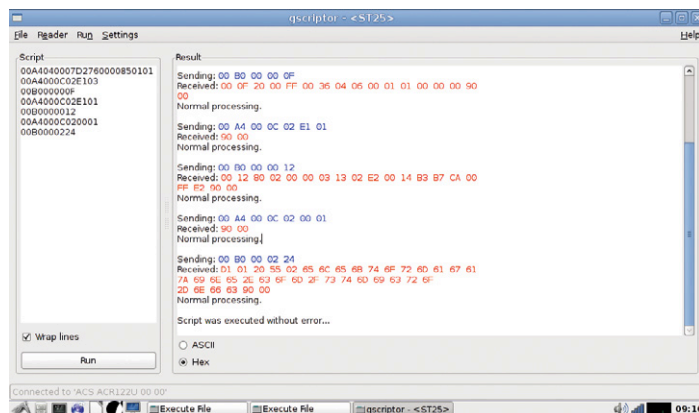


Figure 2. Exploration de la mémoire de la balise NFC avec Gscriptor sous Linux. On retrouve le même contenu (fichier système, NDEF) que sous Windows.

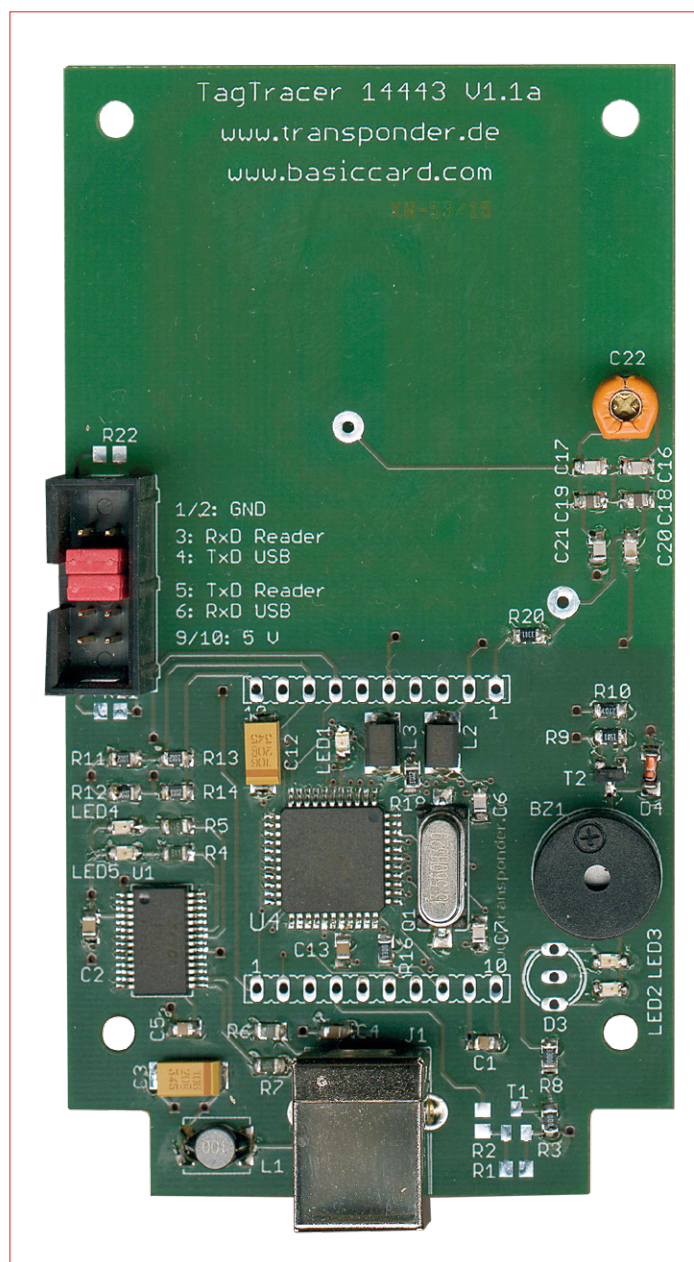


Figure 3. Lecteur/encodeur autonome, le TagTracer 14443.

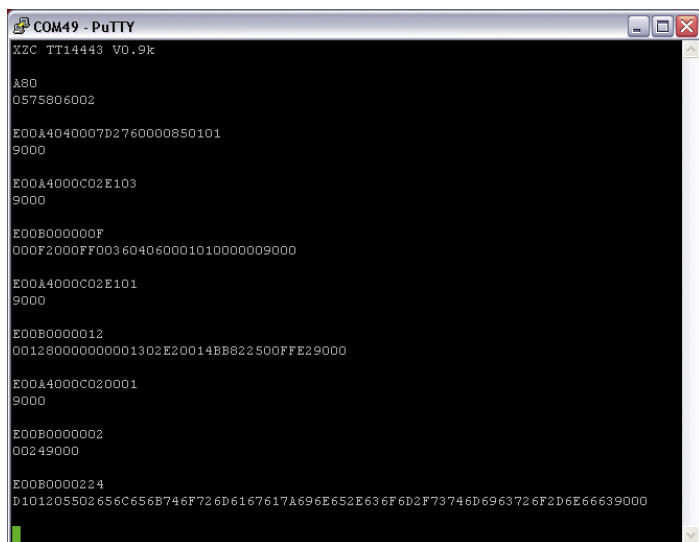


Figure 4. L'utilitaire PuTTY permet d'obtenir les mêmes résultats qu'avec un script.

Développer de véritables applications Windows

Le kit logiciel (gratuit) de la BasicCard [2] (**figure 5**) a cela d'extraordinaire qu'il permet d'écrire, en quelques lignes de Basic guère plus compliquées qu'un script, un code source qui pourra être compilé en un véritable exécutable Windows (mode console).

Voici, par exemple, comment afficher (après conversion en décimal, ce que ne saurait pas faire un simple script) l'état du compteur de la balise [3] ; les commentaires entre [] expliquent les différentes commandes :

```
#Include CARDUTIL.DEF
[chargement de la bibliothèque d'utilitaires]
Declare Command &H00 &HA4 SEL($$,Disable Le)
[définition de la commande de sélection]
Declare Command &H00 &HB0 RBIN(Lc=0,C$)
[définition de la commande de lecture]
Public NFC$ As
    String*7=&HD2,&H76,&H00,&H00,&H85,&H01,&H01
Public SYS$ As String*2=&HE1,&H01
ComPort=101
[choix du lecteur PC/SC à utiliser]
CLS:Call WaitForCard:ResetCard(ATR$)
[attente de la balise, puis RàZ]
Call SEL(P1P2=&H0400,NFC$)
[sélection de l'application NDEF]
Call SEL(P1P2=&H000C,SYS$)
[sélection du fichier système]
Print:Print "CTR : ";
Call RBIN(P1P2=&H0006,Lc=0,C$,Le=1)
[lecture de l'octet de poids faible du compteur]
C=ASC(C$)
Call RBIN(P1P2=&H0005,Lc=0,C$,Le=1)
[lecture de l'octet de poids intermédiaire
```

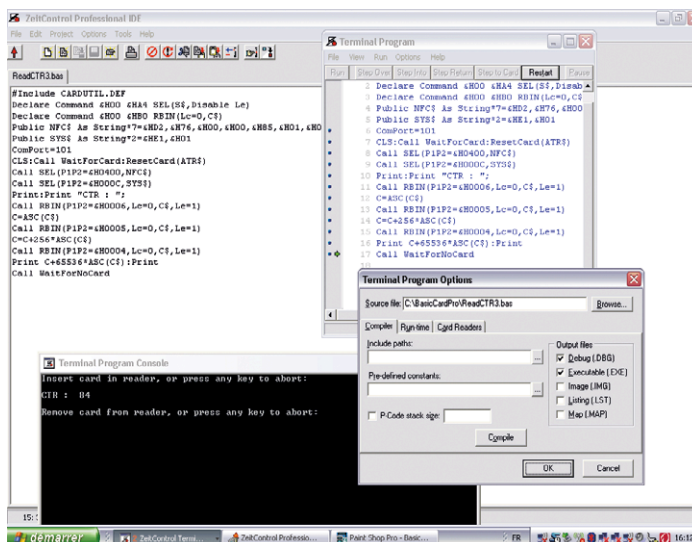


Figure 5. Quelques lignes de Basic pour lire le compteur de la balise.

du compteur]

C=C+256*ASC(C\$)

[addition décimale des deux octets de poids faible]

Call RBIN(P1P2=&H0004,Lc=0,C\$,Le=1)

[lecture de l'octet de poids fort du compteur]

Print C+65536*ASC(C\$):Print

[addition décimale de l'octet de poids fort,

puis affichage]

Call WaitForNoCard

[attente du retrait de la balise]

Attention : avec les lecteurs bimode Omnikey 5321 et similaires, il faut changer ComPort=101 en ComPort=102.

Il est très important de bien comprendre que malgré cette étonnante simplicité, il s'agit là de programmation informatique à part entière, et non plus seulement d'enchaînement de commandes à destination de la balise, ce qui ouvre des horizons quasiment illimités !

(160040-I)

Liens

[1] QuickStart for PCSC de Springcard : www.springcard.com

[2] Kit de développement BasicCard : www.basiccard.com

[3] Source et exécutable pour afficher l'état du compteur : www.elektormagazine.fr/160040

domotique

présentation succincte de dix plateformes

Rolf Gerstendorf

Plusieurs concurrents se disputent le marché de la domotique en proposant différents systèmes et protocoles de communication. En voici un aperçu pour tous ceux qui s'intéressent à l'habitat intelligent.

Il est passé le temps où le commun des mortels associait domotique à réfrigérateur astucieux capable de commander lui-même du beurre sur l'internet. Entre-temps, grâce aux progrès fulgurants de la technique, la « maison intelligente » s'est dotée d'applications plus sérieuses (technique de sécurité et de surveillance, pilotage du chauffage, de la climatisation

et des multimédias via l'internet, commande de l'éclairage), se libérant ainsi du monde de la science-fiction pour entrer dans celui des architectes, maîtres d'ouvrage et bricoleurs créatifs.

De nombreuses entreprises en tirent parti en lançant sur le marché leurs systèmes et leurs appareils. En un rien de temps, une multitude de protocoles naturellement

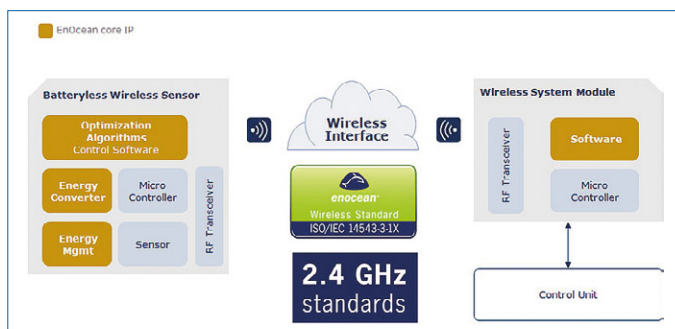
incompatibles s'est établie. Les modes de transmission, processus, normes de sécurité, principes, plateformes, systèmes se distinguent par leur disparité ; certains sont fermés, d'autres permettent, voire même encouragent, la création de ses propres logiciels ou composants matériels. Le domoticien en herbe doit donc tout d'abord s'orienter dans cette jungle.



EnOcean

EnOcean est un concepteur de technologie radio sans pile. Cette société fabrique et distribue des modules radio à autarcie énergétique, utilisés dans l'immotique, la maison connectée et l'internet des objets (IdO). Les solutions EnOcean reposent sur des convertisseurs d'énergie miniaturisés à faible consommation énergétique et des normes radio, fiables, dans la bande de fréquences sub-GHz (radio EnOcean) ainsi que dans la bande de fréquences de 2,4 GHz (Zigbee ou le futur Bluetooth). La technologie EnOcean se caractérise par le fait que l'énergie requise pour alimenter les modules radio des équipements terminaux est produite sur place à partir de mouvements, de la lumière ou d'écarts de température.

Pour que cela fonctionne, l'énergie convertie doit être exploitée avec parcimonie. Le matériel doit être économe en énergie, la gestion énergétique bien étudiée et la communication efficace en termes d'énergie. L'alliance EnOcean offre un écosystème évolutif de capteurs et d'interrupteurs radio sans piles dans la bande de fréquences sub-GHz et garantit l'interopérabilité des produits qui reposent sur la norme radio EnOcean. Cette dernière se concentre sur la commande d'éclairage et le pilotage du chauffage et de la climatisation.



Centrale : parmi les fabricants qui misent sur la norme radio EnOcean, certains offrent différentes passerelles sous forme de montages sur rail ou de dispositifs autonomes. Non seulement ces appareils établissent une connexion TCP/IP au routeur et à l'internet, mais ils permettent également la connexion à d'autres systèmes de bus/protocoles tels que KNX, DALI ou ModBus.

Appareils : EnOcean développe et distribue des modules radio sans piles ce qui permet aux fabricants d'offrir des solutions à base de capteurs radio fiables ne nécessitant aucune maintenance, p. ex. des interrupteurs avec ou sans chiffrement, des contacts magnétiques, des détecteurs de présence et des capteurs de température. Sous forme de « composants », les différents convertisseurs d'énergie et les modules radio sont intéressants si l'on veut créer ses propres applications. Il existe près de 150 fabricants de produits qui proposent des équipements terminaux (eurocompatibles) répondant aux normes EnOcean. Sur le site de l'alliance EnOcean, on trouve une multitude d'interrupteurs de tout genre ainsi que des capteurs radio (température, position, présence, lumière, humidité, climatisation, eau), mais aussi des actionneurs (variateurs, relais, servomoteurs et régulateurs d'ambiance).

Applis : le logiciel qui permet de piloter une installation EnOcean par l'intermédiaire d'un ordinateur local ou à distance au travers d'appareils intelligents est connecté aux passerelles des différents fabricants.

Protocole/Sécurité : certes, le protocole requiert peu d'énergie, mais il fait preuve de lenteur et ne convient pas aux radiogrammes friands de données. Dispositifs à courte portée (SRD) à 868 MHz, sans chiffrement ou dotés d'un chiffrement AES128, mais uniquement pour des applications susceptibles d'avoir des répercussions sur la sécurité.

Développement : EnOcean propose deux kits de développement. Le kit de démarrage ESK 300 qui illustre le principe de la « récolte d'énergie » et la technique radio à faible consommation énergétique. Il comprend, entre autres, un module interrupteur, un capteur de température, un convertisseur d'énergie mécanique, un module radio, un émetteur-



récepteur USB/passerelle ainsi que le logiciel DolphinView Basic qui fonctionne sous Windows pour visualiser les radiogrammes.

Le kit EDK 350 quant à lui donne un aperçu de la puissante plateforme Dolphin. Il permet de développer des applications à autarcie énergétique. Le kit couvre la gamme complète de produits, de la récolte d'énergie à la solution toute faite, en passant par les modules radio. Pour créer ses propres applications, il suffit de télécharger DolphinStudio, DolphinView et DolphinAPI. Il est possible également de créer ses propres micrologiciels en se servant de l'IDE µVision® de la maison Keil.

En plus de ces deux kits de développement, le site regorge d'informations sur le système et les spécifications du matériel sans parler des tutoriels, notes d'application, logiciels et micrologiciels ainsi que versions de démonstration gratuites.

Avantages et inconvénients : système radio moderne, bien pensé, sans maintenance convenant à la domotique et à l'immotique ; site clair, produits bien documentés ; soutien au développement de projets propres. Concentration sur l'automatisation de l'éclairage, les applications liées au chauffage, la climatisation et la ventilation.

Internet : consommateur : www.enocean-alliance.org/de/produkte/, www.enocean-alliance.org/de/gebaeudespezialisten

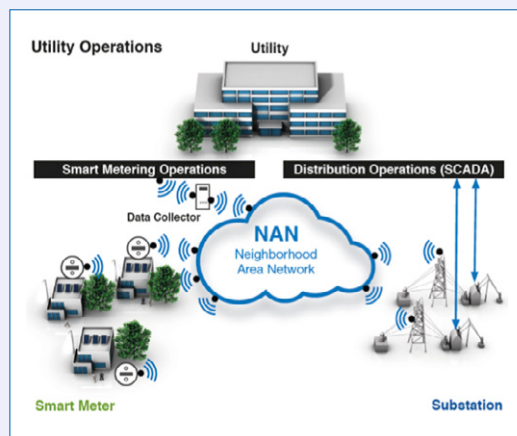
Développeur : www.enocean.com/de/support/

ZigBee

ZigBee est un protocole radio souple, particulièrement simple, utilisable, entre autres, dans le domaine de la domotique. Il est très efficace en termes d'énergie et convient parfaitement aux applications requérant des appareils à piles. La mise en œuvre de profils notamment dans le domaine de la domotique, l'immotique, la santé ou la commande d'éclairage a permis de régler les problèmes de compatibilité qui existaient autrefois en raison de la disparité des normes et des spécifications. Ceci signifie que toutes les composantes qui répondent aux exigences d'un profil donné peuvent (et même doivent) communiquer entre elles. Les profils Home Automation, Light Link, Smart Energy et éventuellement Health Care sont intéressants pour la domotique.

Centrale : dans un réseau ZigBee, la centrale s'appelle un coordonnateur (ZC), elle représente la racine d'un réseau et en même temps la connexion à d'autres réseaux (p. ex. l'internet). Le coordonnateur contient également des informations importantes pour sécuriser le réseau. Les réseaux peuvent avoir une topologie en étoile, arborescence ou mailles. Les routeurs ZigBee (ZR) peuvent étendre la communication des réseaux maillés ou en arborescence au réseau tout entier. Les routeurs constituent les nœuds du réseau, ils permettent d'acheminer les paquets de données du coordonnateur aux équipements terminaux. Ces derniers ne sont pas des routeurs, ils sont là uniquement pour recevoir et envoyer des données.

Appareils : dans le domaine de la domotique, il y a environ 240 appareils certifiés ZigBee : passerelles, plateformes, hubs et terminaux. Comme les appareils ne sont décrits que de manière succincte, la liste ne peut servir que de point de départ pour chercher des fabricants de produits certifiés ZigBee. Elle ne contient aucune information complémentaire et parfois il n'y a même pas de liens vers l'internet. En cherchant dans la liste des fabricants, on tombe sur une ribambelle d'appareils de types très différents.



Protocole/Sécurité : homologué à l'échelle du globe, le système ZigBee utilise la bande 2,4 GHz pour la communication. Cette dernière chiffre les données en mode CCM en se servant de l'algorithme AES-128 conformément au protocole IEEE802.15.4.

Développement : la norme ZigBee est totalement ouverte ce qui la prédestine à des projets « maison ». Il existe un nombre infini de plateformes conformes, contrôleurs et cartes pour les applications les plus diverses (voir produits/plateformes compatibles). Sur leurs sites, les fabricants de ces plateformes offrent, entre autres, des piles de

protocoles à télécharger ainsi que des kits de développement. Toutes les normes des applications, les spécifications de réseau et les présentations techniques relatives aux normes se trouvent sur le site ZigBee.

Avantages et inconvénients : protocole ouvert avec un grand nombre de possibilités de développement et d'outils, à condition d'avoir de l'expérience dans la programmation des microcontrôleurs. Recherche des appareils laborieuse et compliquée. Certes la bande ISM 2,4 GHz est homologuée à l'échelle du globe, en revanche elle est également utilisée par WLAN, Bluetooth, les babyphones et produits similaires.

Internet : consommateur : www.zigbee.org

Développeur : www.zigbee.org/zigbee-for-developers

Z-Wave

Même si la norme radio Z-Wave a été développée au Danemark, l'alliance Z-Wave a son siège aux États-Unis. L'alliance comprend 40 entreprises membres qui offrent un grand nombre d'appareils (plus de 1 500) ainsi que des contrôleurs. Le système Z-Wave est idéal pour les installations « maison » (c'est important puisque dans la plupart des pays européens il n'y a pas d'installateurs Z-Wave). Il existe une multitude d'ouvrages en allemand et en anglais ainsi que des tutoriels sur la conception et l'installation du profil domotique Z-Wave.

Centrale : il y a toute une série de concentrateurs évolués, hubs, passerelles et contrôleurs domotiques axés sur l'informatique en nuage (susceptible

d'engendrer des coûts). Au moment de choisir, vérifiez que l'appareil répond bien aux normes européennes. Les trois centrales de la maison HomeSeer (États-Unis) suscitent la curiosité. Le boîtier du petit HomeTroller S2 abrite les prises USB d'un Raspberry Pi 2, voilà qui fait plaisir ! Les contrôleurs diffèrent sur les pilotes et les modules d'extension pour certaines fonctions (et donc sur les prix). Certaines fonctions existent sous forme d'options qui peuvent être achetées séparément. La gamme comprend quelques clés USB qui permettent de relier des contrôleurs externes à un réseau Z.

Appareils : les appareils sont soumis aux mêmes contraintes que les contrôleurs. Certains produits ne conviennent pas au marché européen

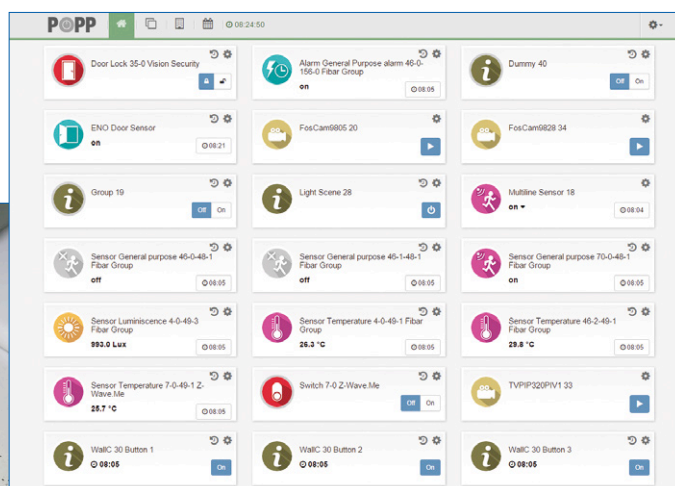
étant donné que la fréquence SRD doit concorder. Il n'est pas facile de trouver les appareils qui conviennent : sur le site international, les appareils peuvent être classés selon les fonctions, mais pas selon la fréquence SRD. Les appareils à piles peuvent être classés selon les groupes de fonctions p. ex. éclairage/variation, interrupteur/bouton-poussoir, dispositifs de sécurité, capteurs, thermostats de chauffage, commandes de volets. Il existe également des fonctions singulières plutôt intéressantes, p. ex. compteurs d'énergie, télécommandes, alertes inondation, vannes de conduite d'eau, produits d'éclairage avec radiocommande et bien plus encore.



Puces : comme contrôleur principal, on se sert d'un système sur puce Z-Wave (SoC) spécial qui comprend l'émetteur-récepteur, un microcontrôleur compatible 8051 ainsi qu'un grand nombre d'interfaces de périphériques.

Applis : en général, les contrôleurs, plateformes et passerelles sont équipés d'applications pour ordiphones et logiciel PC pour la commande, le contrôle et la configuration.

Protocole/Sécurité : Z-Wave utilise la modulation par déplacement de fréquence (FSK) avec un écart de fréquence de 20 kHz. Les données sont transmises sur différentes fréquences à un débit pouvant aller jusqu'à 100 kbit/s. La puissance sans fil est limitée à quelques milliwatts alors que la bande SRD 868 MHz avec ses 25 mW permettrait une puissance d'émission plus élevée. Cependant, la portée est de 40 m dans les bâtiments. Le codage de lignes normalisées permet de protéger la communication et le système d'authentification (TAN) et de sécuriser les applications liées à la sécurité telles que les serrures de portes ou les lucarnes électroniques.



Développement : pour les développeurs, il existe un kit de développement pour passerelles Z/IP (composé d'un contrôleur de pont USB, d'une carte électronique de type ordinateur monocarte de faible puissance, de bibliothèques C, d'un module d'extension API et des applications Z-Wave) et un kit pour créer du matériel et du logiciel pour les équipements terminaux (kit matériel, kit régional et outils de développement de logiciel). En outre, Z-Wave propose quelques modules matériels.

Avantages et inconvénients : le système Z-Wave offre un grand choix d'appareils bon marché, faciles à monter grâce aux nombreuses aides proposées. Le développement d'équipements terminaux et de contrôleurs est également bien soutenu.

Par contre, sur le site Z-Wave la description des appareils et des centrales est plutôt lapidaire, les informations sont éparpillées dans les fiches techniques des fabricants respectifs. De plus, la sélection des dispositifs radio à courte portée (SRD) est laborieuse.

Internet : consommateur : www.zwave.de/, www.z-wave.com

Développeur : <http://z-wave.sigmadesigns.com/>

Loxone

Loxone est une entreprise autrichienne qui propose un « système maison » complet pour la domotique. Le système filaire est prédestiné aux nouvelles installations électriques, mais il peut être étendu à la technologie sans fil. Le système Loxone permet également de convertir une installation électrique simple en système intelligent.

Centrale : Loxone propose deux serveurs centraux, un mini-serveur pour les nouvelles installations et un serveur pour moderniser les anciennes. Le système d'exploitation est un OS propriétaire qui intègre un serveur web. Le serveur peut être relié soit par l'intermédiaire d'un routeur, soit directement à un ordinateur, et configuré en se servant du programme Loxone Config pour Windows. Le mini-serveur est logé dans un boîtier pour rail. Il ressemble à un automate programmable et possède huit sorties à relais (250 V/5 A), huit entrées numériques (24 V) et quatre

entrées et sorties analogiques (de 0 à 10 V). Étant donné que les appareils sont reliés par câbles, il est pratiquement impossible de les intégrer dans une installation existante. Les rénovations/extensions sont réalisées avec d'autres produits radio proposés par l'entreprise. Le serveur dispose d'une prise LAN pour la connexion au routeur ainsi que d'une interface KNX/EIB pour la connexion aux capteurs KNX.

Extensions : le serveur peut être doté d'extensions montées également sur rail. Il existe de nombreuses extensions p. ex. pour le pilotage de variateurs DALI/DMX, d'interfaces (ModBus pour le compteur d'énergie, RS232/485, 1-Wire, IR), ainsi que des extensions avec des E/S universelles, à relais ou numériques. Deux extensions permettent d'équiper le serveur d'une liaison radio (Loxone Air pour 128 appareils ou EnOcean pour respectivement 128 capteurs/actionneurs), ce qui est

particulièrement intéressant lorsqu'on souhaite procéder à une mise à niveau ou à des extensions. Tree Extension (maille) permet de répartir les appareils Tree sur plusieurs branches et donc de réduire le câblage au strict minimum.

Le serveur et les extensions (ainsi que la ou les alimentations électriques) prennent beaucoup de place dans le tableau électrique de sorte qu'il est indispensable d'avoir sa propre armoire de commande pour abriter le système Loxone.

Le mini-serveur Go est équipé d'un module radio (SRD 868 MHz) ce qui le rend plus approprié pour les rénovations. Le serveur permet de commander sans fil les appareils Loxone Air. Certes, le raccordement filaire

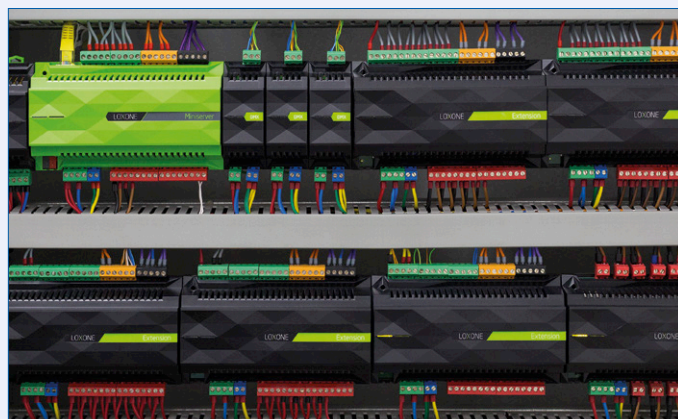
Le serveur musical intégré à Loxone constitue une particularité, car il ne sert pas uniquement à écouter de la musique, mais il peut signaler l'état du système par notifications vocales.

Applis : dans l'espace de téléchargement du site de Loxone, on trouve Loxone Config pour configurer le serveur sous Windows, mais aussi de nombreux exemples, des vidéos ainsi qu'une appli universelle pour piloter les appareils à partir de son ordiphone (iOS à partir de la version 7, Android à partir de KitKat). Pour l'architecte et le maître d'ouvrage, plusieurs fichiers Excel sont proposés pour concevoir et calculer le système de domotique Loxone.



des extensions (et donc de la commande de tous les appareils Loxone) est possible, en revanche il n'est judicieux que lorsque le routeur (qui doit être relié à l'aide d'un câble LAN) se trouve à un endroit différent.

Appareils : Loxone offre des équipements terminaux pour un grand nombre d'applications : éclairage, chauffage, contrôle d'accès, alarme, contrôle d'énergie, multimédia, sauna/piscine. Les appareils sont soit filaires, soit en liaison radio (Loxone Air). À l'heure actuelle, la nouvelle technologie Tree doit se contenter de boutons-poussoirs, d'un détecteur de mouvement et d'un servomoteur pour vannes de chauffage. Capteurs : mouvement, eau, contacts de porte/fenêtre, détecteurs de bris de verre, boutons-poussoirs, pression (intérieur/extérieur), température, serrure électronique (pour iButton de Maxim), fumée. Actionneurs : servomoteurs pour vannes de chauffage, relais, prises de courant intelligentes et émetteur-récepteur infrarouge.



Protocole/Sécurité : filaire ou via Loxone Air (SRD 868 MHz) avec un niveau de sécurité IPsec.

Développement : dans le domaine de la supervision, une interface API sophistiquée permet de créer ses propres logiciels et de les utiliser avec l'appli Loxone. Dans le domaine des modules de programmation, il est possible également d'utiliser le code Pico-C.

Avantages et inconvénients : transmission sûre sans fil, facilité d'extension grâce à la technologie radio SRD ; API pour créer ses propres logiciels et matériels.

Le programme de configuration ne fonctionne que sous Windows.

Internet : consommateur : www.loxone.com/dede/start.html

HomeMatic (eQ-3)

Sous la marque HomeMatic, le groupe allemand eQ-3 propose des produits domotiques pour piloter les fonctions les plus diverses dans une maison ou un appartement. Plus de 80 composantes HomeMatic peuvent ainsi être pilotées, contrôlées et configurées par radio (SDR), à partir d'une centrale.

Centrale : HomeMatic CCU2 constitue le cœur du système, elle permet de configurer, de piloter et d'utiliser tous les appareils HomeMatic connectés. La centrale communique avec tous les appareils par liaison radio (SRD 868 MHz). La centrale HomeMatic se pilote via un navigateur



web par l'intermédiaire de l'interface utilisateur WebUI qui offre une multitude de fonctions : configuration et pilotage des appareils HomeMatic, vérification de leur état, interconnexion directe des appareils qui doivent rester actifs sans la centrale ainsi que création de fonctions de commande complexes et de fonctions logiques personnalisées.

L'interface utilisateur est accessible au travers du réseau à condition d'être reliée à un serveur/routeur, mais il est possible également d'avoir un accès direct par l'intermédiaire d'une interface USB.

La centrale peut être dotée d'une passerelle WLAN pour l'accès via l'internet ainsi que d'un indicateur d'état indépendant du PC. Les com-



posantes peuvent être configurées au travers d'un adaptateur LAN ou sans fil, même sans la centrale.

Appareils : il existe plus de 80 appareils HomeMatic pour couvrir les domaines tels que chauffage/climatisation/météo (thermostats de radiateur, thermostats muraux, climats intérieur et extérieur), lumière (interrupteurs, boutons-poussoirs et variateurs), volets/stores (pilotage des moteurs), sécurité/surveillance (détecteurs de fumées, de mouvements, d'eau, alarmes, détecteurs d'inclinaison, d'impulsions), ouvrants

(contacts de portes/fenêtres, mécanismes de serrure, fenêtres motorisées), télécommandes.

Applis : pour la programmation et le pilotage, HomeMatic se sert de l'interface WebUI. Dans le menu « Logiciel et applications », on trouve des applis (payantes) proposées par des tiers, pour piloter et contrôler à partir d'un ordiphone (iOS, Android et Windows).

Protocole/sécurité : SRD 868 MHz avec chiffrement AES-128.

Développement : le programme « homeputer CL Studio für HomeMatic » qui fonctionne sous Windows facilite la programmation d'opérations de commande complexes dans le système HomeMatic. Ce logiciel allemand dont la macro-programmation se fait aussi en allemand permet de créer et personnaliser ses propres pages internet pour ordiphone/PC et des applis (iOS).

Dans l'espace de téléchargement du site eQ-3, on trouve des scripts et des spécifications sur les API et le langage de programmation d'HomeMatic.

Avantages et inconvénients : les systèmes HomeMatic sont facilement disponibles, bien documentés et relativement bon marché. Il existe un grand nombre d'appareils, mais il y a peu de solutions spéciales disponibles p. ex. un système d'éclairage personnalisé Hue®. Coûts supplémentaires cachés, dus aux applis et au logiciel de programmation.

Particularités : en plus du système HomeMatic décrit ci-dessus, il y a Homematic IP qui vient d'être lancé. Ce système ne comprend pas de centrale domestique, mais il relie néanmoins les appareils à un service d'informatique en nuage qui prend en charge la configuration des appareils grâce à un point d'accès et un routeur internet. La commande et le contrôle sont assurés au travers de différentes applis (iOS et Android). Pour l'instant, ces appareils sont disponibles uniquement dans les rubriques chauffage/climatisation et sécurité/surveillance. Des produits sont prévus prochainement pour le pilotage de l'éclairage et la commande des volets.

Internet : consommateur : www.homematic.com/, www.eq-3.de
Développeur : www.eq-3.de/service/downloads.html

digitalSTROM

digitalSTROM est un fabricant suisse spécialisé dans la domotique, qui propose de se servir des lignes électriques pour transmettre des données aux différentes composantes d'un réseau et à la centrale. Les appareils souhaités sont reliés au travers de « bornes intelligentes », qui ressemblent à des petits dominos électriques dotés d'une puce haute tension intégrée. Pas besoin de rajouter des lignes électriques. Les appareils IP intelligents sont tout simplement reliés par WLAN. Les unités de commande, entre autres le serveur et l'ampèremètre numérique dSM, sont logées dans des boîtiers pour rail. Elles peuvent être connectées dans le tableau électrique directement derrière le disjoncteur de puissance.

Centrale : chaque circuit électrique est doté d'un ampèremètre numérique (dSM), le maître du bus, qui prend en charge la communication avec les appareils et les bornes dS. Pour pouvoir piloter tous les circuits, les

dSM sont reliés entre eux par l'intermédiaire d'un bus bifilaire (RS485). Le serveur (en version pour rail ou en version externe) comme plateforme pour les applis dS est proposé en option, mais en fait il est indispensable. Il assure la connexion à l'internet (accès à distance à partir d'un PC ou d'un ordiphone), mais aussi l'accès au réseau local pour configurer les applications dS. Le serveur est relié aux ampèremètres numériques dS par l'intermédiaire de l'interface RS485. Pour parer aux perturbations du courant porteur, on se sert d'un filtre réseau.

Appareils : pour raccorder et piloter différents types d'appareils, digitalSTROM propose des bornes pour actionneurs (elles ressemblent à des briques LEGO® multicolores) avec des comportements prédéfinis en usine, et ce pour chaque appareil. Elles permettent de connecter au réseau des interrupteurs, boutons-poussoirs, capteurs, lampes, volets,

alarmes ou vannes de chauffage à commande électrique. Les fonctions des bornes (allumage/extinction/variation de la lumière, communication, exécution de petits programmes, mesure de courant) sont programmables et peuvent être reliées à d'autres appareils pour réaliser des scènes sophistiquées.

En plus des bornes, il y a également des interrupteurs pour câbles souples/variableurs, modules à relais et modules de commande d'éclairage et autres modules avec puce dS intégrée. De plus, certains fabricants proposent déjà des lampes avec une puce dS prémontée, qui s'intègrent au système dès qu'elles sortent de leur boîte.



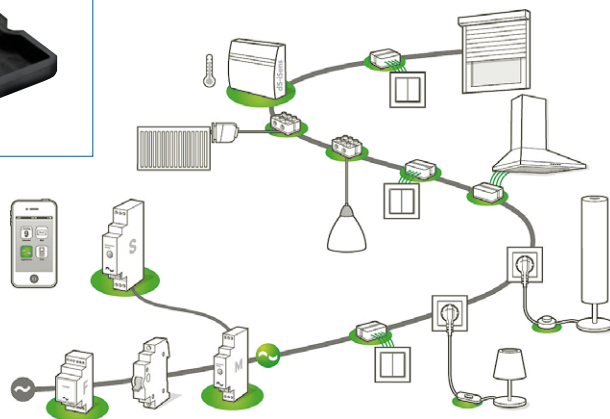
Applis : sur le site digitalSTROM on trouve actuellement douze applis et services à télécharger gratuitement. Ils permettent d'accéder à de multiples fonctions telles que minuterie, simulation de présence ou notification provenant du domicile, et ce sans requérir de connaissances spéciales. dS offre également un transpondeur NFC, de sorte qu'avec un ordiphone compatible NFC et une appli NFC, il est possible de lancer des actions préprogrammées.

Protocole/Sécurité : système filaire donc à l'abri des attaques, communication entre les appareils et l'ampèremètre numérique dS au travers du réseau BT domestique, RS485 pour relier l'ampèremètre numérique dS au serveur, communication WLAN chiffrée.

Développement : dans la rubrique « développeur » de son site internet, dS propose de nombreux documents sur l'architecture du système

et ses interfaces (API), des liens concernant toutes les aides requises pour développer le logiciel serveur dS à source ouverte ainsi que quelques exemples de codes. Il est également possible de se procurer une plateforme de référence pour créer ses propres matériels et logiciels.

Avantages et inconvénients : transmission sécurisée des données au travers du courant électrique, système ne requérant presque pas de modifications de l'installation



électrique, montage sur rail pratique dans la centrale de commande. Relativement onéreux.

Internet : consommateur : www.digitalstrom.com

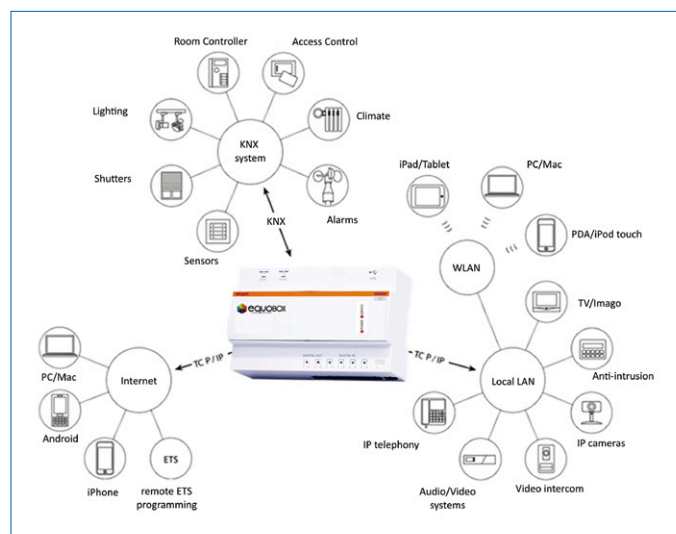
Développeur : www.digitalstrom.org/allianz/entwickler/

KNX

L'association KNX est un regroupement de trois organisations qui développent des systèmes de bus (EIB, EHS et BatiBUS) pour l'immotique. KNX est la seule norme ouverte pour la domotique et l'immotique. L'organisation KNX ne fabrique pas d'appareils, elle en définit la norme ; sa gamme va du système de pilotage de l'éclairage aux systèmes de sécurité, chauffage, ventilation, refroidissement, alarme, régulation des eaux, gestion énergétique et compteur en passant par la commande de volets, appareils ménagers, audio/vidéo, etc.

L'organisation compte plus de 370 entreprises qui développent des appareils et des logiciels répondant à la norme KNX. KNX n'est lié à aucun moyen de transmission particulier, il s'agit d'une norme ouverte pour paire torsadée, radio, courant porteur ou IP/Ethernet. Les appareils à bus sont soit des capteurs soit des actionneurs pour l'éclairage, les stores, les systèmes de sécurité, la gestion énergétique, le chauffage, la ventilation, la climatisation, les systèmes d'alarme et de surveillance, les interfaces pour la maintenance et la surveillance de bâtiments, la télécommande, la lecture d'un compteur, les commandes audio-vidéo, les appareils ménagers, etc. Toutes ces fonctions sont pilotées au travers d'un système uniforme, surveillées et sécurisées au travers d'alarmes, sans qu'on ait besoin de centrales de commande supplémentaires, comme c'est le cas avec d'autres systèmes domotiques.

Configuration : la norme KNX connaît deux modes de configuration différents. Le mode S (système) est destiné aux installateurs KNX expérimentés pour réaliser des fonctions sophistiquées. Le logiciel ETS Professional est utilisé pour planifier une installation en mode S sur la base





des entrées de produits correspondants. ETS sert également à connecter et configurer des produits.

Le mode E (easy) quant à lui est pour les installateurs qui ont reçu une formation KNX de base. Les appareils en mode E ont des fonctions restreintes et sont livrés avec une configuration standard des paramètres. Un outil de configuration simple permet d'adapter en partie chaque appareil (surtout le paramétrage et les liens).

Protocole/Sécurité : le protocole KNX supporte plusieurs médias de communication. La ligne à paires torsadées (débit binaire 9 000 bit/s) est issue du bus EIB, ainsi que le courant porteur (PL110 FSK, PL110 OFDM) qui fournit un débit de 1 200 bit/s. Les appareils KNX qui supportent une communication radio via SRD (868 MHz, 25 mW maxi) assurent un débit jusqu'à 16 384 kbit/s. Les appareils KNX RF peuvent être créés avec des puces disponibles sur le marché. Le transfert des données est soit unidirectionnel soit bidirectionnel. KNF RF a une faible consommation d'énergie et convient donc aux petites et moyennes installations, un répéteur est rarement nécessaire. Les trames KNX peuvent

être encapsulées dans des trames IP (Ethernet ou WLAN) avant d'être transférées via le réseau local ou l'internet.

Développement : pour pouvoir télécharger des logiciels de développement, il est nécessaire de créer un compte myKNX. Malheureusement, la plupart des logiciels proposés sont des solutions « professionnelles » onéreuses. Les installateurs peuvent télécharger ETS pour créer des installations domotiques. La version de démo est gratuite, mais elle limitée à cinq appareils.

Les développeurs peuvent utiliser le kit de développement logiciel Falcon, une bibliothèque qui permet d'accéder au bus KNX et de rendre compatibles ses propres applications avec KNX. Au travers d'API, Falcon offre un service de gestion des périphériques (p. ex. lire/écrire dans la mémoire des appareils), du réseau (p. ex. scanner/modifier une adresse physique), un service d'adressage de groupe (p. ex. allumer/éteindre une lumière) ainsi qu'un service de gestion des périphériques bus (p. ex. recevoir des trames du réseau KNX ou lui en envoyer). Les langages ou environnements de programmation C++ et C# sont supportés.

Les développeurs peuvent se servir de l'outil EITT pour tester leurs appareils avant de les lancer sur le marché et de Manufacturer Tool pour créer et tester les entrées de base de données de produits ETS et les faire certifier par KNX Association. En revanche, l'achat de ce logiciel n'a de sens que pour celui qui souhaite vendre ses créations.

Avantages et inconvénients : offre considérable d'appareils, capteurs et actionneurs proposés par un grand nombre de fabricants ; plusieurs médias de transmission pour les installations nouvelles et existantes. Vu le prix, seules les entreprises peuvent se permettre d'acheter le logiciel pour planifier, installer et développer leurs solutions.

Internet : www.knx.org/knx-de/knx/association/einfuehrung/index.php

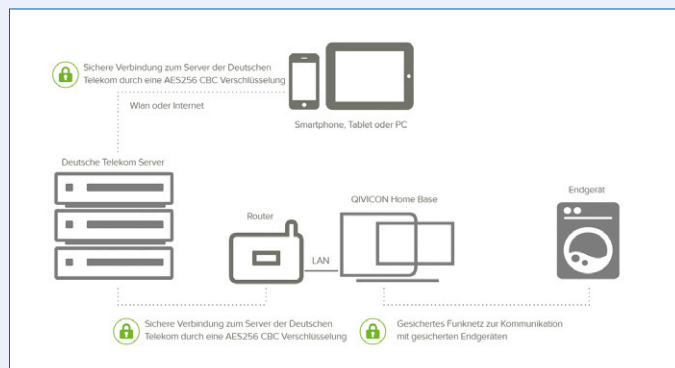
Qivicon

Qivicon est un regroupement de sociétés sous l'égide de la Deutsche Telekom. Les sociétés membres de Qivicon proviennent des secteurs les plus divers tels que l'approvisionnement en énergie, l'électroménager, la sécurité et les télécommunications.

Centrale : HomeBase constitue la centrale du réseau domotique Qivicon ; elle assure une liaison sécurisée entre l'ensemble des terminaux et le PC, la tablette ou l'ordiphone. À l'heure actuelle, le protocole HomeMa-

tic est implémenté de manière fixe. Pour la liaison radio vers les composantes d'autres protocoles comme ZigBee, il existe des adaptateurs USB spéciaux. Les protocoles ZigBee et DECT font partie intégrante de la nouvelle version d'HomeBase qui sera lancée cette année.

HomeBase est raccordée au routeur domestique de sorte que les terminaux peuvent également être télécommandés via l'internet. Une fois l'inscription terminée, la station de base peut être configurée par l'intermédiaire du navigateur internet ou de l'environnement réseau.



Appareils : il existe toute une série d'appareils compatibles SmartHome pour les testeurs/télécommandes, alarmes/capteurs, prises intermédiaires, appareils en saillie ou encastrés pour allumer/atténuer la lumière ou enregistrer des données, thermostats/commandes de chauffage, tous les appareils fabriqués par Bitron et eQ-3, mais aussi les caméras (D-Link), les appareils ménagers (Miele) et l'éclairage (Osram/Philips). Dans sa section « Consumer », le site Qivicon donne un aperçu des appareils disponibles.

Les offres groupées de certains fabricants d'appareils, de fournisseurs d'énergie et de la Deutsche Telekom constituent une particularité, elles contiennent l'équipement de base pour différents concepts d'habitat intelligent (sécurité, énergie, chauffage).

Applis : des applis spécifiques aux appareils ou aux fabricants sont proposées, mais il existe aussi des applis multi-plateformes pour iOS et Android. Avec les applis SmartHome de Deutsche Telekom, eww et ENTEGA, il est possible de piloter tous les appareils figurant dans la liste des périphériques compatibles.

Protocole/sécurité : au sein du système HomeMatic, l'unité de base HomeBase communique avec les terminaux en se servant de BiCos, le protocole radio développé par eQ-3. La liaison radio est considérée comme sûre puisqu'elle est bidirectionnelle, elle exige en effet que le terminal envoie un accusé de réception. Le module radio à 868 MHz rend la liaison radio abordable.

Développement : disponible gratuitement, l'IDE Eclipse permet de créer des matériels et des logiciels d'application compatibles. Eclipse est un environnement de développement intégré à source ouverte, utilisé au départ pour développer en Java. Dans cette configuration, l'IDE Eclipse pour développeurs Java comprend Runtime et Designer pour SmartHome. Eclipse existe pour différents systèmes d'exploitation : Windows, Mac et Linux (32 et 64 bits).

Internet : consommateur : www.qivicon.com/de/
Développeur : <https://developer.qivicon.com/qivicon-developer>, www.eclipse.org/smarthome/

Bluetooth Smart

La norme Bluetooth est connue pour sa capacité à établir une liaison directe entre deux points : un ordinateur et un terminal, une tablette et un écouteur, un PC et un clavier, un ordiphone et un autoradio. Très économe en consommation électrique, BLE (*Bluetooth Low Energy*) est une version plus récente de cette norme, elle convient donc aux terminaux qui doivent fonctionner pendant des années avec la même pile. C'est la raison pour laquelle cette norme radio convient particulièrement bien au réseau domotique.

Centrale : la commande et la programmation se font à l'aide d'un ordiphone ou d'une tablette (Smart Home d'Archos) avec la puce BLE. Aucun hub avec un pont (W)LAN n'est nécessaire, sauf pour la connexion à l'internet. Même si du point de vue technique cela ne pose aucun problème (puisque le matériel est disponible), Bluetooth vient de sortir une spécification de passerelle.

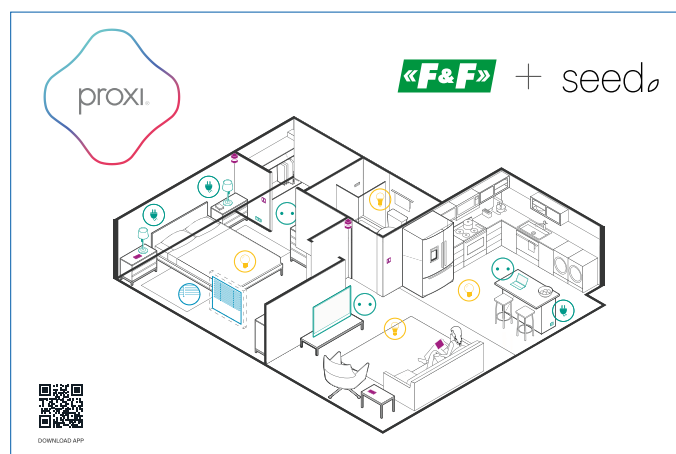
Appareils : il y a peu d'appareils et peu de fabricants (Archos, Elgato, Euronc, Megaman, Schage, Seed Labs) sur le marché. Il existe p. ex. des thermostats de chauffage, des capteurs de proximité, des caméras, des interrupteurs secteur intelligents, des capteurs pour le climat intérieur/extérieur, des systèmes de surveillance des ouvrants et des lampes à LED intelligentes. De nombreux développements sont annoncés (également pour le HomeKit d'Apple).

Applis : la plupart des fournisseurs de terminaux proposent des applis pour iOS et Android sauf Elgato qui ne propose des appareils que pour iOS. Malheureusement, on attend toujours l'appli « universelle ».

Protocole/Sécurité : comme le Bluetooth « standard », BLE émet en 2,4 GHz avec un chiffrement AES-128.

Développement : pour créer des appareils ou du logiciel pour la domotique, il est indispensable de connaître les spécifications de Bluetooth 4.2 (voir la rubrique « Specifications » sur le site Bluetooth). Dans la

section réservée aux développeurs (*develop*), on trouve des ressources gratuites (après s'être inscrit), des kits de démarrage logiciel, des outils pour effectuer des tests, mais aussi un lien vers la communauté des développeurs.



D'autres entreprises proposent des plateformes matérielles, des modules et des kits de développement bon marché.

Avantages et inconvénients : système simple et bon marché, ouvert aux projets « maison ». Norme radio bien connue, valable à l'échelle du globe.

Pour l'instant, sa portée est trop faible pour celui qui souhaite un réseau domotique en étoile, étendu. Le lancement d'une norme pour réseaux

maillés devrait néanmoins parer à ce problème. Actuellement, il existe peu de terminaux et aucune passerelle internet. Bluetooth Smart Home est toujours à l'état embryonnaire, en revanche la participation d'Apple pourrait bien changer la donne d'ici peu.

Internet : www.bluetooth.com/marketing-branding/markets/home-automation

Apple HomeKit

Apple a pris en marche le train de la domotique, sur le tard. Apple se sert de la norme Bluetooth LE et de WLAN pour la communication. Par rapport aux autres domoticiens, Apple a la particularité d'ajouter la commande vocale avec Siri.

Puces : toutes les puces de Texas Instrument, Marvell et Broadcom certifiées Apple.

Appareils : Apple ne propose pas de produits Apple pour HomeKit. Il y a peu de temps encore, la gamme de produits compatibles HomeKit était restreinte au marché américain, mais depuis quelques mois l'offre ne cesse de croître pour les clients européens, et ce de manière rapide. Pour l'instant la boutique Apple propose des appareils Philips (système d'éclairage Hue®), un capteur multifonctionnel (qualité de l'air, température et taux d'humidité à l'intérieur du domicile) et un capteur météo Elgato ainsi qu'un thermostat d'ambiance de netatmo. Elgato propose d'autres produits (contacts de porte/fenêtre, prises de courant intelligentes, vannes de chauffage).

Centrale : HomeKit est une interface qui permet de piloter des appareils compatibles à l'aide d'apps iOS. Pour cela, il est nécessaire de disposer d'un iPhone, iPad ou iPod. Les fabricants offrent des apps pour piloter leurs appareils. Ainsi, l'app HomeKit permet de jumeler tous les appareils certifiés HomeKit et de bénéficier de la commande vocale Siri développée par Apple. En fonction de l'app retenue, il est possible de définir des groupes de fonctions pour ensuite les piloter à l'aide de Siri. À partir de la 3^e génération, Apple TV peut servir de centrale pour commander les appareils HomeKit à distance via l'internet (à condition d'avoir accès à celui-ci).

Apps : pour jumeler les appareils compatibles HomeKit entre eux, il

convient tout d'abord de télécharger l'app Home sur un appareil iOS et de se servir du code d'installation. L'app sera intégrée d'office dans le système d'exploitation à partir d'iOS 10. Ensuite, l'appareil peut être piloté soit manuellement soit au travers de la commande vocale Siri. Celui qui dispose d'un accès à l'internet (via Apple TV) peut établir une liste des appareils dans iCloud et synchroniser tous les appareils iOS dotés d'un droit d'accès.

Protocole/Sécurité : WLAN et Bluetooth Low Energy (2,4 GHz) avec Apple HomeKit Accessory Protocol à partir du système d'exploitation iOS 8.1.

Développement : iOS Developer Library permet de développer ses propres applications. Pour cela il convient d'utiliser l'IDE Xcode qui est désormais gratuit, mais qui ne fonctionne que sur un MAC. Le langage de programmation utilisé est Swift, un langage à objets qui prend ses sources notamment dans Objective-C.

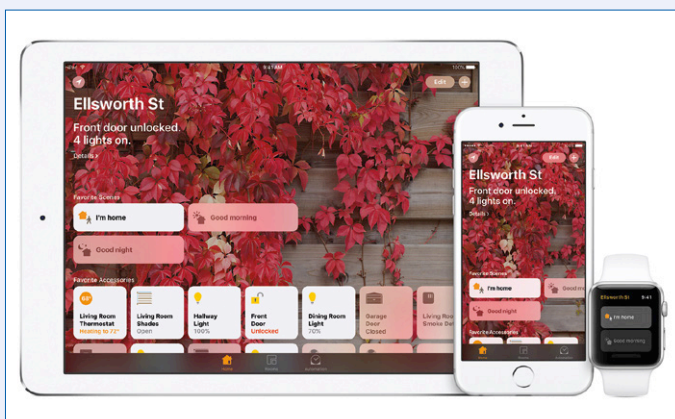
Après plusieurs procédures d'inscription, il est possible de télécharger gratuitement le Homekit Accessory Simulator qui permet de tester l'app qu'on a créée. La page réservée aux développeurs décrit de manière exhaustive comment créer un Home Layout, intégrer des appareils compatibles HomeKit, définir des services et des actions, et plus encore.

Avantages et inconvénients : uniquement pour iOS, peu de terminaux disponibles jusqu'à présent, centrale obligatoirement AppleTV. La portée limitée de BLE constitue également un inconvénient. La solution consisterait à créer un réseau maillé, ce qui probablement ne sera possible qu'avec la nouvelle version d'AppleTV.

Internet : consommateur : www.apple.com/de/ios/homekit

Développeur : <https://developer.apple.com/homekit/>

(160071 – version française : Pascal Duchesnes)



les instruments de mesure et d'essais

au service des mégadonnées et de l'IdO

Meik Kottkamp, directeur technique, Rohde & Schwarz (Allemagne)

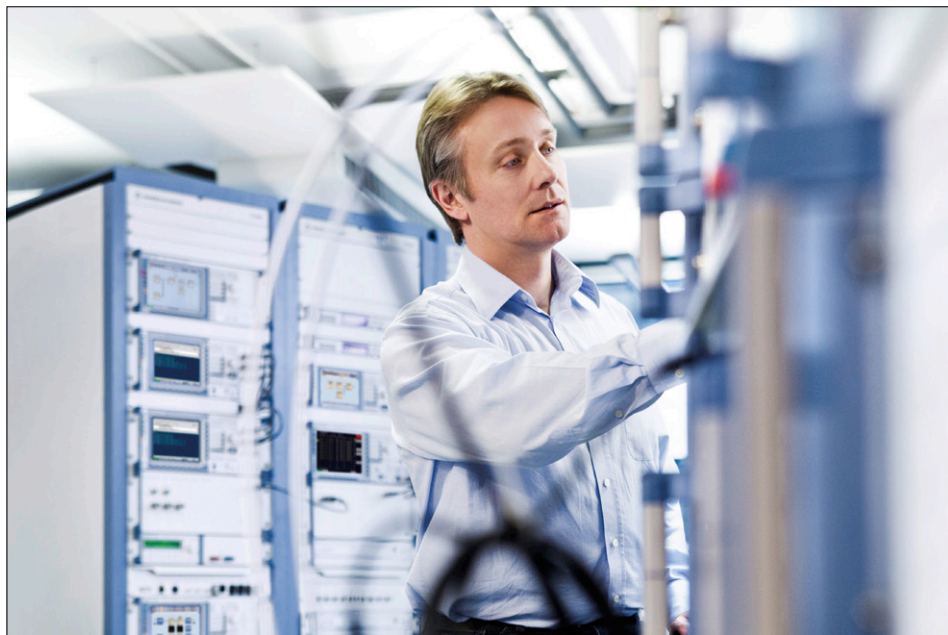


Figure 1. Les systèmes de test de protocoles et de liaisons RF aident d'une part les opérateurs à choisir les fournisseurs d'appareils sans fil idoines, d'autre part à vérifier le respect des normes.

Il y a 25 ans, la norme GSM à 900 MHz marquait la naissance des communications numériques sans fil. Depuis, l'appétit insatiable des utilisateurs pour les données ne se dément pas et l'attente de progrès technologique reste forte. On s'attend à ce que le trafic des données mobiles soit multiplié par dix d'ici six ans, et les experts prédisent une augmentation exponentielle du nombre d'objets connectés communiquant entre eux via des réseaux mobiles. L'inexorable augmentation du nombre d'abonnés – et de la quantité de données qu'ils consomment – signifie que les opérateurs de réseaux mobiles devront garantir une qualité de service sur le long terme.

Technologies 2G / 3G / 4G et améliorations futures

Le débit des appareils commerciaux LTE-A dernier cri atteint 600 Mbits/s en labora-

toire. En pratique, les conditions de propagation dans le réseau et le principe du canal commun réduisent les débits théoriques puisque la bande passante disponible est partagée entre tous les abonnés actifs. La technologie LTE/LTE-A a néanmoins considérablement amélioré les débits et capacités des réseaux. Il y a plusieurs raisons à cela :

- la possibilité de fournir une grande largeur de bande (20 MHz) à un abonné, ainsi que la capacité à grouper jusqu'à cinq de ces fréquences porteuses de 20 MHz pour chaque abonné (technique dite d'agrégation de porteuses).
- Le recours au multiplexage spatial (technologie MIMO), c.-à-d. l'utilisation de 8/4 antennes d'émission/réception.
- Le multiplexage rapide OFDMA, qui

L'Internet des Objets, le haut débit mobile amélioré et les véhicules autonomes nécessitent des réseaux mobiles très performants. La prochaine génération de technologie mobile, la 5G, devrait répondre à ces exigences, mais il s'agit d'un standard encore balbutiant. Cet article montre le rôle central que jouent les appareils de mesure et d'essais dans l'introduction des nouvelles technologies de transition et le bon fonctionnement des réseaux.

permet de modifier en quelques millisecondes les attributions de ressources temporelles et fréquentielles.

- Les méthodes de modulation de haute qualité, en particulier QPSK, 16QAM, 64QAM et 256QAM.

L'apport des technologies d'évolution à long terme (LTE)

La technologie LTE et sa version améliorée LTE-A ont été proposées par le groupe de normalisation 3GPP et ont permis aux opérateurs de réseaux de répondre à des exigences croissantes. Le service eMBMS (*extended Multimedia Broadcast Multicast Service*) fournit ainsi une méthode très efficace d'adressage des applications TV mobiles, par exemple lorsque plusieurs abonnés reçoivent simultanément les mêmes données. Ce mode permet aussi aux appareils sans fil d'installer un nouveau logiciel sans qu'il soit nécessaire

d'établir une connexion individuelle pour chaque appareil.

Les spécifications 3GPP fournissent un mode spécial pour utiliser p. ex. une application de messagerie exécutée en arrière-plan via WLAN pendant que sont transmises des données vidéo via LTE. L'exploitation de LTE/LTE-A dans des bandes de fréquences non soumises à des licences permet par ailleurs d'augmenter les débits grâce à l'agrégation de porteuses.

Dans les réseaux hétérogènes comme ceux des zones piétonnes, les techniques de transmission et de réception *Coordinated Multipoint* (CoMP) autorisent la transmission d'un signal à un appareil sans fil situé à la frontière d'une cellule, et ce de façon coordonnée. En utilisant la technologie MIMO et en influençant le signal de bande de base (pré-codage) de façon coordonnée, il est possible d'obtenir une couverture optimale dans les zones mitoyennes de deux cellules.

L'introduction des capacités *device-to-device* (D2D) revêt une importance particulière, car elles fournissent deux nouvelles fonctions fondamentales. Premièrement, la fonction de découverte de réseau permet à deux appareils sans fil voisins de se détecter. Deuxièmement, ces appareils et ceux de leur voisinage pourront échanger des données directement, c.-à-d. sans passer par la station de base couvrant leur zone. Cette technologie sera d'abord réservée aux applications de sécurité publique ou à des services de radiodiffusion, mais pourrait être étendue p. ex. à des applications automobiles, dont la conduite autonome.

Même si les performances des réseaux LTE/LTE-A sont accrues, une couverture 4G complète prendra du temps. Un transfert intercellulaire efficace dans les technologies 2G et 3G reste une nécessité. Il y a toutefois de nombreuses situations pour lesquelles les débits 2G/3G suffisent, et où une approche rudimentaire permet des solutions à faibles coûts et basse consommation. Les modules à technologie GPRS sont p. ex. souvent utilisés dans les environnements machine-machine (M2M). Les performances élevées de la technologie LTE/LTE-A, son intégration harmonieuse dans les réseaux 2G/3G existants, ainsi que l'utilisation complémentaire de WLAN, permettent aux opérateurs de satisfaire le besoin croissant des utilisateurs en matière de mégadonnées (*big*

data). Les solutions de diffusion/multidiffusion améliorent par ailleurs la flexibilité du système.

LTE/LTE-A a déjà permis d'améliorer les applications M2M, avec p. ex. une catégorie 0 pour les équipements utilisateurs LTE qui facilite l'implantation de cette classe d'appareils (exigences moindres en matière de débit, et pas de prise en charge MIMO). Citons aussi l'existence de procédés empêchant la surcharge d'un réseau mobile lorsqu'un grand nombre d'appareils M2M tentent d'y accéder simultanément.

À l'avenir, le nombre croissant d'objets connectés (IdO) et les nouveaux besoins émanant de divers secteurs de l'industrie (automobile, santé, robotique, etc.) devraient conduire à d'autres améliorations décisives. C'est pourquoi les chercheurs en communications mobiles discutent déjà de ce que sera la 5G en 2020 et au-delà. Les fabricants comme Rohde & Schwarz, et ses filiales SwissQual et *ipoque*, proposent une gamme complète d'instruments d'essais et mesure, et participent activement à la R&D en 5G.



Figure 2. Les appareils mobiles sont utiles lors de l'installation d'une station de base.



Figure 3. Appareil de mesure et d'essais utilisé pour analyser les performances d'un réseau et optimiser le service fourni à l'utilisateur.

Le rôle des appareils de mesure & essais

Les instruments de mesure et d'essais jouent un rôle central dans l'introduction des nouvelles technologies et le fonctionnement des réseaux. Le développement et la fabrication d'appareils mobiles, de composants, stations de base et commutateurs, nécessitent d'innombrables solutions d'essais. Celles-ci servent aussi au déploiement d'un réseau et à la vérification de ses performances.

Les opérateurs doivent sélectionner les éléments d'infrastructure assurant au mieux le fonctionnement de leurs réseaux, et utilisent pour cela des générateurs de signaux ou autres analyseurs de spectre. Beaucoup d'opérateurs créent des essais supplémentaires en fonction d'exigences particulières. Un instrument comme le testeur de communication radio en large bande R&S® CMW500 simule toutes les fonctions d'un réseau mobile ; il vérifie si un appareil sans fil se comporte correctement afin de garantir que le matériel est bien implanté, qu'il respecte p. ex. la puissance émise maximale spécifiée.

Lors du déploiement des stations de base, des testeurs compacts sont nécessaires pour vérifier rapidement que les exi-

gences réglementaires sont satisfaites. Certains paramètres comme le seuil de *handover* (transfert intercanaux automatique) doivent ensuite être ajustés, et l'opérateur doit aussi identifier les zones non couvertes afin d'optimiser son réseau et garantir les débits les meilleurs possibles. *QualiPoc* est une application pour ordiphone écrite par SwissQual qui permet aux opérateurs de tester la qualité de service de leurs réseaux.

Dans le réseau central, là où sont traités les flux de données, il devient de plus en plus important de pouvoir analyser le trafic jusqu'au niveau des paquets. Cela permet de classer le trafic et d'acheminer de façon optimale les paquets d'un service. Cet « état » du réseau est fourni par la technologie d'analyse IP de R&S, technologie également d'un grand intérêt pour tester les appareils mobiles. Son implantation dans le testeur R&S® CMW500 permet ainsi de connaître les flux de données IP (et les protocoles utilisés) qu'un ordiphone maintient uniquement en raison d'applications exécutées en arrière-plan.

Aucun réseau mobile n'est à l'abri d'interférences. Pour les identifier et les éliminer au plus vite, on utilise des outils de surveillance fixes et des outils mobiles de recherche d'interférences. Un néon



Figure 4. Les récepteurs mobiles à antennes directionnelles permettent de surveiller la qualité d'un réseau et d'identifier les interférences.

dérégulé peut p. ex. créer des parasites dans les bandes de réception d'une station de base et ainsi affecter tout le trafic d'une cellule.

Les instruments de mesure et d'essais, indispensables car flexibles en matière de bande de fréquences, de largeur de bande et de technologie de transmission, aident aussi à définir la prochaine génération de normes. Ainsi utilise-t-on des générateurs et analyseurs de signaux pour évaluer les composants 5G potentiels. Ils sont aussi essentiels aux systèmes de mesure utilisés pour analyser les conditions de propagation dans de nouvelles bandes de fréquences. Les analyseurs de réseau multiports joueront quant à eux un rôle décisif dans l'implantation des technologies des futures antennes. Enfin, l'influence des applications sur les débits ainsi que les charges de signalisation et les consommations de courant sont en cours d'étude. Ces études sont importantes pour les modules de l'IdO, car il faut pouvoir mesurer les applications individuelles sur la couche IP.

Dans tous ces domaines, l'instrumentation évolue de façon à maintenir la technologie et le service apporté à l'utilisateur aux niveaux normatifs attendus. ◀

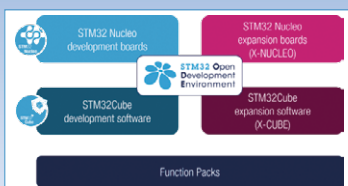
(160068 - version française : Hervé Moreau)

Téléchargez gratuitement le poster « STM32 ODE » (sponsorisé par Mouser Electronics)

Mouser Electronics et Elektor vous proposent une nouvelle affiche informative. Pour en profiter : 1) téléchargez gratuitement le (gros) fichier PDF du poster. 2) Faites-le imprimer. 3) Roulez délicatement votre beau poster pour le transport. 4) Punaisez-le au mur, plafond ou porte de votre labo, salle de classe ou chambre de fac !

L'affiche montre une vue éclatée, très détaillée, de l'environnement de développement et de prototypage **STM32 Open Development Environment (ODE)** de **STMicroelectronics**. Cet ODE facilite la conception des projets embarqués en offrant un matériel facile à utiliser et des blocs de fonctions à code source ouvert. L'environnement STM32 ODE combine une vaste gamme de cartes empilables reposant sur des circuits intégrés de pointe et un logiciel modulaire – du pilote jusqu'aux exemples d'applications. Cette combinaison unique permet aux ingénieurs et concepteurs de concrétiser rapidement et aisément leurs idées brillantes en projets optimisés.

Les cartes de développement **STM32 Nucleo** sont équipées d'un microcontrôleur STM32 à 64 broches basé sur un cœur ARM® Cortex® M à 32 bits et, selon leurs versions, offrent différents périphériques, capacités de mémoire et puissances de calcul. Grâce au programmeur/débogueur intégré **ST-LINK/V2-1** à port mini-USB, vous disposez de tous les outils pour immédiatement écrire et déboguer votre code. Le développement de vos projets n'aura jamais été aussi rapide qu'avec le STM32 ODE. Les cartes Nucleo ont en effet



un connecteur Morpho standard qui donne accès à toutes les E/S du STM32 et permet la connexion de cartes d'extension STM32 Nucleo (X-NUCLEO). Ces dernières fournissent plus de vingt fonctions matérielles différentes au travers notamment des séries *Connect*, *Move-Actuate*, *Power-Drive*, *Sense et Translate* ; vous pouvez les empiler comme des briques de construction pour élaborer votre projet de façon modulaire. En outre les cartes STM32 Nucleo disposent d'un connecteur Arduino Uno R3 pour intégrer à votre projet vos *shields* préférés. Fatigué de passer des nuits blanches à écrire des programmes en devant chaque fois partir de zéro ? Stress et manque de temps empêchent votre créativité de s'épanouir ? Adoptez l'environnement logiciel **STM32Cube** du STM32 ODE, ses bibliothèques embarquées, ses API pour couche HAL (*Hardware Abstraction Layer*) et son logiciel d'extension (X-CUBE) contenant des projets logiciels prédéfinis et écrits pour les différentes cartes d'extension.

Et, non, vous ne rêvez pas, les cartes d'expansion et

les cartes de développement STM32 Nucleo sont bon marché et tous les logiciels sont gratuits !

Le poster gratuit « STM32 ODE » sponsorisé par Mouser Electronics est disponible depuis le 31 août 2016 et pour une durée limitée sur www.elektor.fr/STM32-ODE-poster.

(160082-1) www.elektor.fr/STM32-ODE-poster

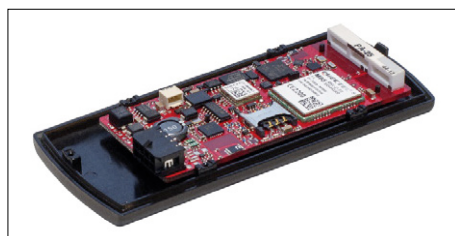
Technologie LoRa sur module TraceME

La société batave KCS a amélioré son populaire module TraceME TM-178 pour le suivi et la commande des véhicules et autres matériels motorisés.

Le module TM-178/R9H7 a été valorisé par l'ajout de connexions LoRa™, Wi-Fi, Bluetooth Smart (BLE), ANT/ANT+ et RF propriétaire, toutes facilitent l'intégration dans des réseaux sans fil existants et l'exploitation dans des applis pour ordiphones et tablettes.

La portée d'une communication LoRa™ est de 60 km en visibilité directe. Le module offre une solution avancée de géolocalisation intérieure et extérieure pour un large éventail d'applications de l'IdO, dont la localisation de véhicules ou objets volés.

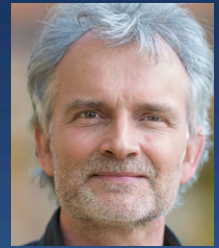
Le TM-178 est équipé d'une connexion pour alimentation externe et pile de secours, d'E/S de base et de nombreux capteurs embarqués. L'unité possède plusieurs antennes intégrées pour réceptions GPS/Glonass, GSM (2G/3G) et RF. Ses fonctions peuvent être programmées à distance, qu'elles soient de base ou, pour des applications spécifiques, avancées ou de bas niveau.



Avec son boîtier compact de 91 x 40 mm, son poids de 30 g et une longévité de sa pile supérieure à dix ans, ce module offre d'innombrables possibilités d'incorporation dans des produits fabriqués par des équipementiers. Il est aussi proposé en robuste boîtier IP67.

www.trace.me (160082-3)



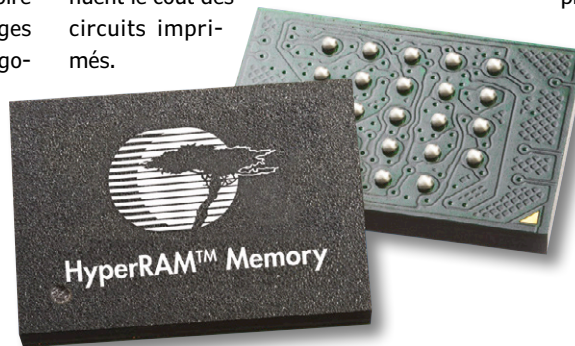


Mémoire HyperRAM à brochage réduit

Cypress Semiconductor lance une nouvelle DRAM à haute vitesse et autotraîchement basée sur son interface HyperBus™ à brochage réduit. Idéale pour une vaste gamme d'applications industrielles, automobiles et grand public, l'HyperRAM™ de 64 Mo sert de mémoire bloc-notes étendue pour les rendus d'images à haute résolution ou pour les calculs d'algorithmes de micrologiciels gourmands en données. Les modules ont une bande passante jusqu'à 333 Mo/s et sont disponibles en versions 3 V et 1,8 V.

Couplée à une mémoire flash NOR HyperFlash™ de Cypress, l'HyperRAM offre une solution simple et bon marché pour les sys-

tèmes embarqués où les mémoires flash et RAM résident sur le même bus HyperBus à 12 broches. Les mémoires HyperRAM et HyperFlash réduisent considérablement le nombre de broches, donc simplifient les conceptions et diminuent le coût des circuits imprimés.



Pour accélérer les cycles de conception, Cypress offre à ses clients et partenaires un « *Hyper-Bus Master Interface Controller IP Package* ». Ce « paquet de propriété intellectuelle » aide à exploiter l'HyperBus dans un réseau logique programmable (FPGA), un circuit intégré développé pour un client (ASIC) ou un composant spécifique standard (ASSP). Ce paquet est gratuit et libre de droits.

Cypress propose des échantillons de son HyperRAM de 64 Mo. Les modules sont disponibles en boîtier BGA à 24 billes de 6 x 8 mm.

www.cypress.com/hyperam (160082-4)

CAP'TRONIC fête la 10^e édition de ses Trophées !

Le 4 juillet 2016 - CAP'TRONIC, le programme qui aide les PME françaises à améliorer leur compétitivité grâce à l'intégration de solutions électroniques et de logiciels embarqués dans leurs produits, a présenté les entreprises nominées pour la **10^e édition des Trophées CAP'TRONIC**.

La remise de ces Trophées se déroulera le **6 octobre à Paris** au Ministère de l'Économie, de l'Industrie et du Numérique, à l'occasion de l'événement **CAP sur l'Innovation** sur le thème de « **La croissance des PME par l'internet des objets** ».

Parmi les 43 projets présentés, le jury, composé d'entrepreneurs, d'experts et de journalistes, a sélectionné douze projets d'entreprises réparties sur toute la France, qui se sont révélés particulièrement novateurs dans les catégories suivantes :

Produit à usage du Grand Public : CASTALIE (fontaine d'eau pure micro-filtrée plate ou pétillante pour les hôtels, restaurants et entreprises) ; GALLUCHA / OJH SAS (sac à main connecté pour ne pas oublier vos objets préférés à la maison) ; Production Functional Factory (BIMP'AIR, le premier système de gonflage à air comprimé rechargeable, nomade pour les vélos et les motos).

Industrie & Services : iTK SAS (débitmètre connecté de précision, *plug & play*, pour une meilleure gestion de l'irrigation) ; SUNIBRAIN

(système d'arrosage par eau de pluie récupérée, des panneaux solaires améliorant leur rendement pour une augmentation de la production électrique) ; SURICOG (nouvelle génération d'interfaces Hommes-Machines basées sur la donnée REGARD).



Santé & Bien-être : LIGHT VISION (lunettes intelligentes d'aide aux patients atteints de DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge)) ; NATEOSANTE (AIR MANAGER, purificateur d'air intelligent et ultra puissant qui allie une qualité de filtration haut de gamme à un logiciel de monitoring) ; RESILIENT INNOVATION (WalkMe, dispositif embarqué pour l'amélioration de la marche des personnes âgées, particulièrement efficace sur le symptôme du *freezing* de la maladie de Parkinson).

Jeune entreprise : AODYO (SYLPHYO, instrument à vent électronique) ; BLEND BOW (le BARMATE, premier robot connecté capable de réaliser plus de 300 cocktails différents) ; GROUPEER (système intelligent permettant aux encadrants de groupe d'être alertés quand un membre s'éloigne de façon anormale).

Un cinquième trophée sera également décerné au cours de l'événement sur vote des participants.

(160082-7)

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



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 (explique !), 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

- 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	Ouvrir Modifier
Elektorino Uno R4 [150790]	En cours	Chef de projet	0	13	Ouvrir Modifier
Analog circuit design with...	Terminé	Chef de projet	0	2	Ouvrir Modifier
Webinar 22/10: IoT Security ...	Terminé	Chef de projet	0	1	Ouvrir Modifier
Elektor Intel Edison Challenge	Terminé	Chef de projet	0	2	Ouvrir Modifier
Guitar BoB [150382]	En cours	Chef de projet	0	2	Ouvrir Modifier
CoCo-ri-Co! Guitar Tuner...	En cours	Chef de projet	0	1	Ouvrir Modifier
Network Connected Signal...	Terminé	Chef de projet	0	19	Ouvrir Modifier
MI X90393 experiments	Terminé	Chef de projet	5	2	Ouvrir Modifier

The Big Red raison à la

Outlook

anticiper pour être prêt

Start-ups 2016

l'aventure sous toutes ses facettes

Financing & Funding

l'assise de votre entreprise

Technologies

tout ce que vous devez savoir

Company Pages

*être vu, être connu,
être reconnu*

Elektor Talents

*trouver différemment
de nouveaux collègues*

Back to the Future

un œil dans le rétro

Le *Big Red* parle de **passion**. De la **passion** d'entreprendre et d'améliorer les choses. De la **passion** insufflée dans un produit ou un service. De la **passion** des entrepreneurs qui comprennent que pour être unique il faut innover. De la **passion** qui a aussi pour guides un plan de financement solide et une stratégie de communication réfléchie. De la **passion** que vous nous communiquerez lorsque vous nous parlerez, à nous rédacteurs d'Elektor, de votre entreprise.

Qui n'aimerait pas être aussi passionné ?



**donner
passion**

RT UP



NOUVEAU

The Big Red rassemble tous ceux qui veulent vivre une électronique qui innove et entreprend.

INSCRIVEZ-VOUS MAINTENANT ! www.elektor.com/the-big-red-2017

bienvenue dans la section **CRÉER**

Clemens Valens, labo d'Elektor


Georg Simon Ohm (1789 – 1854)

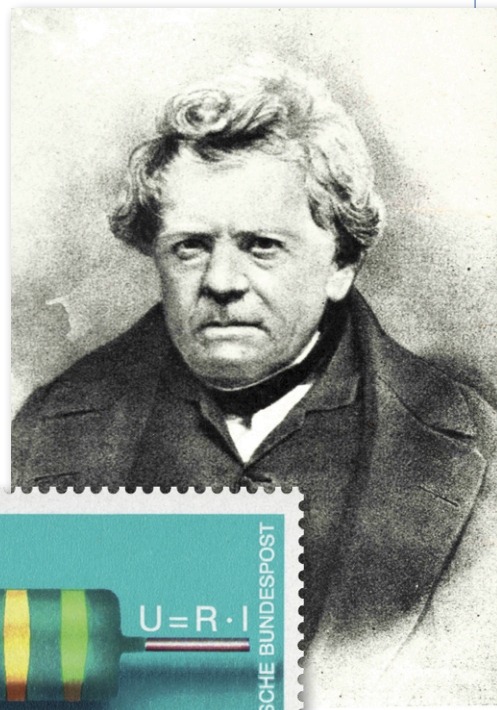
De la fratrie des sept enfants Ohm, seuls trois atteignent l'âge adulte : Georg Simon (né en 1789), Martin (né en 1792) et Elizabeth Barbara (née en 1794). Les deux frères apprennent les mathématiques, la physique, la chimie et la philosophie auprès de leur père, serrurier de profession, autodidacte et scientifique refoulé. Georg Simon fréquente l'université, mais y manifeste plus de penchant pour le billard que pour les études. Sèchement envoyé en Suisse par son père afin qu'il apprenne à subvenir à ses propres besoins, Georg y trouve un poste de professeur de mathématiques puis de précepteur. Finalement il retourne sur les bancs de l'université bavaroise d'Erlangen, où lui et son jeune frère obtiennent leur doctorat en 1811.

Martin entame une brillante carrière de mathématicien qui lui vaudra plus tard d'être nommé pro-

fesseur à l'université de Berlin. Georg doit quant à lui se contenter de postes d'enseignant dans des établissements médiocres, notamment à Bamberg et Cologne. Il vitote tout en rêvant d'un poste universitaire à la hauteur de ses ambitions.

Esseulé, célibataire, malheureux dans son travail, Ohm décide alors de devenir scientifique en agissant comme tel : expérimenter et publier ses résultats. Inspiré par les travaux du physicien danois Ørsted, qui découvrit en 1820 qu'un courant électrique dévie l'aiguille aimantée d'une boussole, Ohm étudie l'électricité et le magnétisme. C'est dans sa première publication de 1825 qu'il pose la relation entre la décroissance de la force électromagnétique exercée par un fil conducteur et la longueur de ce fil. Plusieurs savants, dont Peter Barlow et Antoine-César Becquerel (à ne pas confondre avec son petit-fils Henri), cherchaient eux aussi à formuler la loi décrivant ce phénomène. Barlow y parvient presque, mais c'est Ohm

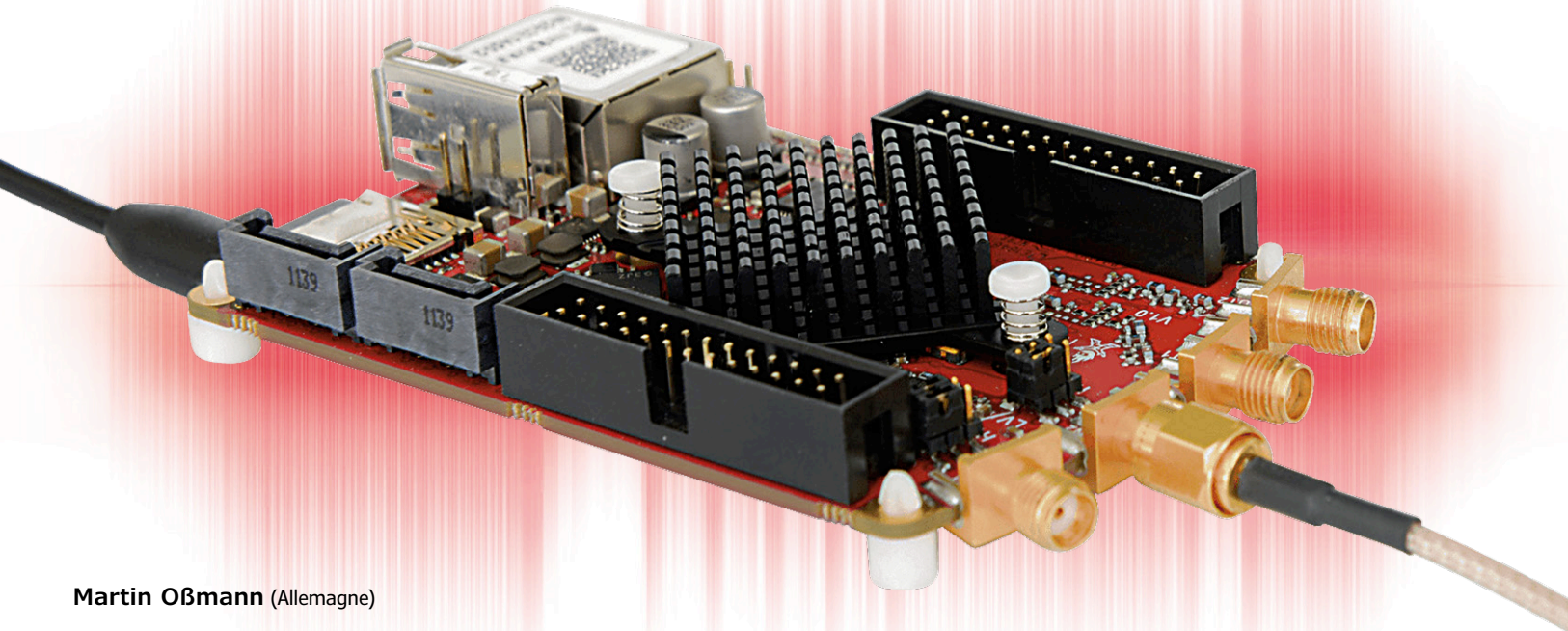
qui se montre le plus inspiré en introduisant le concept de résistance interne d'une pile. Cette brillante intuition le conduit non seulement à formuler sa fameuse loi, mais aussi à résoudre de nombreux problèmes qui jusque-là résistaient aux chercheurs. En 1827, l'année même où Ampère publie son *magnum opus*, Ohm présente une théorie de l'électricité dans son chef-d'œuvre intitulé *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* (Le circuit galvanique étudié mathématiquement). Cette théorie est rapidement adoptée par la communauté scientifique, sauf en Allemagne où la physique est encore non mathématique. En dépit de sa réputation, Ohm ne parvient donc toujours pas à obtenir un poste universitaire dans son propre pays. Peut-être les désaccords de son frère avec le ministre de l'Éducation et la réputation de dangereux révolutionnaire que cela lui coûta n'y sont-ils pas étrangers. Avec le temps, toutefois, même les Allemands ne purent plus ignorer l'importance de ses travaux. C'est ainsi qu'en octobre 1852, moins de deux ans avant sa mort, Georg Simon Ohm fut enfin nommé professeur de physique à l'université de Munich. ◀



(160073 – Hervé Moreau)

filtrer avec Red Pitaya

1^{re} partie : filtres FIR



Martin Oßmann (Allemagne)

Quand on met en œuvre des FPGA pour le traitement numérique du signal, les filtres constituent les fonctions standard les plus importantes. J'ai déjà présenté dans Elektor [1] un filtre numérique CIC relativement simple pour la décimation et l'interpolation. Intéressons-nous maintenant aux filtres dont il est possible de spécifier avec précision le comportement.

Cette première partie abordera les filtres FIR (*Finite Impulse Response*, à réponse impulsionnelle finie), la seconde partie traitera des filtres IIR (*Infinite Impulse Response*, à réponse impulsionnelle infinie). Pour un type comme pour l'autre, il y a deux questions :

- comment implémenter un tel filtre avec un FPGA (à logique programmable) ;
- comment régler les paramètres des filtres pour leur faire exécuter les fonctions voulues, passe-haut ou passe-bas, entre autres ?

Le processeur ARM de la carte Red Pitaya nous aidera à résoudre le deuxième problème puisqu'il peut faire tourner un logiciel de conception de filtre. Nous pouvons ainsi y développer des filtres autonomes (processeur ARM) qui travaillent (FPGA) à des taux d'échantillonnage élevés (125 Méc/s).

Les filtres FIR

Les filtres FIR [2] sont bâtis comme à la **figure 1**. Ils résultent de la conjonction de trois éléments. D'abord, il y a les blocs mémoires notés Z^{-1} qui retardent le signal d'un temps de latence T_s ($T_s = 1/F_s$ avec $F_s =$ taux d'échantillonnage). En FPGA, ces blocs correspondent toujours à un registre dont la longueur est

égale au nombre de bits du signal à retarder, dans ce cas-ci, le signal d'entrée.

Deuxième élément, l'accumulateur, représenté par un signe plus entouré d'un cercle, qui fait la somme des signaux. Il y a dans les FPGA des circuits spéciaux très rapides pour effectuer ces additions.

Troisième élément, le multiplicateur qui, dans notre cas, multiplie le signal par une constante, un coefficient, également placé dans un registre, pour que le processeur ARM puisse le modifier en cours d'exécution. Les FPGA disposent souvent aussi de circuits spéciaux pour des multiplications rapides. Sur

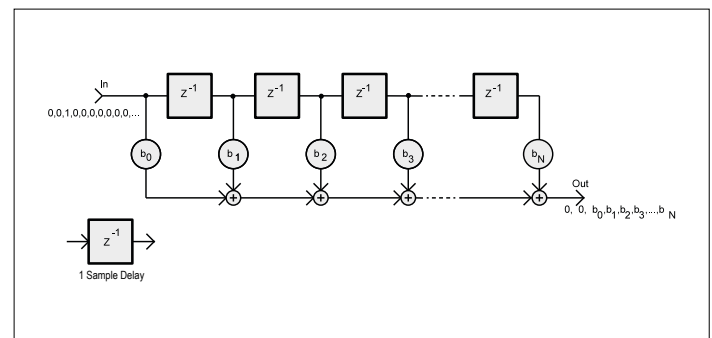


Figure 1. Structure schématique d'un filtre FIR.

Listage 1. Implémentation directe en Verilog

```

1 parameter sumSize = 38 ;
2 parameter sigSize = 14 ;
3 parameter coeffSize = 18 ;
4 parameter nTaps = 32 ;
5 reg signed [coeffSize-1: 0] bk[nTaps-1:0] ;
6 wire signed [sumSize-1: 0] sk[nTaps-1:0] ;
7 reg signed [sigSize-1: 0] xk[nTaps-1:0] ;

8 assign sk[0] = bk[0]*xk[0] ;

9 generate genvar m ;
10 for(m=1 ; m<nTaps ; m=m+1
11     assign sk[m] = sk[m-1]+bk[m]*xk[m] ;
12 endgenerate

13 integer k ;
14 always @(posedge adc_clk_i) begin
15     if ( firStrobe ) begin
16         xk[0] <= filterIn ;
17         for(k=1 ; k<nTaps ; k=k+1 )
18             xk[k] <= xk[k-1] ;
19         filterOut <= sk[nTaps-1] ;
20     end
21 end

```

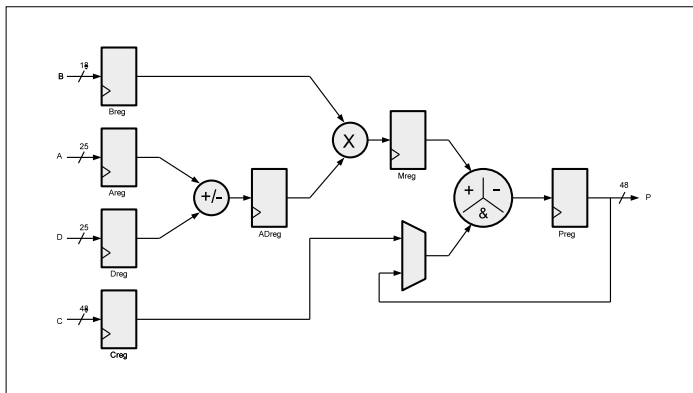


Figure 2. Structure des blocs DSP dans le FPGA de Red Pitaya.

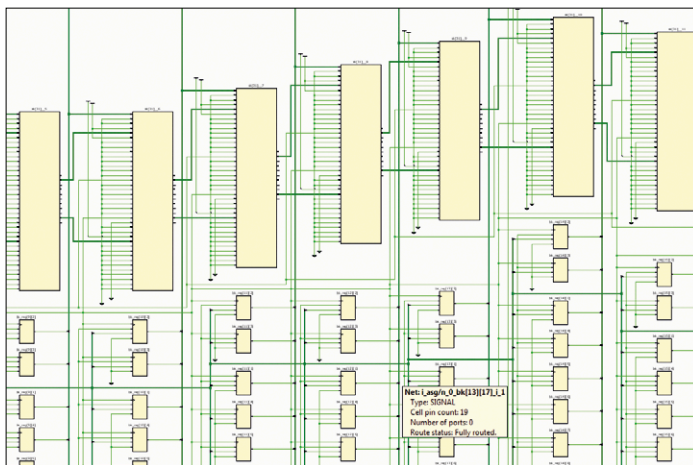


Figure 3. Construction d'un filtre en FPGA (vue partielle).

notre carte Red Pitaya, le traitement du signal est réalisé par des blocs DSP48E1 [3] parfaitement adaptés à cette tâche.

Blocs de traitement du signal : DSP48E1 de Xilinx

Le FPGA de Red Pitaya contient des blocs DSP destinés exclusivement au traitement numérique du signal. Leur structure simplifiée est représentée à la **figure 2**. Dans la série Zynq qui équipe Red Pitaya, on en compte 80, mais dans de plus vastes FPGA, il peut y en avoir près de 10 000.

On y trouve d'abord, dans les voies du signal, une série de registres, utilisés entre autres pour accélérer les opérations grâce au *pipelining* (c.-à-d. exécuter simultanément plusieurs instructions, mais avec un certain décalage). Il est également possible de désactiver individuellement ces registres. À part ces registres, il y a aussi des unités de calcul. C'est ainsi qu'on peut additionner les grandeurs d'entrées A et D, chacune sur 25 bits de large. Ces pré-additionneurs (*pre-adder*) facilitent la réalisation de filtres FIR symétriques.

Il y a aussi des multiplieurs capables d'opérer sur des nombres à 18, 25 et jusqu'à 43 bits. C'est bien sûr à eux qu'on fait appel pour appliquer des coefficients dans les filtres FIR. Derrière le multiplieur, on a encore prévu un accumulateur à 48 bits dont le premier opérande est généralement issu du multiplieur. Le deuxième opérande peut provenir du signal d'entrée C ou du registre de sortie (*Preg*, à 48 bits) derrière le multiplieur. Au lieu d'additionner, ce bloc peut aussi réaliser des opérations logiques.

Utilisation du bloc DSP par inférence

Ce bloc DSP48 peut aussi effectuer une série d'opérations arithmétiques, par exemple :

```

P = A*B
Preg <= Preg+A*B
P = (A+D)*B+C
P = A+C
Preg <= Preg + A
Preg <= Preg+Mreg , Mreg<=Breg*Areg , Breg<=B ,
    Areg<=A
(Notation Verilog)

```

Avec les registres, on peut faire exécuter plusieurs opérations simultanées, séparées par des virgules. Lors de l'implémentation d'un projet sur un FPGA, l'outil de développement, ici Vivado, s'efforce de trouver dans le code source, Verilog ou VHDL, les opérations correspondantes. Une fois ces dernières découvertes, il cherche à les réaliser au moyen de blocs DSP, parce qu'ils sont les plus efficaces. Leur applicabilité dérive du code source, on parle donc ici d'inférence.

Le concepteur n'a pas à se tracasser de la réalisation efficace des additions et multiplications, elle se fait automatiquement. Une autre solution consiste à utiliser explicitement une macro DSP48, il s'agit alors d'une réalisation par instantiation, puisqu'on réquisitionne expressément un bloc DSP48. Cela permet dans certaines situations d'atteindre encore de meilleurs résultats, si l'inférence automatique n'a pas trouvé la méthode optimale pour le projet.

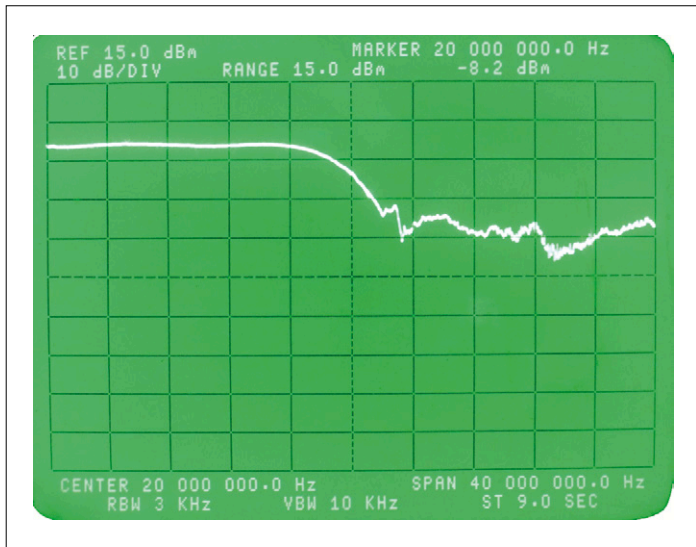


Figure 4. Caractéristique de fréquence du filtre raté.

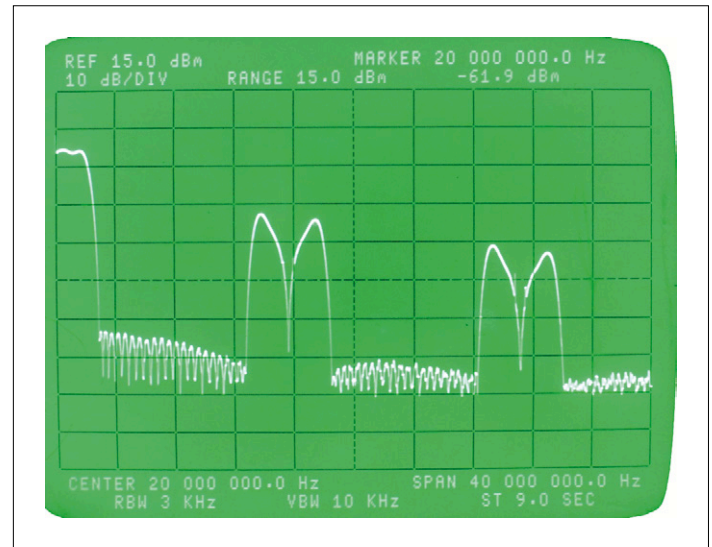


Figure 5. Au ralenti, la courbe dénote un fonctionnement correct.

Implémentation directe

Nous voulons en premier lieu réaliser un filtre FIR comme à la **figure 1**. Son code source Verilog est visible dans le **listage 1**. L'opération décrite à la ligne 11 est traduite par un bloc DSP48, elle implique aussi le registre x_k (lignes 7 et 18) de la chaîne de retard. On matérialise les registres de coefficients b_k au moyen de bascules bistables. Pour construire un registre FIR à 32 coefficients (*taps*), il faut en tout 406 tables de correspondance (*LUT*), 786 bascules (FF) et 32 DSP. Pour les 32 coefficients b_k , chacun avec une résolution de 18 bits, il faut $32 \times 18 = 576$ bascules. Nous utilisons 32 blocs DSP pour les multiplicateurs, accumulateurs et registres x_k . Les autres bascules et les tables de correspondance servent à d'autres fonctions, parties intégrantes du module. La **figure 3** ne peut vous montrer qu'une partie du module de filtre FIR.

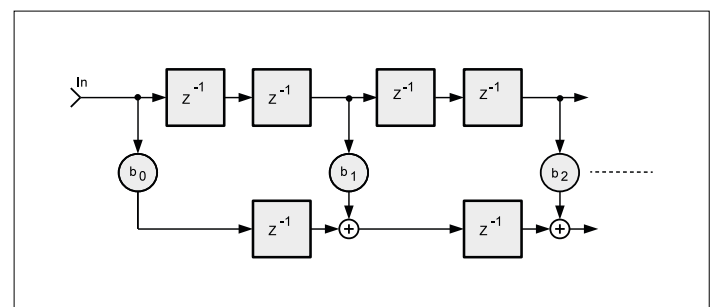
Les grands rectangles sont les blocs DSP48 qui sont mis en cascade. Ils contiennent l'essentiel de tout le filtre. Sous les blocs DSP, on voit les bascules qui mémorisent les coefficients b_k . En utilisant une fréquence d'échantillonnage de 125 MHz avec les coefficients d'un filtre passe-bas, on obtient la caractéristique de fréquence reproduite à la **figure 4**.

Elle ne ressemble pas du tout à ce que nous en attendions, il doit y avoir comme un défaut ! Si j'avais commencé par bien étudier les informations de l'EDI Vivado, j'aurais remarqué que le schéma occasionne des violations temporelles – autrement dit – que la logique ne va pas assez vite. À l'aide de l'analyse temporelle, on peut dépister le chemin critique, celui qui dure 56 ns. Avec une fréquence d'horloge de 125 MHz, le retard ne peut évidemment pas excéder $1/125 \text{ [MHz]} = 8 \text{ ns}$. Le circuit est tout simplement trop lent pour ce rythme. Le souci provient de la mise en cascade de tous les accumulateurs, de sorte que le signal doit parcourir 31 accumulateurs avant d'atteindre la première cellule à retard. Or, un seul accumulateur cause sans doute un retard d'environ $56 \text{ ns}/32 = 1,75 \text{ ns}$, ce qui, en soi, est déjà fort rapide. Mais l'actuelle implémentation cède au même vice que l'additionneur parallèle à propagation de retenue (*ripple carry*) : trop d'étages à la queue leu leu.

Pour confirmer le soupçon, il suffit de diviser par huit la fréquence d'horloge de 125 MHz du filtre en n'activant le signal *firStrobe* (cf. listage 1) que toutes les huit impulsions (avec le taux de 125 MHz, il est perpétuellement activé). La courbe caractéristique résultante est à la **figure 5**.

Prudence dans l'interprétation de l'image. Le taux d'échantillonnage du filtre est actuellement de $125/8 = 15,625 \text{ MHz}$, la réponse du filtre se répète donc à 15,625 MHz. Dans le domaine de fréquence inférieur, sous les 10 MHz, on voit bien l'allure d'un passe-bas à coupure à 2 MHz environ et une atténuation de 50 dB dans la plage de suppression. À 15,625 et 31,25 MHz, on voit encore les bandes passantes, mais modifiées par la fonction de transfert du registre du CN/A, qui fonctionne comme élément de retenue pour huit coups d'horloge.

Reste à voir comment accélérer le filtre. La première technique consiste à faire se chevaucher les unités arithmétiques pour fracturer le chemin critique en insérant entre les étages des registres supplémentaires comme le montre la **figure 6**. Maintenant, entre deux flancs d'horloge, le signal ne transite pas par plus d'un multiplicateur et d'un accumulateur. Les blocs DSP48 le permettent aisément. Il faut cependant $2 \times 32 = 64$ registres supplémentaires à intercaler. Le signal sort bien du filtre après 32 cycles d'horloge, mais dans la plupart des

Figure 6. Comment créer un chevauchement (*pipelining*) en encastrant des registres intermédiaires.

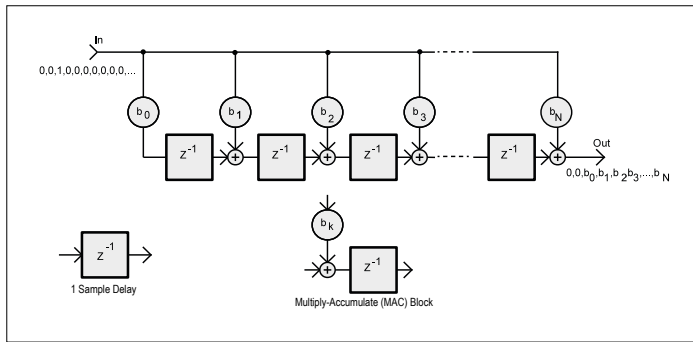


Figure 7. Forme transposée du filtre FIR.

cas, cela n'a pas d'importance, tant que la caractéristique de fréquence reste telle quelle. On appelle souvent cet arrangement filtre FIR systolique ou simplement *pipelining*. Mais il existe encore une autre possibilité.

Transposition du filtre FIR

En y regardant de plus près ou à l'aide d'un peu de mathématique, on s'aperçoit que le filtre de la **figure 7** est équivalent à celui de la figure 1. On l'appelle communément la forme transposée du filtre FIR.

Ici, le chemin critique depuis l'entrée passe par un multiplieur et un accumulateur, il est donc très court. Cette disposition convient particulièrement bien à la réalisation sur un FPGA. Le code Verilog à cet effet est à voir dans le **listage 2**. Vivado, le logiciel de développement de Xilinx reconnaît immédiatement que la totalité de la ligne 9 est réalisable par un bloc DSP48. Une telle opération ($ai=a+b\times c$) est aussi intitulée MAC, pour *Multiply-Accumulate*. Tous les FPGA modernes offrent des blocs fonctionnels efficaces pour cela, vous pouvez les mettre à profit pour traiter de nombreuses fonctions, filtres, FFT, systèmes d'équations, etc.

C'est cette forme actuelle de filtre avec 64 *taps* (dérivations) que nous utiliserons désormais. Il est possible de mettre en jeu un plus grand nombre de *taps*. Toutefois il n'y a plus de blocs DSP disponibles, il faut donc construire des multiplieurs et des accumulateurs avec des éléments logiques ordinaires, mais il en faudra vite tout un tas.

Listage 2. Mise en œuvre de la forme transposée en Verilog.

```
1 parameter accuSize = 38 ;
2 parameter coeffSize = 18 ;
3 parameter nTaps = 64 ;
4 reg signed [coeffSize-1: 0] bk[nTaps-1:0] ;
5 reg signed [accuSize-1: 0] sumk[nTaps-1:0] ;
6 integer k ;
7 always @(posedge adc_clk_i) begin
8   for(k=0 ; k<nTaps-1 ; k=k+1 )
9     sumk[k] <= sumk[k+1] + filterIn * bk[k] ;
10    sumk[nTaps-1] <= filterIn * bk[nTaps-1] ;
11    filterOut <= sumk[0] ;
12 end
```

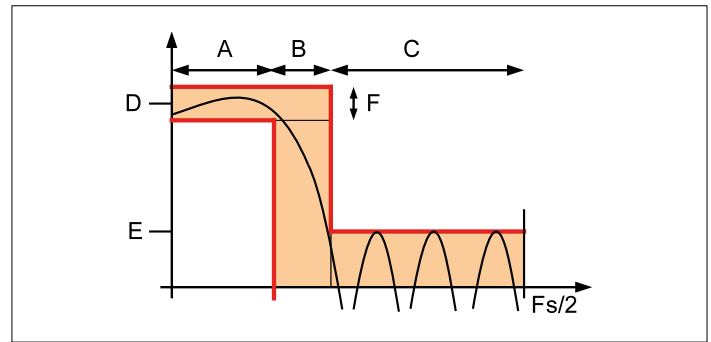


Figure 8. Périmètre de tolérance sur un filtre passe-bas.

Dans notre filtre, les coefficients sont stockés dans des registres et le processeur ARM de Red Pitaya a le pouvoir de les régler. Voyons à présent comment en arriver aux coefficients.

Conception du filtre

D'habitude, la conception d'un filtre commence par un schéma des tolérances dans lequel sont rassemblées les exigences sur la courbe de fréquence. La **figure 8** en est un exemple pour le cas d'un filtre passe-bas. L'axe des fréquences est divisé en trois gammes, A, B et C. La bande passante est désignée par A, celle de suppression par C et la partie intermédiaire B représente la zone de transition.

On appelle D l'amplification souhaitée dans la bande passante, et E, l'atténuation minimale requise en bande de réjection. Dans la zone de transition, on admet dans l'allure de la courbe une certaine ondulation, signalée par F dans le schéma. Le travail consiste maintenant à calculer le filtre pour que sa caractéristique (en noir) se confie partout au périmètre de tolérance du schéma.

On cherche donc un filtre d'ordre le plus bas possible – c'est le nombre de *taps* – qui satisfait encore aux exigences. Parfois, on choisit d'office l'ordre du filtre, mais on cherche à lui donner la plus forte atténuation possible. D'autres critères sont envisageables. Pour des filtres FIR d'ordre élevé, plutôt que de se lancer dans des calculs ardu, on peut faire appel à un programme de conception de filtres, qui détermine le système en fonction des exigences indiquées et fournit les coefficients b_k appropriés.

Concepteur de FIR sur PC d'Iowa Hills

Iowa Hills propose un outil de conception de filtres gratuit. La **figure 9** montre son interface pour développer un filtre FIR passe-bas. Sa fréquence de coupure est de 9,5 MHz pour un taux d'échantillonnage de 125 MHz et il met en jeu 32 *taps*. On voit qu'il atteint une atténuation de 40 dB. Les zéros du filtre sont placés de manière à toujours produire la plus mauvaise atténuation dans la courbe de la zone de suppression. Ce type de démarche s'appelle conception *equi-ripple* et conduit à une ondulation régulière même dans la bande passante. Ces filtres à ondulation équilibrée sont souvent les meilleurs que l'on puisse obtenir pour un ordre choisi. Quand on agrandit la zone de transition, on améliore généralement l'atténuation plus loin. Le concepteur d'Iowa-Hills offre toute une liste de possibilités pour

affiner le réglage du filtre. On peut sortir les coefficients du filtre dans un fichier et les transmettre au processeur de Red Pitaya. Notre programme de commande du filtre peut lire ce fichier et inscrire comme il faut les valeurs des coefficients en FPGA. Ce détour par le PC pour la conception n'est évidemment pas pratique, quand il existe un programme simple de conception de filtres qui tourne en toute autonomie sur Red Pitaya.

Concepteur de filtres de Parks-McClellan sur Red Pitaya

Il existe une foule de sources pour la conception *equi-ripple*. La plupart remontent à l'œuvre originale en langage Fortran [4]. Nous avons adapté le programme en Java [5] de manière à ce qu'il tourne sur Red Pitaya. Il permet de développer des filtres passe-haut, passe-bande, passe-bas et à réjection de bande (*notch*). À titre d'exemple, la **figure 10** représente la courbe de transmission d'un passe-bande. On y voit bien l'ondulation dans les plages d'atténuation et de transition.

Les paramètres nécessaires au calcul du filtre sont soumis au programme dans la ligne de commande. Le programme développe alors le filtre correspondant et en charge les coefficients dans le FPGA. Il en assure en même temps l'échelonnement, de façon à utiliser le plus possible de bits parmi les 18 des coefficients.

On voit à la **figure 11** l'allure de la courbe d'un filtre coupe-bande. La baisse d'amplitude vers les plus hautes fréquences est due au filtre de sortie analogique derrière le CN/A de Red Pitaya.

Vous savez maintenant comment développer un filtre FIR sur Red Pitaya et l'utiliser. Les filtres envisagés jusqu'ici étaient tous symétriques et donc à régime de phase linéaire. En acceptant aussi des filtres à phase non linéaire, on s'octroie la possibilité de réaliser des filtres IIR. Comment s'y prendre avec Red Pitaya, c'est ce que nous verrons dans la deuxième partie de cet article. ◀

(150706 – version française : Robert Grignard)

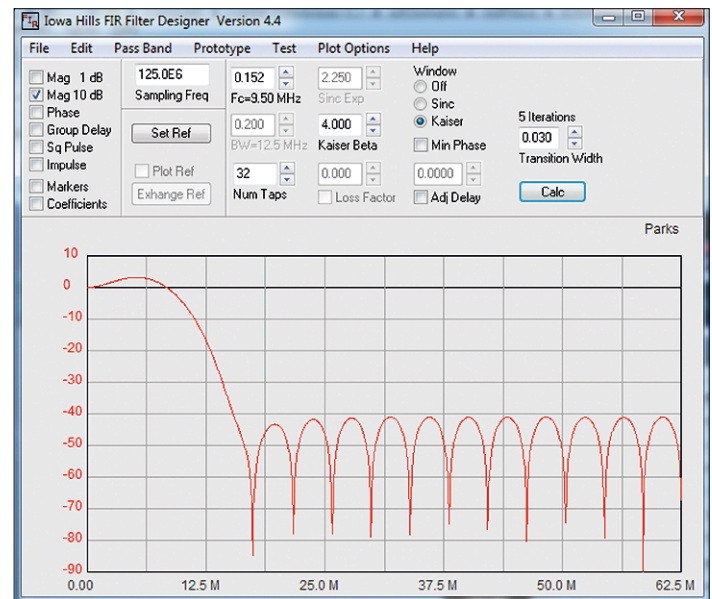


Figure 9. Interface du concepteur de filtres d'Iowa Hills.

Liens et littérature

- [1] *Red Pitaya en récepteur FM stéréo*, Elektor 10/2015 : www.elektormagazine.fr/150326
- [2] *le filtrage numérique sans stress*, Elektor 01/2016 : www.elektormagazine.fr/150635
- [3] *7 Series DSP48E1 Slice User Guide*, Xilinx : www.eeweb.com/blog/xilinx/7-series-dsp48e1-slice-user-guide
- [4] T. W. Parks and J. H. McClellan. *Chebyshev approximation for nonrecursive digital Filters with linear phase*. *IEEE Trans. on Circuit Theory*, 19:18994, 03/1972 et <http://michaelgellis.tripod.com/dsp/pgm21.html>
- [5] <http://afni.nimh.nih.gov/pub/dist/src/FIRdesign.c>

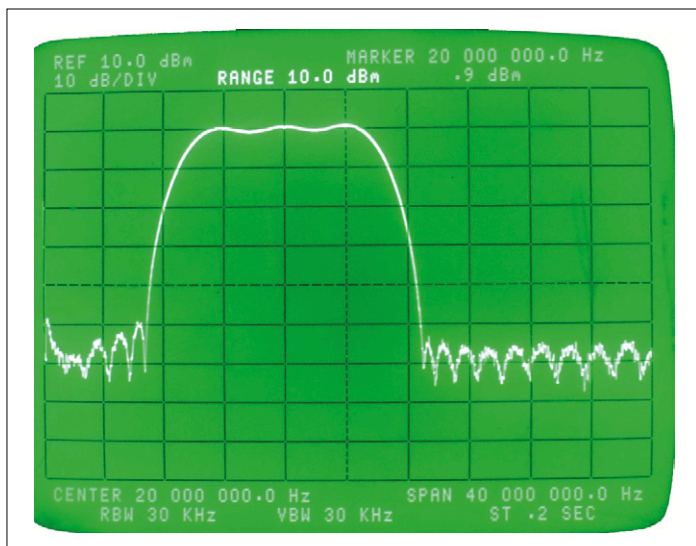


Figure 10. Caractéristique de fréquence du filtre passe-bande FIR.

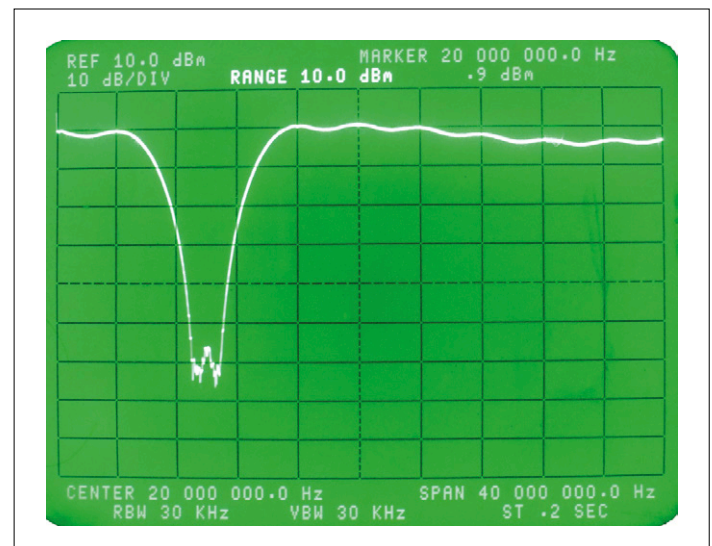


Figure 11. Caractéristique de fréquence du filtre coupe-bande FIR.

Swiss Pi

couteau suisse pour Raspberry Pi

Ilse Joostens & Peter S'heeren (Belgique)

L'ordinateur mono-carte Raspberry Pi est apparu au printemps 2012. Quatre ans plus tard, il est toujours très populaire. La fondation Raspberry Pi ne s'est pas endormie sur ses lauriers ; fin février 2016, elle a présenté au grand public la version 3. Si RPi rencontre un tel succès, c'est sûrement grâce à son connecteur GPIO à 40 contacts qui permet de raccorder facilement des extensions.



Comparé à celui de l'Arduino, le connecteur GPIO (E/S d'usage général) de Raspberry Pi présente certaines limita-

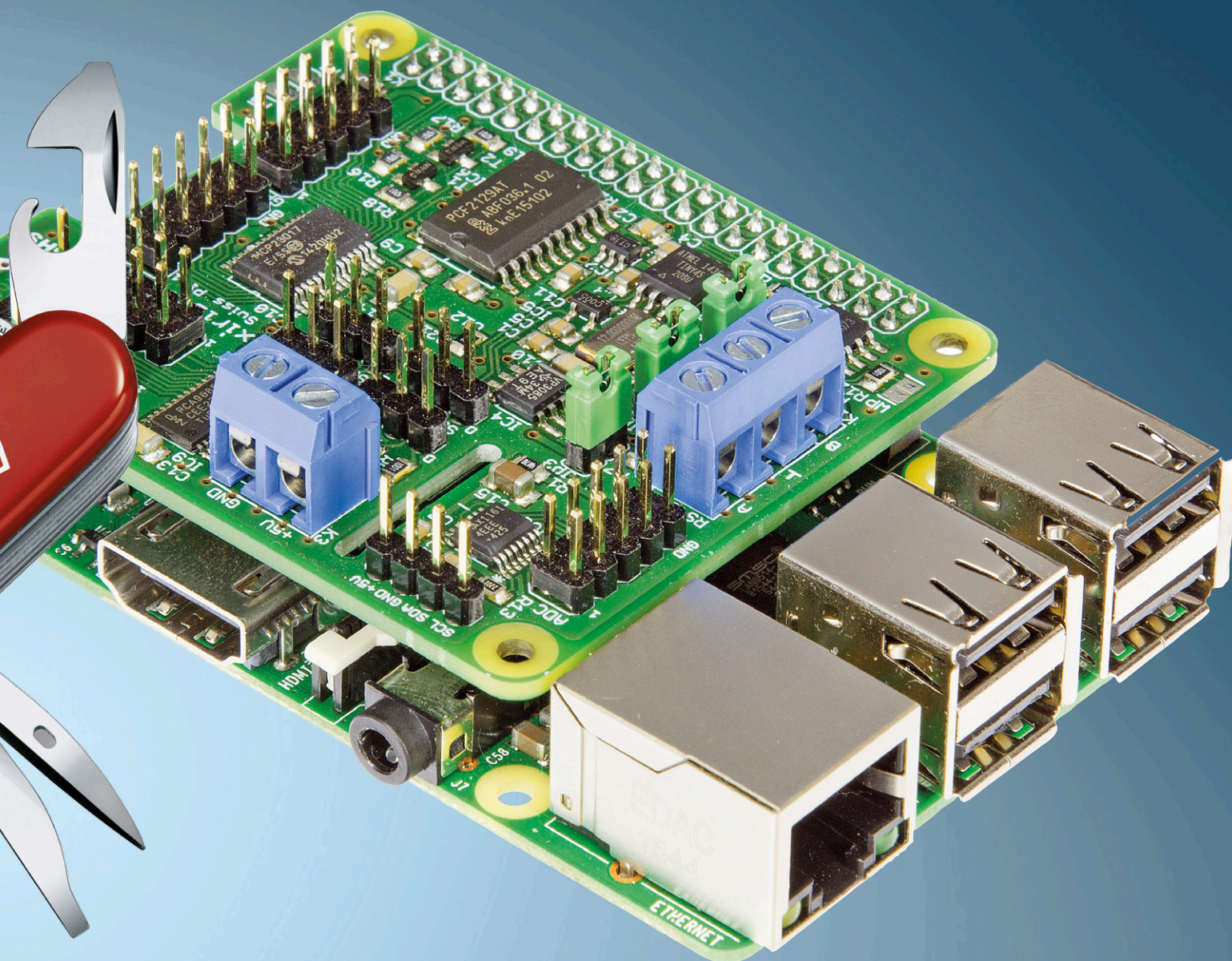
tions. Ainsi, les lignes de GPIO, directement branchées à l'unité centrale, sont très vulnérables et côté signaux MLI, une

seule broche est disponible. Il lui manque aussi des entrées analogiques (CA/N). Le HAT (*Hardware Attached on Top*, matériel en impériale) Swiss Pi pallie ces manques et ajoute même des fonctions comme une horloge en temps réel et une interface RS485.

Le logiciel correspondant est disponible gratuitement sur [1], il fonctionne aussi bien sous Linux que Windows. Plusieurs clients peuvent utiliser des composants de Swiss Pi en même temps via un programme de serveur. On peut aussi s'adresser au serveur en différents langages tels que Python et PHP. C'est pourquoi on peut envisager de commander la carte avec une interface web via l'inter-

Caractéristiques

- 16 lignes d'E/S à usage général avec résistance commutable, niveau 5 V
- 16 canaux MLI à 12 bits, réglables de 24 à 1 526 Hz, niveau 5 V
- 4 connecteurs pour servomoteurs (répartis sur les canaux MLI 0 à 3) + connecteur d'alimentation
- 8 entrées CA/N à 12 bits, plage de 0 à 4,096 V
- interface RS-485 semi-duplex selon norme TIA/EIA-485A avec protection contre les décharges électrostatiques
- horloge en temps réel précise avec pile de secours, précision de 3 ppm
- connecteur d'extension I²C, niveau 5 V
- ID EEPROM



net. Enfin, une interface utilisateur de type graphique, bien ordonnée, facilite l'utilisation des fonctions de la carte, d'où une grande simplicité pour les essais par exemple.

Le matériel

En vrai canif suisse, la carte offre une panoplie d'outils pratiques, le schéma de la **figure 1** vous en convaincra. Passons-les donc en revue.

Extension d'E/S

Pour commander les 16 lignes de GPIO, nous avons choisi une extension d'E/S MCP2307 dotée de l'I²C. On peut configurer chacune de ces lignes en entrée à

haute impédance, entrée à résistance de polarisation ou sortie. C'est une combinaison très répandue avec le RPi, si bien que de nombreux exemples de programmes et des informations sous forme de tutoriels sont disponibles.

Contrôleur MLI

Le PCA9685 est un pilote de LED I²C à 16 canaux, c'est lui qui va produire les signaux MLI. Avec une fréquence MLI réglable entre 24 et 1 526 Hz et une précision de 12 bits, ce pilote de LED (RGB) est aussi doué pour la commande de moteurs à CC (avec pont MOSFET) et de servomoteurs de modélisme. Dans cette dernière application, les canaux 0

à 3 sont reliés à quatre connecteurs tri-polaires pour mettre en œuvre directement des servomoteurs. Vu la gourmandise de certains servos, on ne les alimente pas depuis le RPi, mais par une source externe branchée sur K3. Si vous utilisez plus de quatre servos, à vous de prévoir des raccordements supplémentaires.

Combiné à un filtre actif à réseau RC (**fig. 2**), le PCA9685 pourra aussi servir de convertisseur N/A, afin de fournir des signaux de commande de 0 à 10 V pour des gradateurs, par exemple.

Convertisseur A/N

Le convertisseur analogique/numérique utilisé, un MAX11614EEE+, compte

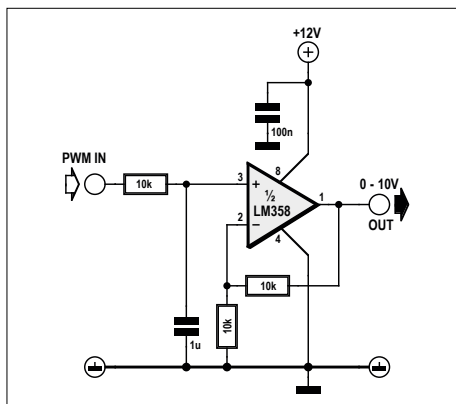


Figure 2. Comment fabriquer une belle tension analogique à partir de la MLI.

extérieures ou reliés par de longs câbles, n'hésitez pas à ajouter deux diodes Schottky et une résistance par sécurité (**fig. 3**).

Interface RS-485

Grâce à l'interface RS-485 sur le Swiss Pi, on peut communiquer avec de nombreux appareils sous protocole Modbus, ce qui ouvre un monde de possibilités. Nous avons relié l'interface RS-485 à l'UART standard de RPi au moyen d'une puce pas trop chère qui passe de SPI à RS-485. Elle a le bon goût de s'abstenir de pilote spécial. L'inconvénient, c'est la difficulté de commuter le transceiver RS-485 de mode *émission* en mode *réception* (signal RE/DE) après l'envoi d'un mot. Le matériel du RPi ne dispose d'aucun moyen approprié et faire effectuer cette tâche par logiciel en utilisant une ligne GPIO pour la commutation ne serait pas fiable, vu que Linux n'est pas un SE en temps réel.

Alors, on y colle le petit microcontrôleur IC3, un ATtiny45, et une porte NON-ET (IC5). Quand l'interface série est au repos et IC3 aussi inactif, les deux entrées de la porte logique sont hautes, donc la sortie basse met le transceiver RS-485 en mode *lecture*. Dès que le Raspberry Pi commence à transmettre, l'entrée A de la porte est abaissée par le flanc descendant du signal TX (bit de départ). La sortie devient haute, ce qui met le transceiver immédiatement en mode *émission*. Le

signal TX arrive aussi à la broche 1 de l'ATtiny et quand il détecte ce flanc descendant, l'entrée B de la porte devient basse. De ce fait, le transceiver reste en mode *émission*, même quand le signal TX redevient haut. Après un délai réglable, l'ATtiny remet l'entrée B de la porte au niveau haut. Il faut choisir cette période pour qu'elle se termine juste avant la fin du dernier bit d'arrêt, après quoi le transceiver retourne en mode *lecture*.

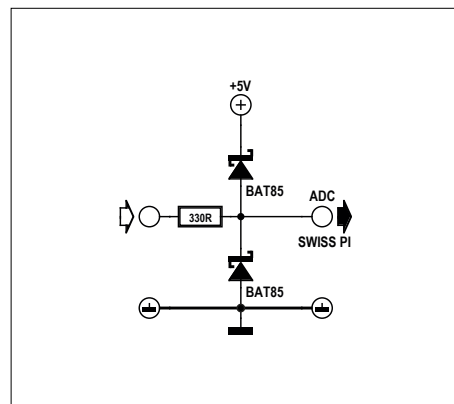
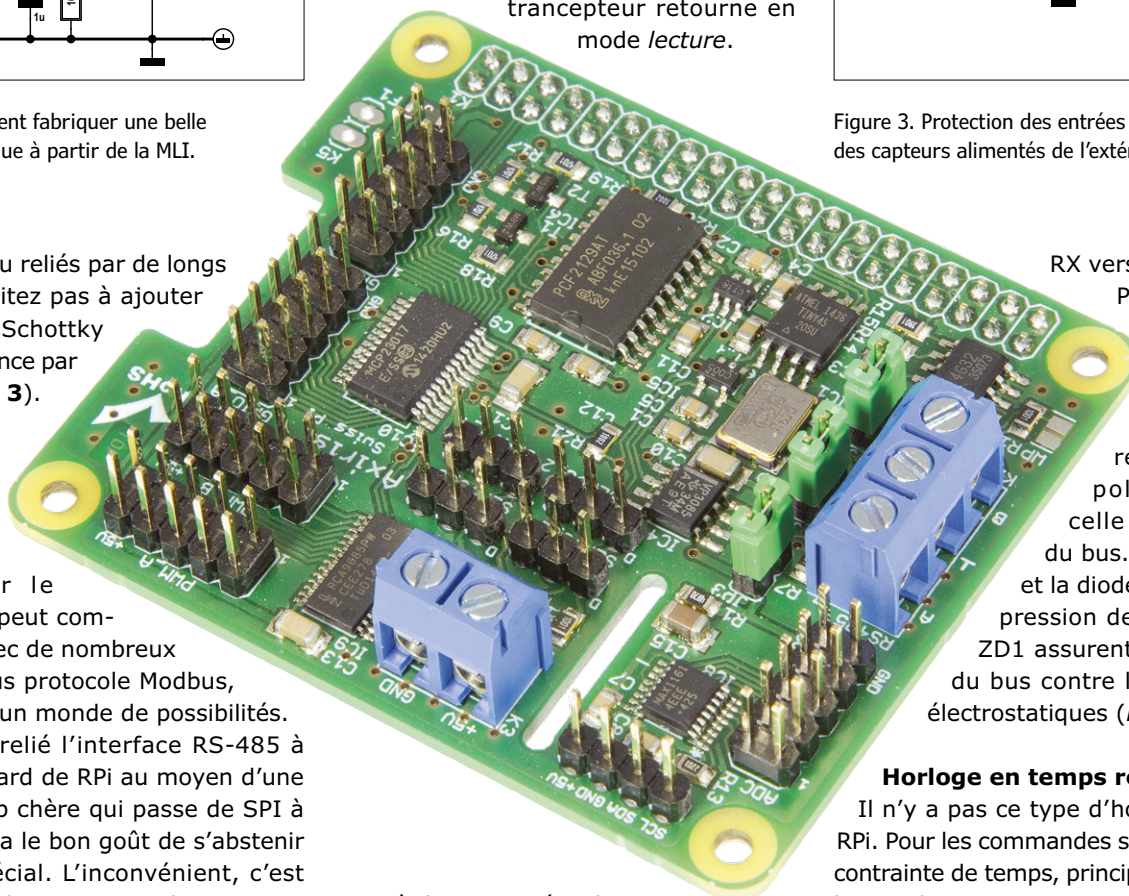


Figure 3. Protection des entrées du CA/N pour des capteurs alimentés de l'extérieur.



RX vers le Raspberry Pi. Les cavaliers JP1, JP2 et JP3 permettent de configurer les résistances de polarisation et celle de bouclage du bus. Enfin, R2, R3 et la diode Transil (suppression de transitoires) ZD1 assurent la protection du bus contre les décharges électrostatiques (ESD).

Horloge en temps réel

Il n'y a pas ce type d'horloge dans le RPi. Pour les commandes soumises à une contrainte de temps, principalement dans les applications autonomes où aucune connexion internet n'est disponible (pour donner la date et l'heure), une horloge en temps réel est bien pratique. Nous avons choisi un PCF2129 à quartz intégré. Non seulement bon marché, cette puce est aussi très précise (à 3 ppm) et compensée en température. Une pile bouton CR2032 fournit une alimentation secourue d'une durée de vie de dix ans environ.

Avec K5, on peut accéder à un second horodateur. Toutes les informations à ce sujet se trouvent dans la fiche technique du PCF2129A.

Convertisseur de niveau I²C, ID EEPROM, polyfuse

À l'exception de l'horloge en temps réel, toutes les puces I²C sont alimentées en 5 V. Les lignes SDA et SCL demandent une adaptation du niveau, c'est le rôle

On règle cette période par l'interface SPI du RPi en fonction du débit binaire, de la longueur de mot, des bits de parité et du nombre de bits d'arrêt. Nous ne pouvons pas utiliser l'I²C ici, parce que l'ATtiny n'a qu'une interface USI (*Universal Serial*) limitée, ce qui entraîne qu'une grande partie du protocole I²C (esclave) doit être réalisée en logiciel. Ce n'est évidemment pas aussi rapide qu'en matériel et il faudrait donc recourir à un allongement de la période d'horloge (*clock stretching*) pour que l'ATtiny puisse suivre le bus I²C. Une erreur matérielle dans le maître I²C du RPi empêche d'effectuer cet allongement, raison pour laquelle nous avons dû nous rabattre sur le SPI.

Le transceiver RS-485 est ici alimenté en 5 V, la puce IC2 effectue l'adaptation nécessaire du niveau à 3,3 V pour la ligne

des deux MOSFET à canal N T1 et T2 avec les résistances R16 à R19. Le fusible réarmable F1 limite la consommation totale à 350 mA. C'est suffisant pour le bon fonctionnement du RPi, même avec une alimentation de moindre puissance. Mais il faut tenir compte de cette limite lors du branchement d'extensions sur les connecteurs GPIO et MLI.

Il y a encore cette ID EEPROM IC7, nécessaire pour se conformer à la spécification HAT de RPi. L'idée est que le noyau Linux la lit au moment de l'amorçage et se sert de ces informations afin de configurer correctement pour le HAT (autoconfiguration / structure interne) les lignes GPIO du RPi. À notre connaissance, les explications sur le sujet sont très limitées.

Circuit imprimé

La **figure 4** montre le côté composants du circuit imprimé développé pour le Swiss Pi, l'envers est à la **figure 5**.

Le logiciel

Serveur Swiss

Le programme *Swiss Server* offre les fonctions de Swiss Pi sur des ports de réseau et des E/S normales suivant un protocole de communication spécial. Le serveur accepte des connexions clients multiples, si bien que plusieurs clients peuvent travailler simultanément avec le Swiss Pi, ce qui permet une grande souplesse.

Le protocole de communication repose sur l'échange de commandes et de réponses codées au format ASCII. Un client envoie une commande au serveur, le serveur retourne une réponse quand la commande a été exécutée. Grâce à cette syntaxe, on peut facilement piloter le serveur, directement ou avec un logiciel tiers.

Le serveur connaît un grand nombre de commandes pour travailler avec le Swiss Pi. Le protocole de communication est totalement asynchrone, si bien qu'un client n'a pas besoin d'attendre une réponse avant d'envoyer une nouvelle commande. Les clients peuvent envoyer plusieurs commandes à la suite, ce qui renforce grandement l'efficacité du système. Option : chaque commande peut comporter un numéro d'identification qui sera renvoyé dans la réponse.

Accessoirement, le serveur peut aussi échanger directement des octets de données entre l'interface RS-485 et un port réseau. Si vous désactivez cette option, les clients pourront utiliser des commandes pour envoyer des octets de données par l'interface RS-485.

Le serveur Swiss travaille tant sous Linux que sous Windows, mais pour le second cas, il faut une carte d'adaptation (AxiCat) entre le Swiss Pi et l'USB de l'ordinateur. Au sujet d'AxiCat, un prochain article donnera les informations nécessaires.

Commande de la liaison RS-485

Ce programme converse avec l'ATtiny afin de configurer les fonctions RS-485, au moyen d'un jeu de registres accessible par l'interface SPI. Si vous employez le serveur Swiss, vous n'aurez probablement que rarement besoin de ce programme,

Liste des composants

Résistances :

(0805, sauf mention contraire)

R1 = 4,7 Ω

R2, R3 = 10 Ω , résistante aux impulsions

R4 = 100 $\Omega \geq \frac{1}{4}$ W

R5 = 120 $\Omega \geq \frac{1}{4}$ W

R6 à R12 = 1 k Ω

R13 = 2,2 k Ω

R14, R15 = 3,9 k Ω

R16 à R19 = 4,7 k Ω

R20 à R21 = 10 k Ω

Condensateurs :

C1 à C11 = 100 nF, 0805

C12 à C14 = 1 μ F, 1206

C15 = 10 μ F, 1206

Semi-conducteurs :

T1, T2 = BSN20

IC1 = oscillateur à quartz CMS 12 MHz, type LFSPX0018037

IC2 = SN74LVC1T45DBVR

IC3 = ATtiny45-20SU

IC4 = SN65HVD3085EDG4

IC5 = SN74LVC1G00DBVR

IC6 = PCF2129AT

IC7 = EEPROM 32 kbit, I²C, type BR24G32FJ-3GTE2

IC8 = MAX11614EEE+

IC9 = PCA9685PW,112

IC10 = MCP23017-E/SS

ZD1 = diode de suppression de transitoires, 12 V, type CDSOT23-SM712

Divers

F1 = fusible réarmable, 16 V, 0,35 A, type 1206L035/16YR

B1 = coupleur de pile bouton 2032

K1 = support 2x20 broches au pas de 2,54 mm

K2 = bornier à 3 vis pour bus RS-485 au pas de 5 mm

K3 = bornier à 2 vis au pas de 5 mm

K4 = embase à 1x4 picots au pas de 2,54 mm

K5 = embase à 1x2 picots au pas de 2,54 mm

ADC = embase à 2x5 picots au pas de 2,54 mm

PWM_A, PWM_B = embase à 2x5 picots au pas de 2,54 mm

GPIO_A, GPIO_B = embase à 2x5 picots au pas de 2,54 mm

SERVO_1 à SERVO_4 = embase à 1x3 picots au pas de 2,54 mm

JP1 à JP3 = embase à 1x2 picots au pas de 2,54 mm

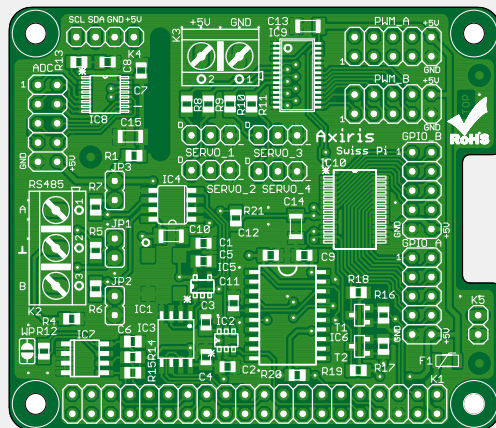


Figure 4. La face « composants » du circuit imprimé compact, exactement adapté au Raspberry Pi.

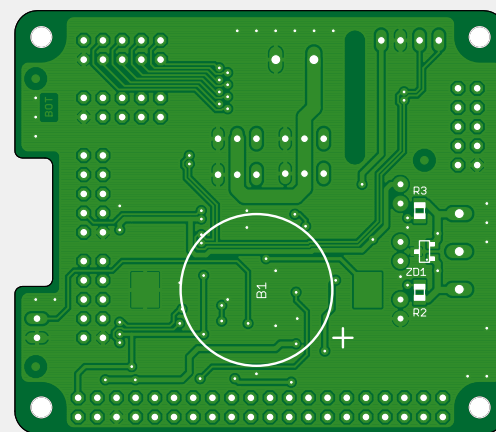
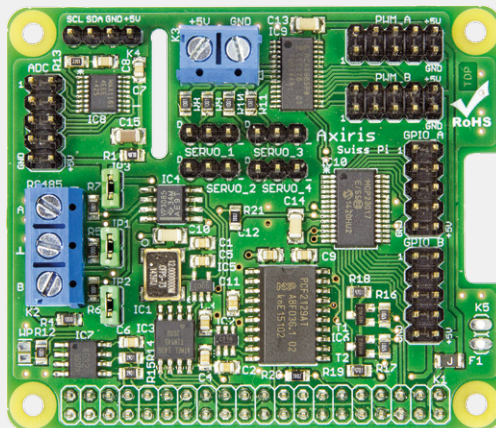


Figure 5. Le tracé des pistes du circuit imprimé.

puisque le serveur Swiss propose les fonctions RS-485 les plus couramment utilisées.

Il y a dans le programme une procédure pour déterminer les temps en mode *émission*. Elle est exécutable sur le Swiss Pi tout seul, sans aucun autre matériel spécifique.

I/O Card Explorer

La **figure 7** présente l'interface graphique interactive du programme *I/O Card Explorer* qui facilite le travail avec les puces I²C sur le Swiss Pi. Il y a différentes manières de communiquer avec le matériel. Si ce programme tourne sur RPi, il commande directement le Swiss Pi et il en a même l'exclusivité.

Quand c'est le serveur Swiss qui pilote le Swiss Pi, vous pouvez demander à *I/O Card Explorer* de communiquer avec le matériel via le serveur Swiss. Il est alors possible d'exécuter le programme sur un autre ordinateur et de le mettre en liaison avec le serveur Swiss via un réseau. Plusieurs instances du programme et d'autres clients peuvent communiquer simultanément avec le serveur Swiss, donc plusieurs utilisateurs peuvent travailler en parallèle avec le Swiss Pi.

Extensions

La mise en œuvre de Swiss Pi dans le monde réel demandera certainement des extensions spécifiques qu'il est utile de prévoir. Nous pensons entre autres à une carte à relais électromécaniques/statiques, une carte avec des entrées numériques isolées galvaniquement, un adaptateur pour boucle de courant de 4 à 20 mA, des pilotes de gradateur de 0 à 10 V, des commandes de moteur à CC avec pont en H, une carte de pilotes RVB pour ruban de LED, etc. Sur le connecteur I²C de Swiss Pi, on peut monter notre mini-hôte à 8 canaux de type 1-wire, pour ajouter des composants comme les capteurs de température DS18B20.

Enfin, il y a encore une variante de Swiss Pi pour BeagleBone : le Swiss Cape, comparable à Swiss Pi quant au matériel et qui utilise le même logiciel.

Les fichiers du projet (Eagle) et les fichiers Gerber sont disponibles sur [1]. Vous pouvez aussi vous procurer le module assemblé Swiss Pi à l'e-choppe [2].

(150584 – version française : Robert Grignard)

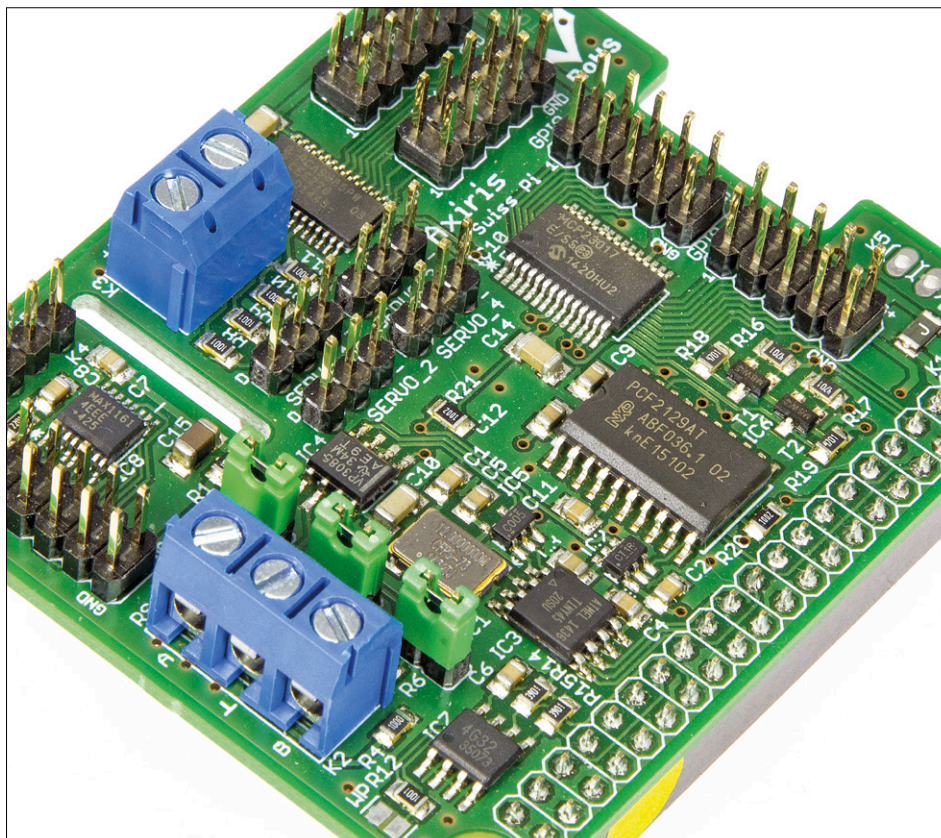


Figure 6. Le module assemblé de notre prototype.

Liens

[1] www.elektormagazine.fr/150584

[2] www.elektor.fr/swiss-pi

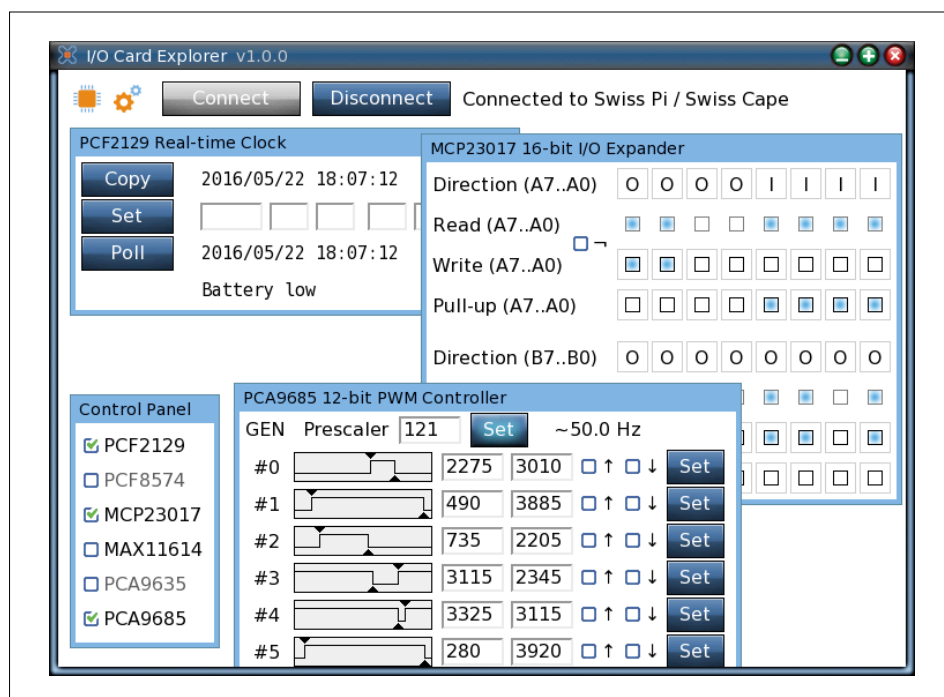


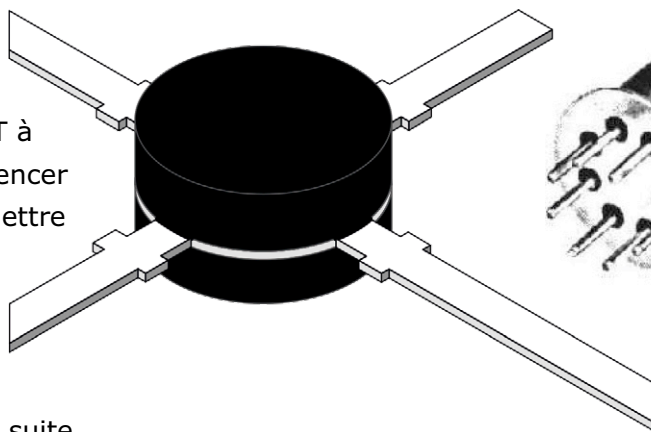
Figure 7. Un écran de l'appli « I/O Card Explorer » de ce projet.

émetteur FM Picowatt

avec un BF961 en Fetron

Hans-Norbert Gerbig (Allemagne)

Le BF961 est simplement un MOSFET à double grille. Mais on peut aussi l'agencer pour en faire un Fetron capable d'émettre en ondes ultracourtes. Il consomme très peu et sa faible puissance de sortie le désigne fort bien pour tester des radios FM. Intrigué par le terme Fetron ? Vous devriez lire la suite...



Au labo comme à l'atelier, il est toujours utile d'avoir sous la main un petit émetteur FM pour tester et mettre au point des récepteurs. Encore faut-il qu'il n'entre pas en conflit avec les règlements et autres dispositions légales ainsi que les services officiels de détection des interférences radio. Vous ne risquez rien avec celui-ci, sa faible puissance ne lui donne qu'une portée confidentielle et son circuit est très simple à construire.

Fetron

Peu après l'invention du transistor, du moins vu d'aujourd'hui, en 1972, la société Teledyne Semiconductor a présenté un semi-conducteur spécial, le Fetron conçu pour remplacer au minimum les tubes à vide pentodes en vue de prolonger la vie d'appareils de grand prix ou de circuits éprouvés. C'est que les lampes à vide et à filament rougeoyant étaient, dès le début

des années 70, menacées d'extinction (un comble !).

La **figure 1** montre la découverte révolutionnaire dans toute sa splendeur. La mise en cascade de deux FET à haute tension, à canal N, crée un semi-conducteur tripolaire qui présente une caractéristique très similaire à celle d'un tube pentode. Grâce à une tension maximale supérieure (350 V), une fréquence maximale plus élevée et d'autres propriétés similaires, ce composant peut remplacer directement un tube, et en plus sans chauffage. Le lien [1] conduit à l'offre originale du distributeur Omni Ray où se procurer ce composant phénoménal au prix tout aussi fabuleux de 46 francs suisses – la pièce !

Émetteur FM

Haute fréquence et caractéristiques d'une pentode, je me suis dit qu'il y avait là l'opportunité de construire d'excellents circuits

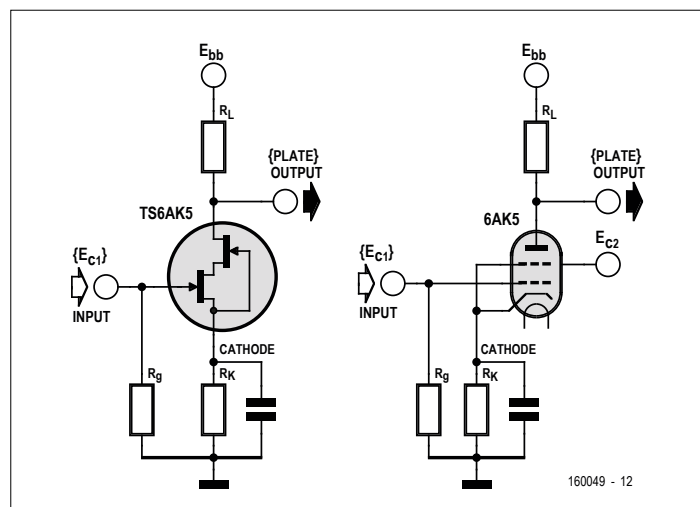


Figure 1. À droite, le tube pentode 6AK5 et à gauche, son remplacement par un Fetron du nom de TS6AK5 de Teledyne.

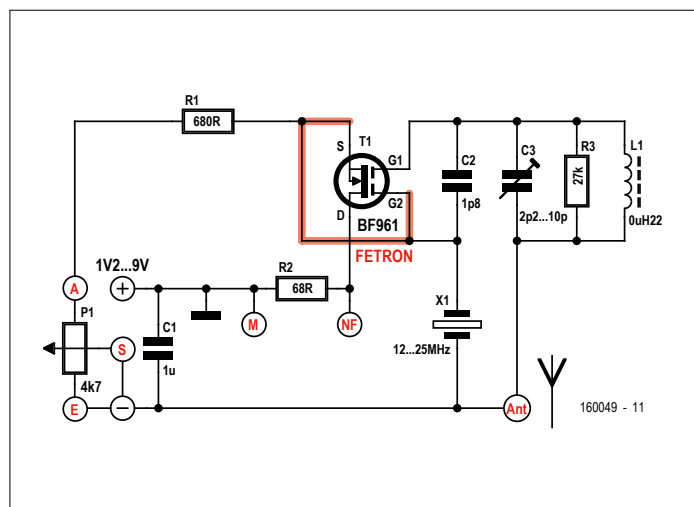


Figure 2. Le circuit de l'émetteur Picowatt avec un simili Fetron en montage à source commune.

HF. Mais aujourd'hui, dénicher un Fetron qui marche serait une chance hors du commun. Aussi, mieux vaut trouver un substitut du remplaçant du tube ! Et en réalité, cela fonctionne : on peut vraiment câbler un (plus moderne) MOSFET à double grille de manière à ce qu'il présente une caractéristique similaire à celle du Fetron. Comme on n'a plus besoin de haute tension non plus, un BF961 fera l'affaire. On arrange subito le substitut du remplaçant comme l'expose la fiche technique [2.] La question palpitante est alors : comment changer un MOSFET à double grille en un composant pareil au Fetron ?



La réponse est simple : relier sa grille 2 à la source. La **figure 2** montre comment alors faire de ce simili Fetron, avec quelques composants de plus, un petit émetteur HF de très petite puissance, modulable en fréquence qui, grâce à sa haute impédance propre, ne consomme qu'un courant étonnamment faible. Le pseudo Fetron est ici monté en source commune. Le signal modulant est injecté, à basse impédance, sur l'entrée NF par rapport à la masse M. Il modifie la tension d'alimentation. Le fond de l'affaire, c'est de faire continuer le circuit à osciller à sa fréquence propre à la même amplitude. La plage de variation de la fréquence naturelle correspond exactement au signal BF modulant, mais à gauche et à droite de la bande passante, les bandes latérales parasites, modulées en amplitude, sont pratiquement coupées. Il ne reste que la modulation de fréquence désirée !

Comment y arrive-t-on ? Le rétro-couplage de l'oscillateur va de la connexion source/grille 2 vers le quartz pris en série avec le condensateur C2, en parallèle sur le circuit résonant. Le condensateur d'ajustage C3 permet de régler l'oscillateur en résonance sur un harmonique (*overtone*) du fondamental du quartz. Le signal de modulation BF est couplé à basse impédance par l'intermédiaire d'un simple ampli BF de faible puissance ou par la sortie casque ou haut-parleur d'un appareil audio. Le condensateur C1 réduit la sensibilité au ronflement. La consommation étonne par sa modicité, malgré la grande plage de tension d'alimentation entre 1,2 et 9 V. L'oscillateur démarre déjà à 0,3 mA. Une valeur de réglage stable pour

toute la plage d'alimentation est possible dès 0,6 mA. Autant dire qu'on mettra une pile.

Construction et test

Pour ce montage très simple, j'ai développé un circuit imprimé dont les fichiers de tracé sont disponibles sur la page de cet article [3]. Comme il s'agit de fichiers issus de Sprint Layout, un programme assez peu répandu, vous pouvez toujours installer sans difficulté le montage sur une plaque d'essai à bandes cuivrées, même si elle n'est pas prévue pour la HF, et vous inspirer de la **figure 3**. Les quelques composants y sont vite soudés. Au lieu de câbler un potentiomètre ordinaire entre les points A, S et E, vous pouvez laisser le circuit un peu plus long à gauche pour y souder à demeure un modèle ajustable, le grand modèle de préférence. Il faut juste faire attention en manipulant le MOSFET en raison de sa sensibilité avérée aux décharges électrostatiques : mise à la terre souhaitée !

Installation et vérifications terminées, branchez la source de courant et un signal audio. Réglez P1 pour la consommation recommandée de 0,6 mA. Approchez alors de l'émetteur un récepteur FM pour chercher sa fréquence d'émission. Si vous ne la trouvez pas, modifiez un peu le réglage de C3 et réessayez. Quand vous le recevez, réglez l'amplitude du signal audio pour que le son ne soit pas distordu. C'est fini !

Encore un conseil : une augmentation de la tension élève la puissance HF. À proximité du récepteur, une antenne est superflue. Picowatt en rayonne déjà suffisamment.

(160049 – version française : Robert Grignard)

Liens

[1] Fetron : <http://goo.gl/RrIOW8>

[2] BF961 : <http://goo.gl/xNha5N>

[3] www.elektormagazine.fr/160049

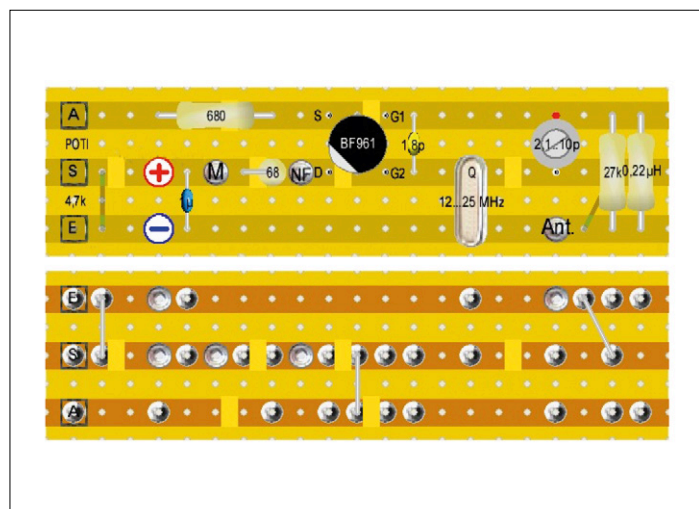


Figure 3. Un bout de plaque d'essai à trois bandes cuivrées suffit à la construction de l'émetteur Picowatt.

Liste des composants

Résistances :

à couche de carbone 5 %

R1 = 680 Ω

R2 = 68 Ω

R3 = 27 k Ω

P1 = 4,7 k Ω , potentiomètre ou ajustable

Condensateurs :

C1 = 1 μ F, céramique ou à feuille

C2 = 1,8 pF, céramique

C3 = 10 pF, ajustable

Inductance :

L1 = 0,22 μ H fixe

Semi-conducteur :

T1 = BF961, p.ex. Vishay

Divers :

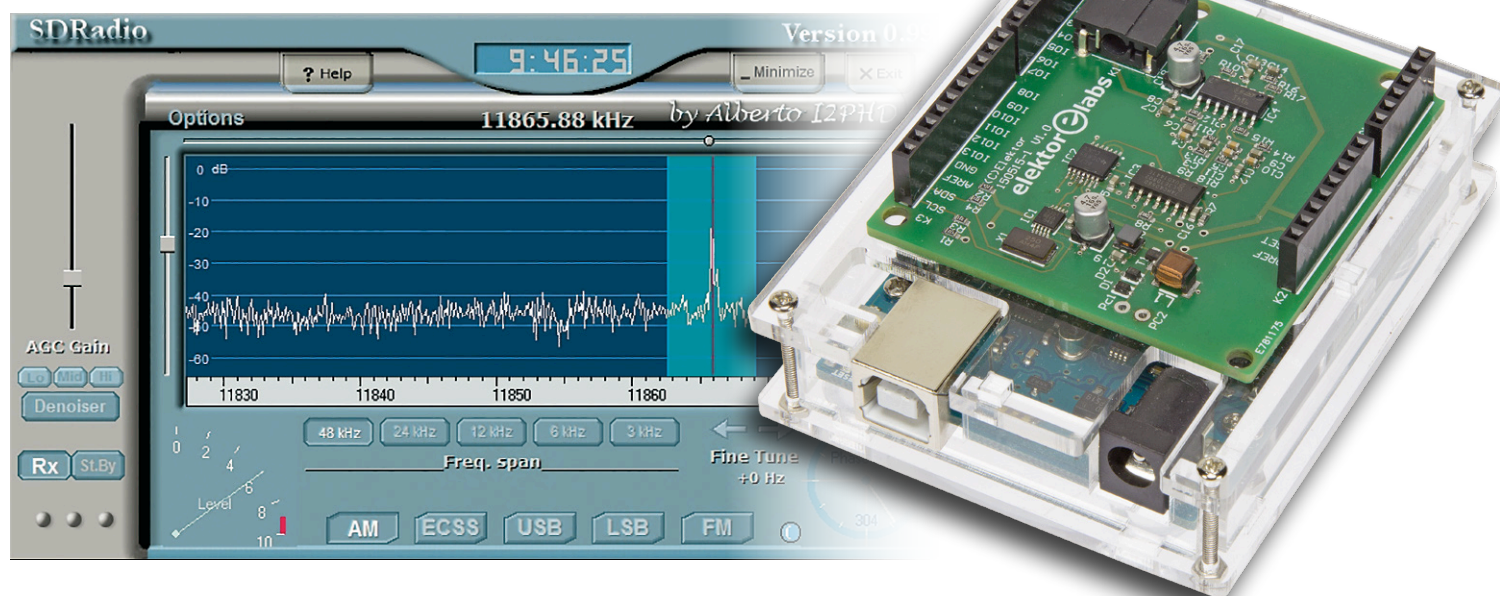
X1 = quartz 12 à 25 MHz, résonance série sur harmoniques

antenne

circuit imprimé ou plaque d'expérimentation 57,5 x 17,5 mm

SDR d'Elektor réinventé (2)

quel logiciel pour écouter la radio ?



Quoi de plus saugrenu qu'une radio logicielle sans logiciel ? En outre depuis la création de ce récepteur, tant de variantes et de fonctions sont apparues qu'il est difficile de s'y retrouver. Alors, détaillons ici les étapes à franchir pour parachever le récepteur.

Burkhard Kainka (Allemagne)

L'article précédent [2] a couvert la partie logicielle d'Arduino et la façon d'accorder le récepteur depuis le PC. Le récepteur fournit le signal IQ à la carte son. Ce qu'il en advient dépend du logiciel SDR utilisé. Il existe pour cela d'innombrables programmes, nous n'en verrons que trois ici.

Les préparatifs

Pour le moment, il suffit de brancher une antenne filaire à l'entrée du récepteur. Normalement, la mise à la terre est assurée par le conducteur de protection du PC. Tout ce qui concerne l'antenne sera traité ultérieurement. Mais voici déjà un moyen très simple pour réussir la première réception : un

atténuateur par potentiomètre (**figure 1**) fera des merveilles. Même une antenne relativement courte peut fournir, dans de nombreuses bandes et à certains moments, des signaux si forts qu'ils saturent le récepteur. Réduisez la tension et vous retrouverez une réception bien claire.

SDRadio

Si vous avez déjà essayé une radio SDR, vous connaissez certainement la SDRadio d'Alberto di Bene [1]. J'ai depuis lors écrit un programme nettement plus complet, HRSDR, mais SDRadio fonctionne toujours très bien sur les plus récentes versions de Windows et séduit par sa simplicité.

Il n'y a pas de logiciel à installer, il est plus simple de l'enregistrer dans un dossier de son choix et de le lancer par SDRadio.exe. On commence par indiquer (**figure 2**) la carte son à utiliser et son entrée audio. Si la carte son accepte le taux d'échantillonnage de 96 kHz, il est possible de travailler avec 48 kHz ou 96 kHz. Le décodage commence d'un clic sur RX.

Il faut alors lancer en parallèle le programme d'accord (**figure 3**) disponible sur [2]. Dès l'initialisation du VFO sur le *shield*, l'image dans SDRadio change et l'on aperçoit au moins une nette augmentation du bruit de fond.

Pour un premier essai, choisissons les grandes ondes. Le système d'accord permet de sélectionner séparément les bandes de radiodiffusion et celles pour amateurs (*Ham*). Un clic sur LW-MW règle la fréquence sur 531 kHz. Avec le curseur, on

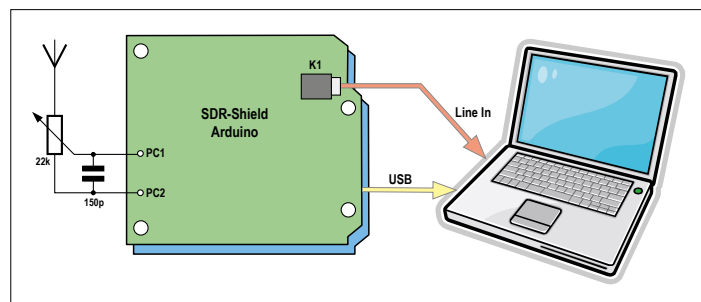


Figure 1. Atténuateur et filtre passe-bas sur l'entrée d'antenne.

peut alors déplacer l'accord dans les deux sens par bonds de 9 kHz. Sur les gammes plus élevées, par 5 kHz. Un clic sur le curseur agrandit le pas à 45 kHz. Comme la fenêtre SDR a une largeur de 48 kHz, il est possible de parcourir rapidement une bande et d'avoir un aperçu de ce qui s'y passe.

Profitons-en pour accorder plus bas pour recevoir la BBC sur 198 kHz. Les grandes ondes connaissent un regain d'intérêt depuis que beaucoup de stations locales en ondes moyennes ont cessé d'émettre. En grandes ondes, les conditions de propagation en journée sont assez constantes, on peut donc y espérer des signaux puissants.

Quand on pousse le potentiomètre à fond, le niveau de la porteuse atteint -20 dB (**figure 4**), le bruit de fond se situe à -55 dB. La réception semble fort distordue. En réduisant un peu, au réglage optimum, la porteuse descend de 5 dB, mais le bruit de fond ne représente plus que -70 dB environ (**figure 5**). La marge au bruit est ainsi passée de 35 dB à 45 dB, ce qui s'entend nettement. On peut alors élargir ou rétrécir la bande passante du récepteur pour chercher le son le plus pur. La largeur du filtre s'affiche par une bande bleu clair. D'un clic sur le bord, on l'élargit ou la rétrécit. L'adaptabilité de la largeur de bande est un gros avantage par rapport aux systèmes traditionnels des filtres à largeur fixe dans les récepteurs.

Le signal de la BBC est à présent à 12 kHz. À -3 kHz de là, on trouve Europe 1 sur 183 kHz qui est en dehors de la grille

à 9 kHz. Sans aucun changement de l'accord, avec une SDRadio, on peut passer directement sur cette fréquence et l'écouter tout de suite. Le plus chouette avec la radio logicielle, c'est qu'on voit toujours le voisinage de la fréquence captée. Et si par hasard un quelconque signal parasite survient, on peut aisément y remédier d'un léger décalage de la fenêtre de réception.

HSDR

C'est aussi d'Alberto di Bene que provient le programme nettement plus puissant HSDR à télécharger sur [3]. Il arrive avec un *installer* et s'annonce au premier démarrage par l'écran de paramétrage de la carte son de la **figure 6**.

Vient ensuite le choix de l'entrée. Dans le menu d'options (7), on clique sur *Select Input* pour choisir la carte son (**figure 7**). Avec d'autres paramètres, apparaît alors la fenêtre *Playback* que l'on peut fermer sans modification. C'est le moment de passer à la réception avec *Start*. Lors d'un prochain démarrage, il faudra de nouveau choisir l'entrée.

Le programme commence en mode SSB. On clique sur AM, puis on règle la fenêtre de réception à 12 kHz. Le LO (oscillateur local, *VFO*) est sur 28,5 kHz au premier lancement, il faut le mettre à zéro pour que l'affichage couvre -24 kHz à $+24$ kHz. Pour définir l'accord, on déplace le pointeur de la souris sur chaque chiffre de la fréquence pour l'ajuster au moyen de la molette de la souris.

Il est intéressant de pouvoir régler l'AGC, le contrôle automatique du gain, pour lequel quatre vitesses sont permises, *Fast*,

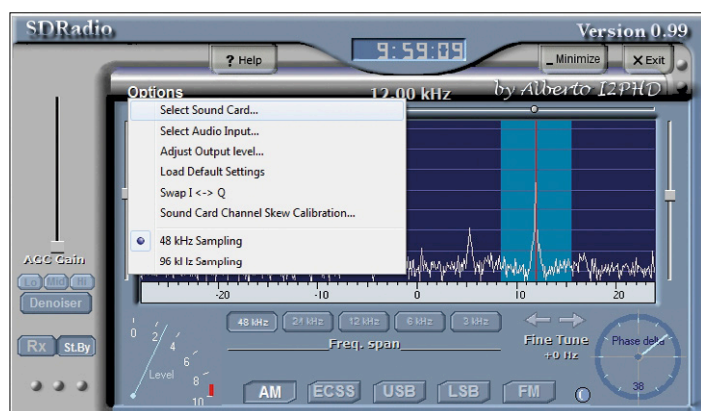


Figure 2. Les options du logiciel SDRadio.

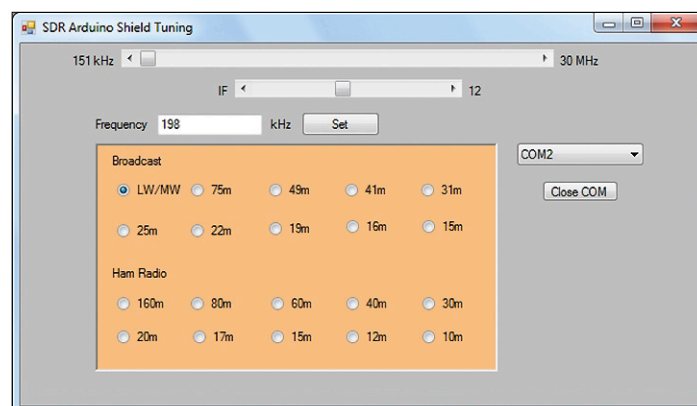


Figure 3. Accord sur 198 kHz.

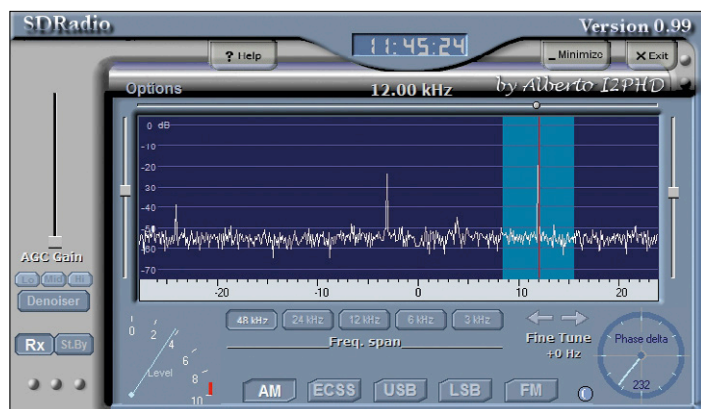


Figure 4. La BBC sur 198 kHz sans atténuateur.

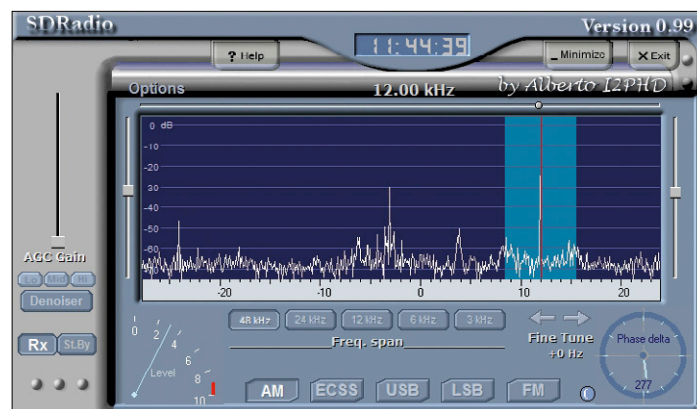


Figure 5. Le meilleur réglage de l'atténuateur avec filtre passe-bas.

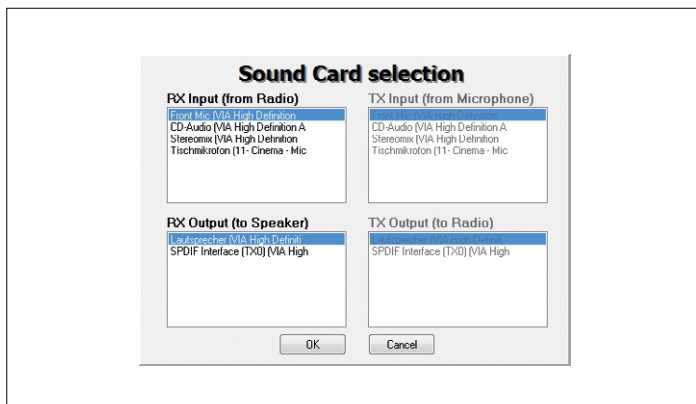


Figure 6. Les réglages dans le logiciel HSDR.

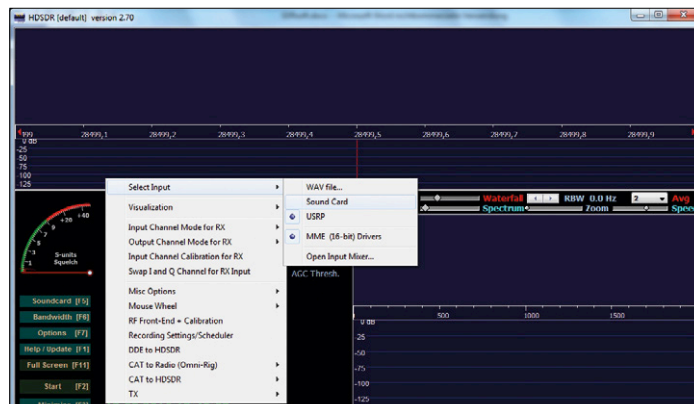


Figure 7. Sélection de la carte son pour le signal d'entrée.

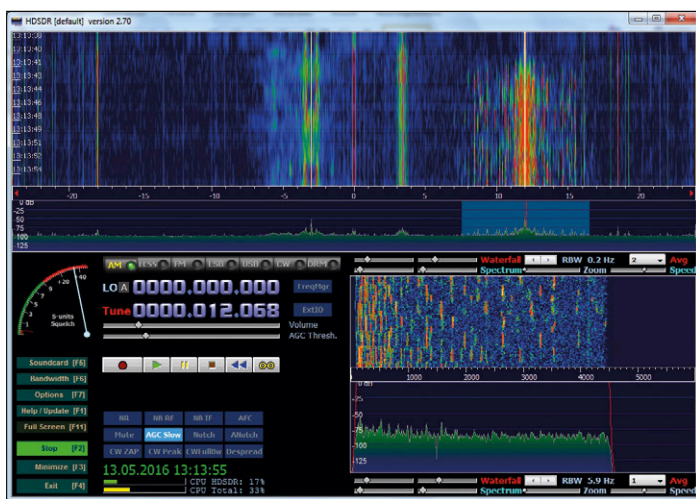


Figure 8. Réception optimale en AM.

Med, *Slow* et *Off*. Le réglage lent (*Slow*) s'applique particulièrement à l'AM, cependant, ce réglage peut conduire à des impulsions parasites. On peut y parer à l'aide du NB RF (*Noise Blanker*) tandis que NR (*Noise Reduction*) affaiblit notablement le bruit de fond. Quand tout est réglé au mieux, on peut débrancher l'AGC et retrouver un son très agréable et équilibré. Il y a dans le programme une fenêtre particulière (figure 8) pour représenter le signal BF démodulé. Une fine ligne rouge montre les flancs du filtre. Avec le bouton gauche de la souris, on peut déplacer cette limite et donc changer la largeur de bande.

Les ondes courtes sont intéressantes le soir, on peut y parcourir les bandes de radiodiffusion à la recherche de stations

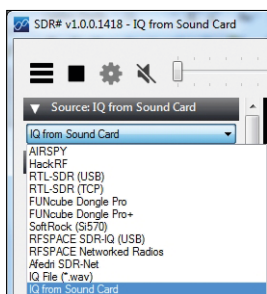
éloignées dignes d'intérêt. Mais on peut aussi écouter le trafic entre amateurs et des services commerciaux, souvent transmis en SSB ou CW.

SDR-Sharp (SDR#)

SDR# est un autre logiciel d'emploi universel. Le programme accepte les clés USB DVB-T et d'autres récepteurs UHF et est surtout employé sur les plus hautes fréquences. Il convient également pour le *shield* SDR. On télécharge le logiciel en [4]. Au premier démarrage, il faut choisir le matériel employé, la carte son comme entrée (figure 9). Le logiciel conserve ce réglage pour les démarrages suivants.

Le décodage est lancé avec le symbole marche/arrêt en haut, à gauche dans la figure 10. Il y a à une fonction de silencieux et de réglage de niveau. Le symbole Menu permet de le commuter en ou hors service, question de réduire tout ce qui n'est pas essentiel (figure 11). On peut régler aussi la fréquence de réception dans la gamme de 48 kHz et la largeur de bande. Changer la largeur de bande se fait d'un clic gauche sur le bord du filtre et en le déplaçant au besoin. La largeur de bande maximale est de 32 kHz, de manière à entendre plusieurs émetteurs voisins. Ce réglage trouve son utilité quand on veut analyser vite les différentes bandes d'ondes courtes. En journée, il peut y avoir de grands vides. Mais avec un clic prolongé sur le système d'accord et le réglage large en AM, on parcourt par des bonds rapides de 5 kHz la bande de radiodiffusion pour découvrir en peu de temps les quelques signaux intéressants. Après le coucher du soleil, la situation est tout autre. Cela vaut la peine de passer sous la loupe la bande des 41 m, mais à l'extérieur aussi, comme All India Radio (AIR) sur 7 550 kHz. Les réglages de l'AGC sont accessibles par le menu *Fonctions*. On peut y essayer tous les paramètres un à un. En règle générale, le *Noise Blanker* est désactivé parce qu'il déforme le son des stations AM. Ce n'est qu'en cas de perturbation intensive qu'on y fait appel, c'est comme pour les options de réduction de bruit.

Que seraient les ondes courtes sans le trafic amateur ? C'est surtout dans la bande des 40 m que l'on trouve une grande variété de communications vocales en SSB et des signaux morse en CW. Le plus souvent, on recherche une bande intéressante au moyen du système d'accord, puis on déplace la fréquence de réception voulue dans la fenêtre SDR. Il faut pour cela garder une vue d'ensemble de l'occupation de la bande visitée. En



SDRadio séduit par sa simplicité

Figure 9. Sélection du matériel utilisé, la carte son comme entrée.

mode CW (**figure 12**), on peut instaurer une bande passante très étroite pour séparer des signaux adjacents très proches et y pêcher hors du bruit des signaux très faibles. Il y a pas mal de radioamateurs qui ont une certaine fascination pour le QRP, l'établissement de liaisons avec la puissance d'émission la plus faible possible, ce qui peut les amener au QRS, transmettre avec une extrême lenteur pour pouvoir encore lire les signaux sous le niveau de bruit. Dans le diagramme en cascade, on voit souvent des signaux faibles à peine audibles.

En communication SSB (**figure 13**), on opère sans porteuse et avec une seule bande latérale. Dans les gammes inférieures jusqu'à 40 m, on utilise la bande latérale du bas (LSB), l'opposé dans les gammes supérieures. À la réception, le choix de la bonne fréquence est déterminant, parce qu'avec un accord imprécis, on entend une voix du style Mickey Mouse. Dans le spectre, il est plus facile de retrouver la position des signaux, parce que souvent, les passages les plus faibles de la voix sont noyés dans le bruit. Avec la souris, on adapte instantanément la fenêtre de réception pour rendre la parole bien compréhensible. Ici aussi, on profite de la vue d'ensemble de l'occupation de la bande. On peut ainsi sauter sur la station voisine pour l'écouter un petit coup. La cascade montre aussi ces stations qui sont presque couvertes par le bruit.

Le choix du logiciel de réception est un vaste sujet, cet article ne peut que jeter un coup de projecteur sur les principaux programmes et les paramètres clés. Ce n'est qu'une introduction, mais il y a encore du pain sur la planche, quand on pense aux différents modes numériques, aux télécopies météo, aux télécriteurs et à la radiodiffusion en DRM. Avec le *shield* SDR d'Elektor, toutes ces voies sont ouvertes. ◀

(160048 – version française : Robert Grignard)

Liens

- [1] <http://digilander.libero.it/i2phd/sdradio/>
- [2] www.elektormagazine.fr/150515
- [3] www.hdsdr.de
- [4] <http://airspy.com/download/>

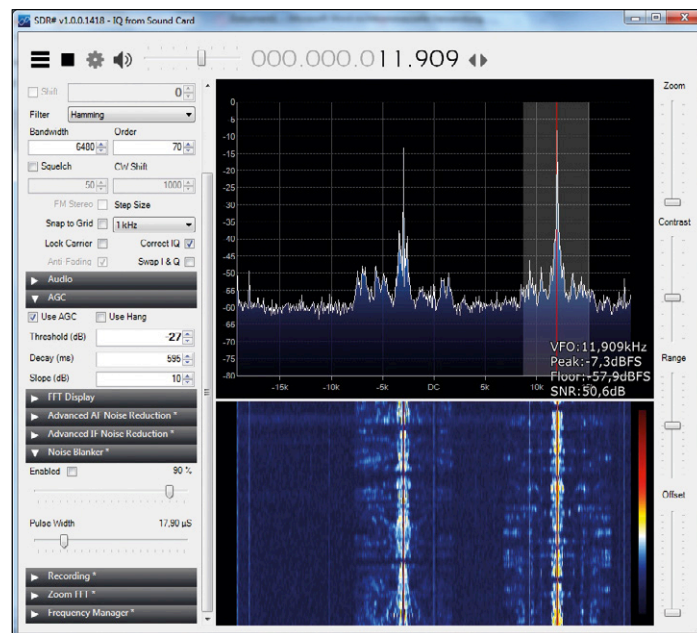


Figure 10. Réception en AM et affichage du rapport signal/bruit.

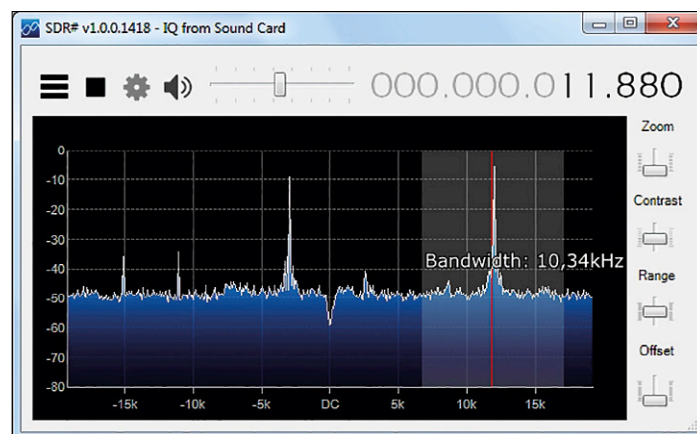


Figure 11. Fenêtre réduite à l'essentiel avec le logiciel SDR#.

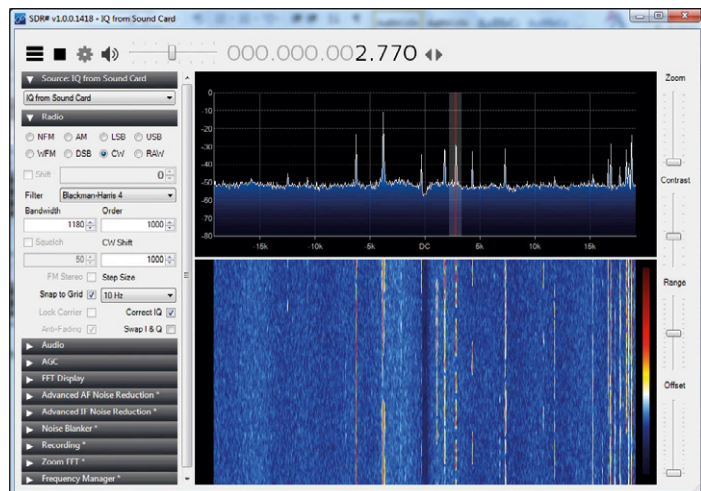


Figure 12. Une bande passante étroite pour les signaux en CW (tout ou rien).

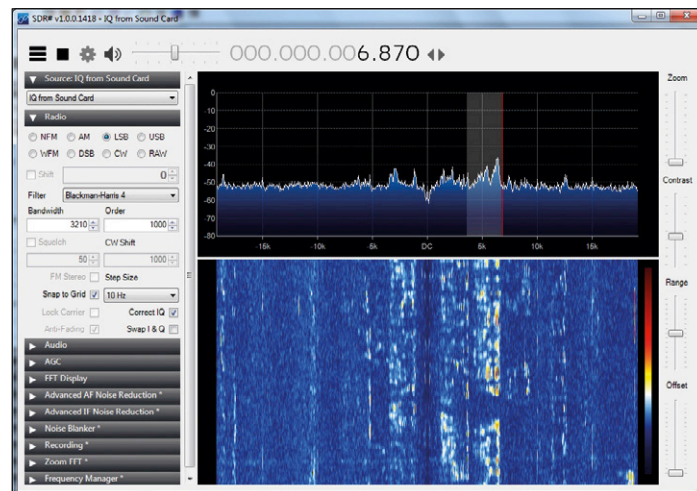


Figure 13. Réception SSB (bande latérale unique) sur 40 m.

micro-ampli à vieux vin, outres neuves

les collaborateurs énervés du **labo d'Elektor**

Un circuit intégré quinquagénaire devrait-il obligatoirement être mis à la retraite ? Non, le LM386 prouve le contraire. Différents fabricants de semi-conducteurs proposent toujours ce minuscule ampli op de puissance ainsi que des versions améliorées.

Au labo d'Elektor, alors que nous étions en train de travailler sur différents projets tels que le « Sonar parlant » ou la « Tiny Radio », certains d'entre nous firent un étonnant constat. Lorsqu'il faut, à des fins de test, déambuler toute la journée durant, écouter sur les oreilles, dans le labo ou ailleurs, non seulement vous avez l'air parfaitement idiot mais en plus, le soir, vos oreilles sont

rouges, aplaties et fort douloureuses.

C'est devant cet état pitoyable que nous nous sommes dit : « Il nous faudrait un petit amplificateur audio rustique, non pas un ampli de disco géant ou un système complet de sonorisation, mais un truc juste assez puissant pour bien taper sur les nerfs des collègues moqueurs ». Excités par ces perspectives, nous avons ouvert l'un de nos tiroirs à composants et sommes tombés – vous l'avez deviné – sur le bon vieux LM386.

Du vieux vin

Il y a déjà près de 50 ans, cet amplificateur de puissance audio intégré qui travaille à des tensions d'alimentation faibles rampeait de ses huit pattes, en compagnie de ses frères et sœurs amplis op, LM741 et LM324, sur les tapis roulants du fabricant de semi-conducteurs National Semiconductors.

Le LM386 s'illustra dans d'innombrables appareils alimentés par piles, du poste de radio portatif aux projets de loisirs électroniques en passant par l'ampli pour guitare ; il y fournissait, à la satisfaction générale, l'un ou l'autre watt. Mais bien que ce dinosaure date du tout début des circuits intégrés, il ne s'est pas éteint et reste proposé aujourd'hui par de nombreux fabricants. Les versions plus récentes, réactualisées de fond en comble, ont des tensions de service jusqu'à 12-18 V et « crachent » 0,25 à 1 W, selon le modèle de LM386, la tension d'alimentation, la résistance de charge et la distorsion harmonique totale (THD) admissible.

Le LM386 est un circuit intégré vraiment polyvalent. Il se contente de quelques composants périphériques, une résistance par-ci, l'un ou l'autre condensateur par-là, et le voilà transformé en amplificateur opérationnel audio. Il existe des astuces pour régler le gain et disposer de graves puissants.

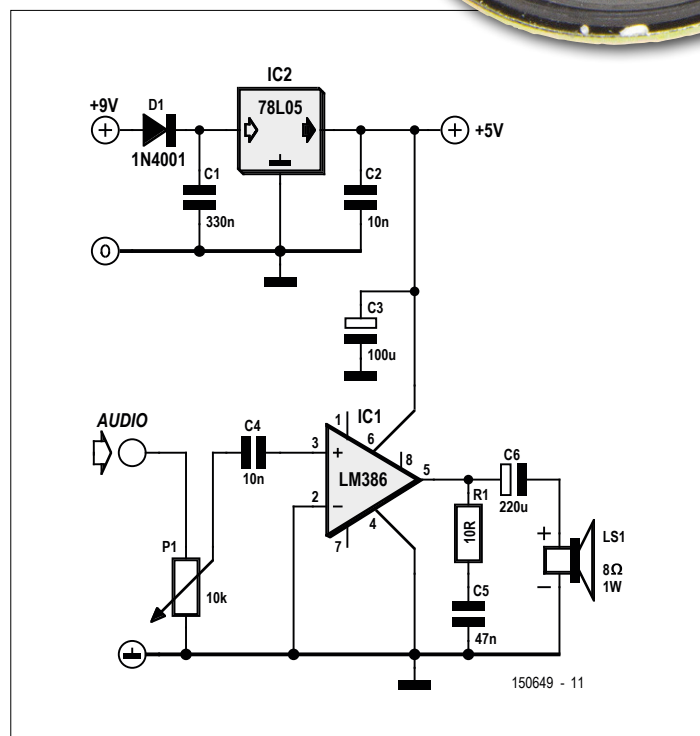


Figure 1. Le LM386 est un bon vieux ampli op de puissance.

Le LM386 se sent même à son aise dans les circuits audio spéciaux comme un oscillateur qui sert à produire des ondes sinusoïdales ou carrées.

En fait l'ampli op n'a ici qu'une tâche simple : il se voit appliquer une tension d'entrée faible et produit une tension de sortie supérieure d'un facteur de 10, 100, voire 1000, à la tension d'entrée. Dans ce circuit, le LM386 reçoit en entrée un signal audio classique et amplifie la tension avec un gain de 20 à 200. Le (la) professionnel(le) appelle « gain en tension » cette amplification de tension.

Les broches les plus importantes du circuit intégré sont à l'évidence les deux entrées de signal audio, les broches 2 et 3 (l'application du signal audio au LM386 est donc « flottante », sans référence à la broche de masse) et la sortie audio, broche 5. Autres broches importantes, celles de l'alimentation, la broche 4 de la masse (à laquelle se réfère maintenant la sortie audio) et la broche 6, à laquelle on peut, comme dit plus haut, appliquer, selon le modèle de LM386, jusqu'à 18 V. Les broches marquées « Gain », 1 et 8, sont un peu moins importantes. Ces deux broches sont connectées en interne à une résistance de 1,35 k Ω . Si on connecte un condensateur de 10 μ F sur ces deux bornes, donc en parallèle sur la résistance interne, le gain est réglé sur 200. Si, de plus, on intercale un potentiomètre en série avec le condensateur, il devient possible de régler le gain entre 20 et 200. Mais on peut également omettre le condensateur, ce que nous avons fait. Cela n'a rien à voir avec des économies, mais tenait tout simplement au fait qu'un gain fixé à 20 nous convenait parfaitement.

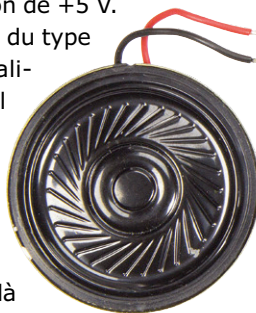
Outres neuves

Comme le prouve le schéma de la **figure 1**, le circuit se résume, outre le LM386, à une poignée (de nouveau-né) de composants passifs. Le LM386 travaille avec une tension mono (non symétrique), ce qui explique qu'il faille découpler le signal audio alternatif à l'entrée et à la sortie de la tension d'alimentation. C'est la fonction des condensateurs C4 et C6. Grâce au condensateur C4, nous pouvons nous permettre d'appliquer le signal audio à la broche 3 et de forcer l'autre entrée de signal, la broche 2, à la masse.

On découvre, à la sortie du CI, une combinaison intrigante, R1 + C5. Il s'agit d'un « snubber » (amortisseur), que les Français appellent, plus joliment, « réseau de Boucherot ». Il sert à amortir les oscillations à haute fréquence que pourrait induire l'inductance du haut-parleur.

Notre micro-ampli travaille avec une tension de +5 V.

IC2, un régulateur de tension tous terrains du type 78L05, fait en sorte que cette tension d'alimentation reste bien stable. On peut, s'il faut en croire la fiche de caractéristiques, appliquer à son entrée des tensions non régulées allant de 7 à 35 V, mais, de préférence, de maximum 12 V. On peut même se permettre le luxe d'inverser la polarité de la tension d'entrée. Dans ce cas-là l'amplificateur ne fonctionnera pas, mais de par la présence de la diode D1, il ne sera pas « mourru ». Venons-en finalement à notre « outre neuve », l'ELPB-NG, la carte de prototypage nouvelle génération d'Elektor, sur laquelle



le LM386 et sa cour de composants trouvent un repos bien mérité. La **figure 2** montre clairement l'implantation des composants sur la carte. Les fils rouge/noir qui sortent de l'image servent à amener le signal audio vers le circuit ; la tension d'alimentation est appliquée par le biais du jack basse tension (le plot noir en bas à gauche). La connexion du petit haut-parleur de 8 Ω se fait par un bornier encartable.

Voilà, tout est en place. Nous sommes impatients de pouvoir tester le bon fonctionnement du circuit dans les dures conditions de notre laboratoire !

(150649 – version française : Guy Raedersdorf)

Liste des composants

Résistances :

R1 = 10 Ω
P1 = ajustable 10 k Ω
logarithmique

Condensateurs :

C1 = 330 n, au pas de 5 mm
C2, C4 = 10 n,
au pas de 2,54 mm
C3 = 100 μ , 50 V, au pas de
3,5 mm, section 8 mm
C5 = 47 n, au pas de 5,08 mm
C6 = 220 μ , 50 V, au pas de
3,5 mm, section 8 mm

Semi-conducteurs :

D1 = 1N4001
IC1 = LM386
IC2 = 78L05

Divers :

ST1 = bornier encartable,
au pas de 5 mm
Jack d'alimentation encartable
Support IC DIP-8
Haut-parleur 1 W, 8 Ω
Carte de prototypage ELPB-NG,
150180-1, cf. www.elektormagazine.fr/150649

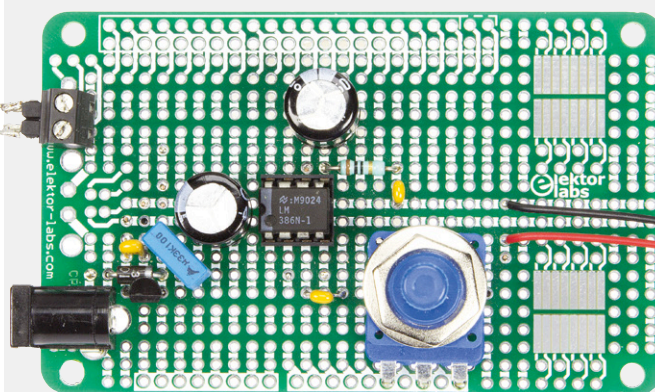
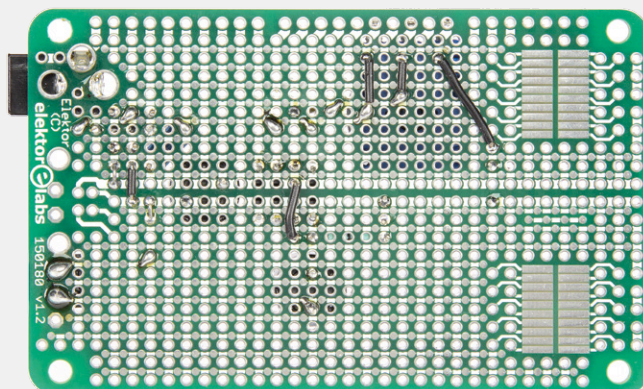


Figure 2. Le vénérable LM386 toujours vivant sur une carte nouvelle génération.

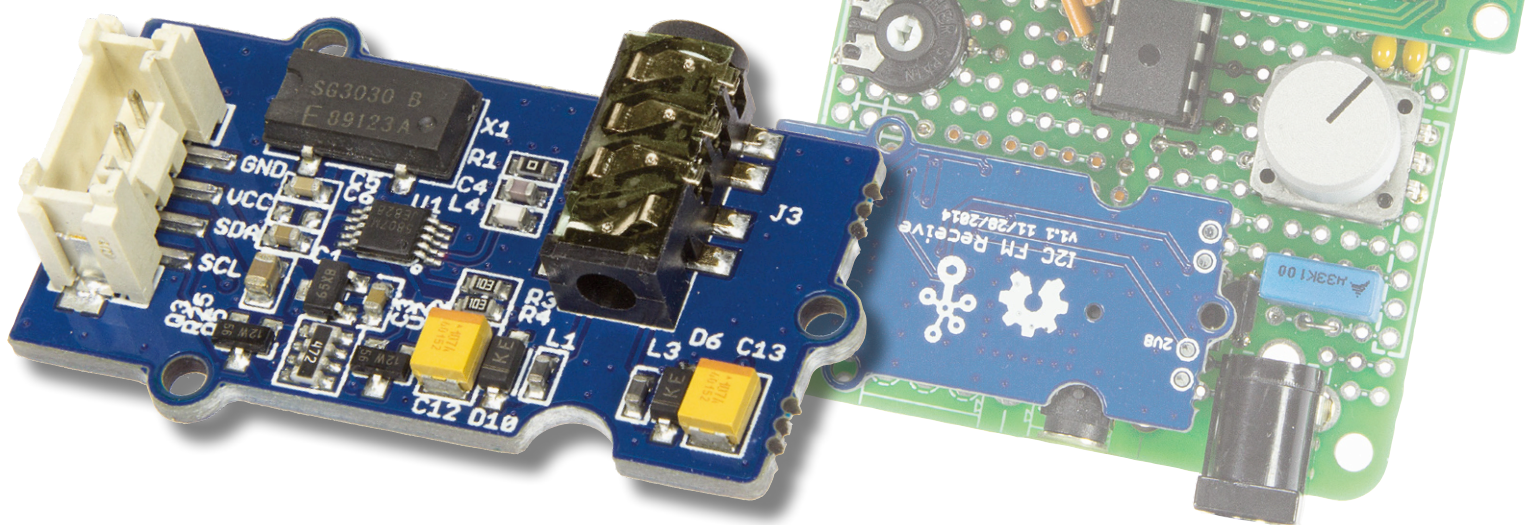
ma mini-radio

s'accorde à trois plateformes

Projet : Gerd Detlef Ritter, Niek Laskarzewski et Roy Aarts

Texte : Rolf Gerstendorf

Un minuscule module récepteur FM pour fabriquer une mini-radio avec un ATtiny ou une version plus conviviale pilotée par un microcontrôleur ATmega.



Il nous parvient parfois de l'Empire du Milieu de l'électronique vraiment épataante. La société Seeed Studio [1] est une spécialiste de toutes ces petites choses que convoitent les électroniciens ; son siège est dans l'équivalent chinois de la Silicon Valley, à Shenzhen dans la province de Guangdong, qui jouxte Hong-kong. Dès l'abord de son site, on voit clairement que nous sommes au bon endroit : on y rencontre Raspberry Pi, Arduino, BeagleBone, des *shield*, de l'IdO, tout l'ARMmbed, des portables, entre

mille autres choses.

C'est Gerd Detlef Ritter qui a trouvé sous le bouton « Grove » un récepteur FM avec interface I²C et a été impressionné par sa petitesse. Le minuscule module récepteur, dont les fonctions sont à piloter par I²C, reçoit la bande de fréquence de 50 à 115 MHz, accepte le RDS et son homologue américain RBDS et se raccorde directement à un casque d'écoute. Il travaille sous une tension d'alimentation entre 3,3 V et 5 V et consomme si peu de courant qu'on peut l'alimenter

sur piles, pour autant que le contrôleur qui le commande ne soit pas gourmand. Seeed Studio ne propose pas ses produits comme des boîtes noires, mais dévoile aussi le logiciel et le matériel, y compris le tracé des pistes Eagle, et favorise ainsi le développement de projets personnels. Pas étonnant que Gerd ait immédiatement raccordé le module à son Arduino Uno chargé du code d'exemple un peu modifié pour capter d'emblée la chanson *Radio Ga Ga* de Queen.

Un syntoniseur FM intégré complet

Le module contient le tuner FM stéréo RDA5807M de la société RDA Microelectronics de Shanghai. La fiche technique [2], malgré un gros timbre orange *Confidentiel* sur chaque page, dévoile l'intérieur de la puce (**figure 1**). On peut la décrire par ses différentes fonctions.

Le récepteur est caractérisé par une gamme de fréquences qui va de 50 MHz

Caractéristiques techniques

- Gamme de réception en ondes ultracourtes : 50 à 115 MHz
- Syntoniseur FM stéréo avec interface I²C sur la même puce
- Carte de liaison compacte (BoB)
- Possibilité de décodage RDS
- Recherche automatique des stations
- Sortie pour casque d'écoute d'au moins 32 Ω
- Tension d'alimentation : 3,3 à 5 V, consommation < 100 mA
- Commande par ATtiny, ATmega ou Arduino

jusqu'à 115 MHz, ce qui le rend capable de recevoir les ondes ultracourtes n'importe où. Il dispose d'un amplificateur à bas bruit (LNA), d'une commande de gain programmable (PGA), de convertisseurs A/N et N/A à haute résolution et entre eux d'un processeur de signaux numériques audio (DSP).

Le synthétiseur, cadencé par la référence à 32 768 Hz, produit le signal de l'oscillateur local (VCO) pour le mélangeur. Le mélangeur polyphasé atténue efficacement les fréquences images de réception. Un limiteur empêche la surcharge et réduit fortement les produits d'intermodulation des canaux adjacents.

Le cœur DSP s'occupe du choix du canal (dans le registre CHAN), de la démodulation FM, du décodage stéréo multiplex et extrait un signal de sortie audionumérique. Le décodeur MPX peut commuter de stéréo à monophonie pour limiter le bruit.

Le signal stéréo audionumérique est converti par deux CN/A en analogique et envoyé sur les sorties LOUT et ROUT auxquelles on peut brancher directement un casque d'écoute ($> 32 \Omega$). Les convertisseurs N/A règlent le volume et filtrent le signal par un passe-bas dont la fréquence de coupure est de 30 kHz.

Un régulateur de tension à faible déchet est intégré au RDA5807M pour fournir à la puce le courant nécessaire sous 2,7 à 3,3 V. La puce est dotée d'une fonction de RàZ automatique à la mise sous tension et d'une RàZ douce par le bus I²C.

Module FM comme carte de liaison

Sur le circuit imprimé du module récepteur FM, à peine plus grand qu'une carte de liaison pour le RDA5807M, se trouve une embase à collerette à quatre broches, comme on le voit dans le diagramme fonctionnel du module à la **figure 2**. Le brochage est le même sur toutes les cartes d'extension Grove pour l'interface I²C : la masse sur la broche 1, le plus sur la 2, SDA sur la 3 et SCL sur la 4. C'est un régulateur de tension fixe de 2,8 V qui assure l'alimentation, il ne supporte que de 2,7 à 3,3 V à l'entrée. On peut brancher sans danger au système à contrôler le +5 V d'un régulateur externe. Évidemment, les signaux I²C de 5 V sur la carte du module devront passer par un abaisseur de niveau pour respecter la limite de 2,8 V.

La prise pour casque est raccordée à tra-

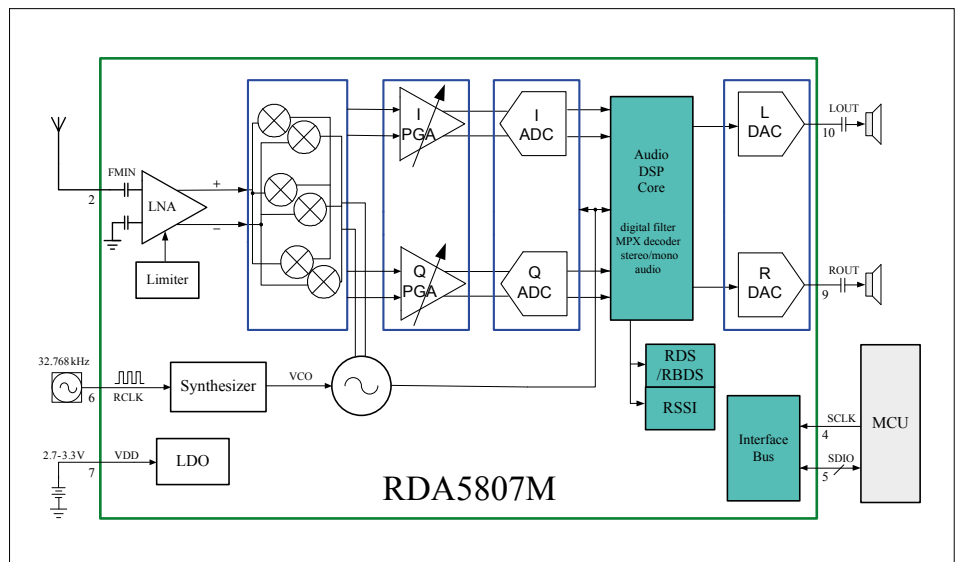


Figure 1. L'intérieur du syntoniseur FM intégré (source : RDA Microelectronics).

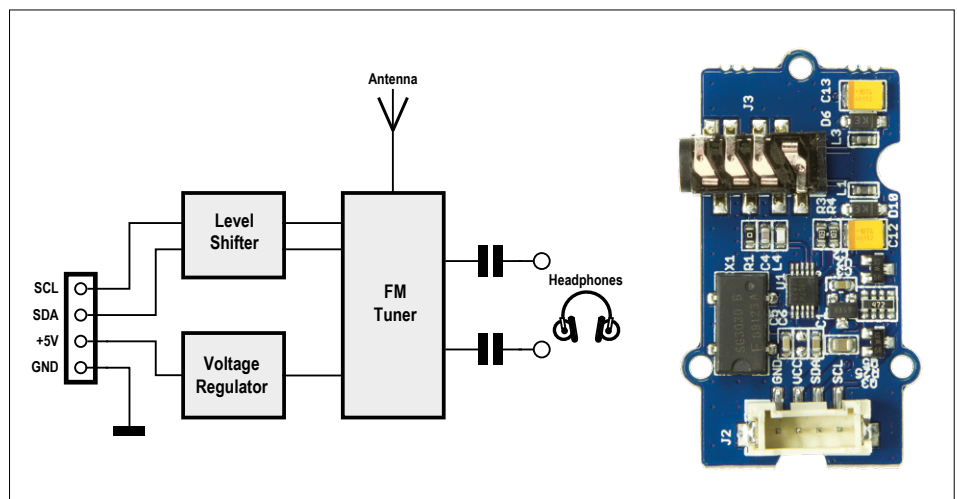


Figure 2. Le diagramme fonctionnel du module FM pour le syntoniseur FM intégré.

vers des condensateurs et les inductances L1 et L3 pour atténuer les hautes fréquences, comme le prescrit la note d'application. Sur la broche RCLK de la puce se trouvent le quartz et ses condensateurs de charge, tandis que le connecteur d'antenne est sur une pastille à souder.

Migration d'Arduino vers Tiny ou Mega

Pour de premiers essais, Arduino Uno faisait l'affaire, mais cette « énorme » carte se prête mal à un usage nomade. Faut-il utiliser une plus petite carte Arduino ? C'est possible, mais c'est cher et consomme beaucoup trop de courant ! Pour un mini-module radio, un micro-

contrôleur plus petit, l'ATtiny85, convient parfaitement, il ne coûte presque rien, est logé dans un boîtier pratique DIL8 et dispose d'une interface I²C, ou plus exactement d'une interface série universelle USI, utilisable comme I²C. Il y a encore deux lignes de port d'E/S libres pour deux boutons-poussoirs de réglage (Up/Down) du registre I²C. Le potentiomètre de volume se branche sur l'entrée du CA/N PB3. Et il y aura assez de mémoire flash, 8 Ko pour le code, tout petit lui aussi !

Les quelques composants (traversants) de la **figure 3** prendront place sur un minuscule bout de plaque perforée que l'on pourra installer en impériale sur le module

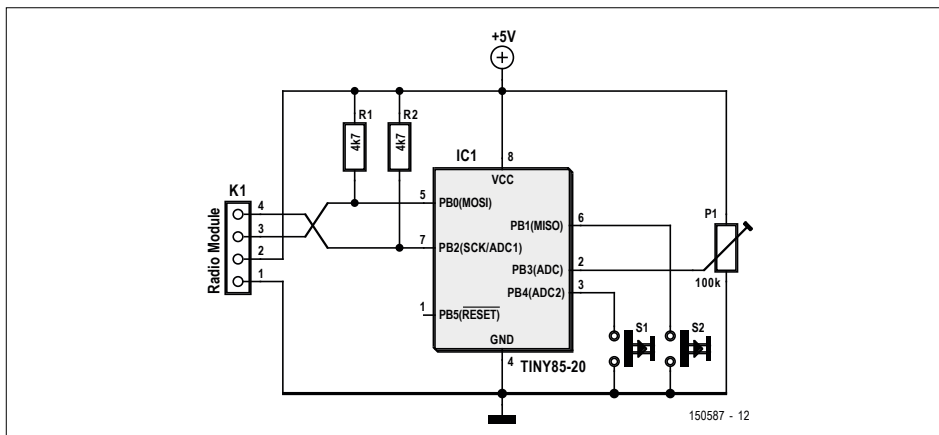


Figure 3. Juste un soupçon d'électronique : à côté du contrôleur octopode, seulement deux résistances de rappel haut et le cadran composé de deux boutons et d'un potentiomètre d'ajustage.

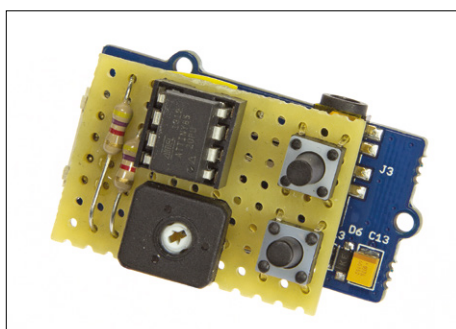


Figure 4. Presque microscopique : la carte du contrôleur avec l'ATtiny est encore plus petite que le module FM !

Liste des composants - version ATtiny

Résistances :

R1, R2 = 4,7 kΩ

P1 = potentiomètre d'ajustage 100 kΩ

Semi-conducteurs :

IC1 = ATTINY85-20PU

Divers :

S1, S2 = bouton-poussoir (6x6 mm)

K1 = embase à 1x4 picots au pas de 2 mm

IC1 = support de puce DIP8

module radio FM I²C (Seeed Studio)

coupleur pour 3 piles AAA

radio. La **figure 4** montre à suffisance que la construction du circuit ne prendra que quelques minutes. Une antenne spéciale n'est pas nécessaire, puisque le casque en fait office. La mini-radio portable perçoit la lumière du monde de l'électronique ! On l'alimente sur une pile de 3 V ou par cellule solaire. La consommation de courant se situe à 100 mA maximum.

La minuscule radio est joliment sobre, mais très minimaliste et peu conviviale. Un petit afficheur LCD de 2x8 caractères pourrait quand même donner quelques informations pour le réglage du récepteur. Et pour la manipulation, un codeur rotatif serait le bienvenu pour remplacer les poussoirs et le potentiomètre. Mais pour cela, on manque de lignes d'E/S et d'espace mémoire. Aussi, deux stagiaires du labo d'Elektor ont-ils remplacé le petit contrôleur Tiny par un ATmega328 qui compte nettement plus d'accès en E/S. Mais pas de panique, ce contrôleur est aussi disponible en classique boîtier DIP28.

Dans le circuit de la **figure 5**, au contrôleur s'associent, à côté de l'interface Grove obligatoire K1, l'affichage flanqué de P1 pour le contraste, le codeur rotatif encadré du dispositif anti-rebonds, une prise à basse tension K2, suivie du régulateur fixe de 5 V IC2 et des condensa-

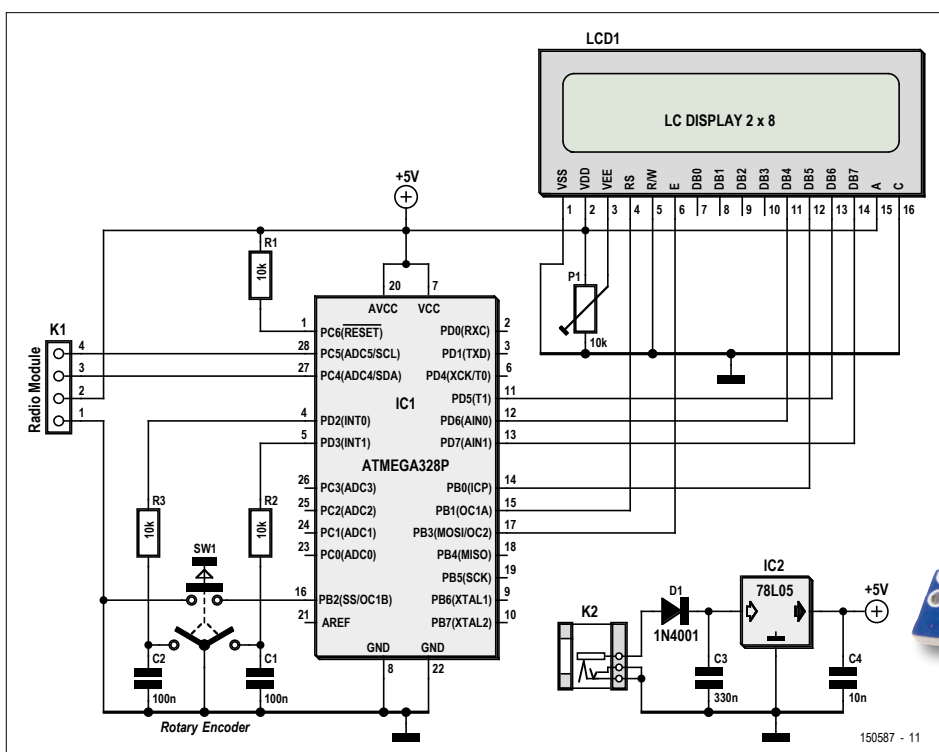
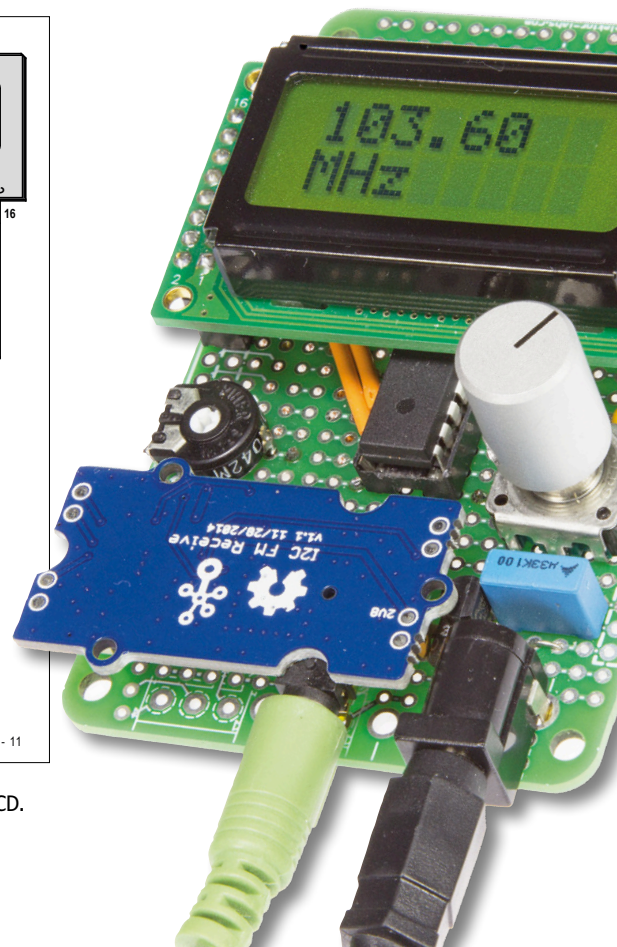


Figure 5. Le circuit de la version de luxe avec un gros ATmega, un codeur rotatif et un afficheur LCD.



teurs de découplage C3 et C4. La diode D1 empêche une inversion de polarité sur K2 qui endommagerait le circuit. La version de luxe de la mini-radio s'installe aussi sur une plaque à trous, mais pas n'importe laquelle ! Sur une carte ELPB-NG d'Elektor, *Labs Prototyping Board New Generation*, la carte de prototypage de nouvelle génération. Comme on le voit à la **figure 6**, le maillage de l'ELPB-NG permet de désencombrer, le résultat est plus structuré que sur une traditionnelle plaque d'essai. Le module FM est branché tête en bas sur l'embase K1. À droite, à côté du module, se trouvent l'alimentation et au-dessus, le codeur rotatif. On reconnaît à gauche le réglage de contraste du LCD et entre les deux, l'ATmega328P pointe le bout du nez de dessous de l'afficheur. La **figure 7** clarifie les positions des composants et des ponts de câblage. Les travaux de soudure et de mécanique, c'est en fait du gâteau !

À l'allumage de la radio, l'accord se fait sur la dernière station écoutée. On en change en tournant le codeur rotatif. Quand on pousse sur le bouton de l'encodeur, des menus s'affichent dans lesquels on peut régler le volume dans les deux sens ou lancer une recherche d'émetteurs.

Lors d'un balayage de fréquence, le module FM trouve le premier émetteur puissant dans la direction choisie

sur le codeur. Les réglages et la sélection sont mémorisés dans l'EEPROM du contrôleur et récupérés lors de la prochaine mise sous tension.

Logiciel pour Arduino, Tiny et Mega

Ce que nous n'avons pas encore abordé, c'est le logiciel. Si vous n'avez pas envie de vous coltiner la charge du logiciel, sachez que les deux contrôleurs déjà programmés (ainsi que la carte ELPB-NG) sont disponibles dans l'e-choppe (cf. encadré) et que vous pouvez regarder la

Liste des composants - version ATmega

Résistances :

R1 à R3 = 10 kΩ

P1 = potentiomètre d'ajustage 10 kΩ

Condensateurs :

C1, C2 = 100 nF, au pas de 2,5 mm

C3 = 330 nF, au pas de 7,5 mm

C4 = 10 nF, au pas de 2,54 mm

Semi-conducteurs :

D1 = 1N4001

IC1 = ATMEGA328P-PDIP

IC2 = 78L05

Divers :

K1 = embase à 1x4 picots au pas de 2 mm

LCD1 = afficheur LCD (2x8) avec embase

à 2x8 picots au pas de 2,54 mm

IC1 = support de puce DIP28 étroit

SW1 = codeur rotatif (Alps EC12E2424407)

K2 = prise basse tension 2,5 mm

(Lumberg NEB21R)

module radio FM I²C (Seeed Studio)

carte de prototypage ELPB-NG,

réf. 150180-1 (www.elektor.fr)

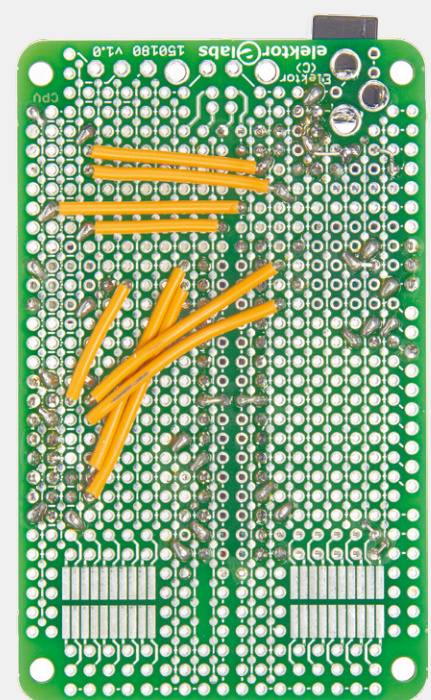
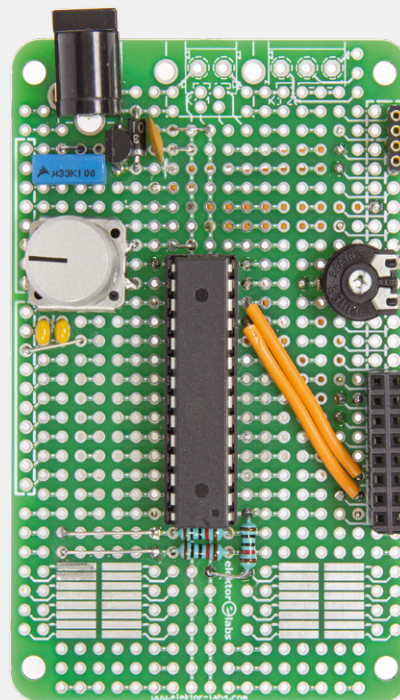
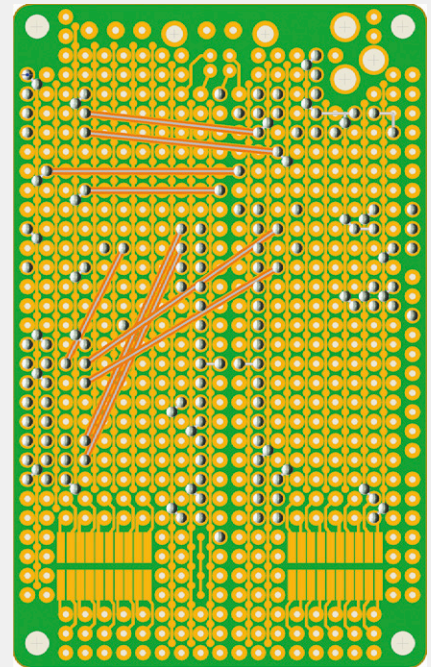
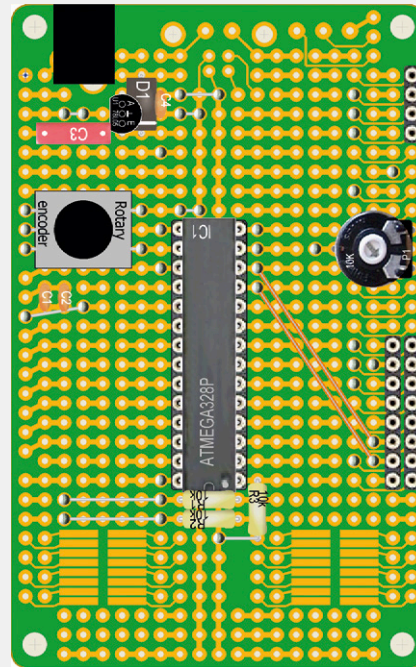
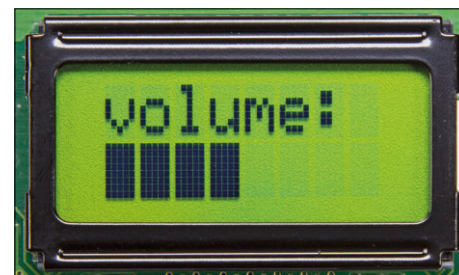
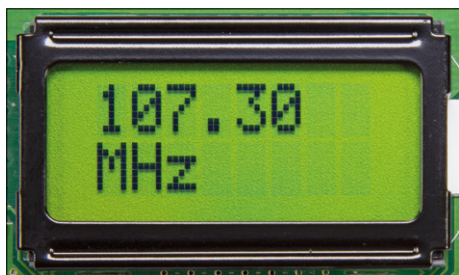


Figure 6. Rien moins qu'une carte de prototypage ELPB-NG pour cette version de la mini-radio : le module FM est renversé tête en bas sur le connecteur, le codeur rotatif est en haut à gauche.

Figure 7. Coup d'œil sur le câblage de la carte ELPB-NG.



vidéo [6] dans laquelle Clemens Valens, responsable technique du labo d'Elektor, explique le maniement des commandes du contrôleur dans les deux applications. Intéressante aussi, bien sûr, la présentation du logiciel de démonstration que Seeed Studio propose sur Github [3] pour voir comment régler le volume sonore avec le potentiomètre et sélectionner une station avec les deux boutons de la radio ATtiny. Il est destiné à l'EDI d'Arduino, pour « notre » contrôleur Atmel, il lui faut une adaptation. Mais le noyau reste largement semblable, quel que soit le contrôleur en service pour piloter le module FM.

Pour communiquer avec la puce radio, on va chercher dans la bibliothèque *Wire.h* le logiciel de démonstration. Mais l'ATtiny85, on l'a indiqué, ne possède pas une vraie interface I²C, mais une USI. C'est pourquoi la bibliothèque *Wire* ne fonctionne pas ici. Heureusement, sur le *Playground* d'Arduino, se trouve un fragment de code [4] pour procurer une interface I²C à l'ATtiny. Par rapport au code de démo, il faut bien sûr changer, en plus de la bibliothèque, les numéros des broches de port. En revanche, il y a peu de différence d'adaptation entre les logiciels pour l'ATtiny (en [5]) et pour l'Arduino [1].

Qu'en est-il de l'ATmega ? Pour mieux profiter des explications qui suivent, téléchargez de la page du projet [5] la version « longue » du logiciel, le code source y est abondamment commenté.

Pour le logiciel de l'ATmega, on retrouve bien la bibliothèque *Wire*, mais il faut lui ajouter *LiquidCrystal.h* pour l'afficheur. Après définition et initialisation des variables pour le module FM (seuil de force de signal, espacement de fréquence pour la recherche, renforcement des basses, mono/stéréo...), il faut encore incorporer et initialiser quelques variables pour les différents menus du LCD et pour

la commande du codeur rotatif et de son bouton-poussoir.

Après tous ces paramétrages, définitions et initialisations, arrive une série de fonctions. On définit dans *Setup* les broches du codeur rotatif, on lance l'afficheur LCD et on écrit les réglages pour le syntoniseur FM. Dans la fonction *Loop*, les fréquences s'affichent, le codeur est interrogé, on démarre le menu de volume, puis on écrit dans les variables de réglage de l'EEPROM les bits pour le balayage automatique de fréquence et le silencieux. Quand on active le balayage automatique, on recherche l'émetteur voisin.

Suivent deux autres fonctions pour le menu principal et le menu de volume, puis on complète le « générique » du programme avec une routine de service d'interruption qui consigne les rotations du codeur et la direction et, selon le menu actif, change la fréquence de réception,

la position du curseur ou le réglage de volume. Cette dernière fonction efface l'afficheur et y place huit blancs.

Les fonctions *setVolume* et *fmSeek* ne diffèrent que très peu d'un logiciel à l'autre à cause du codeur et du LCD.

Aux deux fonctions *showRadioStation* et *showSignalStrength* succèdent (après // FM functions) les fonctions pour le service du module FM, que la démo de Seeed Studio met à disposition. Dans cette partie de la démo, on ne fait que lire et écrire les registres de base dans le RDA5807P. La fiche technique dévoile d'autres fonctions dans les registres I²C. Avec un petit supplément de logiciel, comme la place est largement disponible dans la mémoire de programme de l'ATmega, on pourrait par exemple faire défiler sur l'afficheur les communications RDS. ◀

(150587 – version française : Robert Grignard)

Liens

- [1] Module FM I²C Grove : www.seeedstudio.com/depot/
- [2] Fiche technique confidentielle du RDA5807M : www.seeedstudio.com/wiki/File:RDA5807M_datasheet_v1.1.pdf
- [3] Logiciel de démonstration pour Arduino : https://github.com/Seeed-Studio/I2C_FM_Receiver
- [4] Fragment de code pour I²C/USI de l'ATtiny85 : <http://playground.arduino.cc/Code/USI2c>
- [5] Page du projet : www.elektormagazine.fr/150578
- [6] Vidéo de la mini-radio : <https://youtu.be/c2T2jd9OFVg>

Dans l'e-choppe Elektor

Vous trouverez sur la page du projet et dans l'e-choppe :

- 150587-11 : logiciel
- 150587-41 : contrôleur programmé ATmega
- 150587-42 : contrôleur programmé ATtiny
- 150180-1 : carte de prototypage ELPB-NG
- 150587-71 : kit comprenant la carte de prototypage, l'ATmega programmé et le module radio

suivant !

bouton radio pour faire avancer un lecteur multimédia

Luc Lemmens (labo d'Elektor)

Comme il est agréable et instructif de combiner un projet récent avec une autre idée intéressante pour créer un nouveau montage ! D'un côté le *bouton radio pour quiz*, de l'autre le micrologiciel *Hoodloader* pour Arduino, le mariage des deux donne un bouton-poussoir pour télécommander un lecteur multimédia sur PC.



Figure 1. Suivant ! Le gros bouton d'arrêt d'urgence commande le saut de page sur le lecteur multimédia.

À la maison, j'ai un serveur de stockage en réseau (NAS, pour *Network Attached Storage*) sur lequel j'ai copié tous mes disques audionumériques pour les faire jouer en ordre aléatoire par un lecteur sur PC, Windows Media ou VLC Player au choix, parce que des goûts et des couleurs... Nous profitons ainsi d'une musique de fond variée. Mais parmi la grande diversité de styles musicaux et d'artistes, il arrive parfois qu'une chanson tombe au mauvais moment. Elle énerve quelqu'un qui se précipite sur l'ordinateur pour la passer. Ce n'est pas toujours facile ni même possible, surtout si l'on est occupé à autre chose. Et quand finalement on atteint le bouton « Suivant », peine perdue, le morceau est presque au bout. Il y a la solution de la télécommande, mais toute *zappette* a la manie de se rendre introuvable quand on en a besoin et si jamais on met la main dessus, dans l'énervement, on risque de presser le mauvais bouton.

Arduino sans fil

J'ai trouvé la parade à cette tracasserie : elle prend la forme du bouton d'arrêt d'urgence de la **figure 1**, que l'on trouve dans pas mal d'ateliers. Je l'ai acheté au marché aux puces où, pour quelques sous, on trouve quelque chose de bien différent de l'habituelle télécommande si facile à égarer. D'accord, on en trouve aussi sur catalogue, mais c'est plus cher. J'ai relié le bouton à une petite carte ATtiny85 qui traduit la frappe en code de commande de l'interface du lecteur et l'envoie par USB pour produire le saut vers le titre Suivant !

Là, je me retrouvais encore avec un long et encombrant câble entre le bouton-poussoir et le PC. J'ai donc patienté avant que me viennent l'humeur et l'inspiration pour réaliser une liaison sans fil. Le déclencheur fut ce projet de bouton radio pour *quiz* [1] sur lequel je travaillais dans le labo d'Elektor pour y ajouter la carte émettrice avec le trancépteur nRF24L01, le tout alimenté sur pile, et des bibliothèques Arduino si faciles à gérer.

Du coup, j'ai repris tels quels le gros bouton rouge et le circuit du projet *quiz*. Il y a bien par-ci, par-là, quelques modifications à apporter au matériel et au logiciel. L'émetteur ne fait que répéter la chaîne de caractères « RED » sur l'un des six canaux numériques du nRF24L01, appelés *pipe*, à chaque frappe, avant que le contrôleur ne retourne en mode *sleep* pour épargner la pile.

Le récepteur est à son écoute sur ce canal et entame une action après réception du caractère « R ». La seule chose qui manquait, c'était la liaison entre le récepteur nRF24L01 et l'interface USB pour décider le logiciel du lecteur multimédia à sauter au titre suivant.

C'est alors que j'ai découvert sur l'internet le projet Arduino *Hoodloader* de Nico Hoods. D'une pierre, deux coups : je teste ce projet et j'avance sur celui du bouton sans fil. Pour la première version expérimentale, je suis parti d'une carte Arduino combinée à un *shield* sur la carte de prototypage ELPB-NG. Ce n'est sûrement pas la solution la plus minimaliste ni la plus élégante, mais il était amusant de la construire et de trouver un emploi à une Arduino Uno qui, sans cela, aurait sans doute pris la poussière au laboratoire.

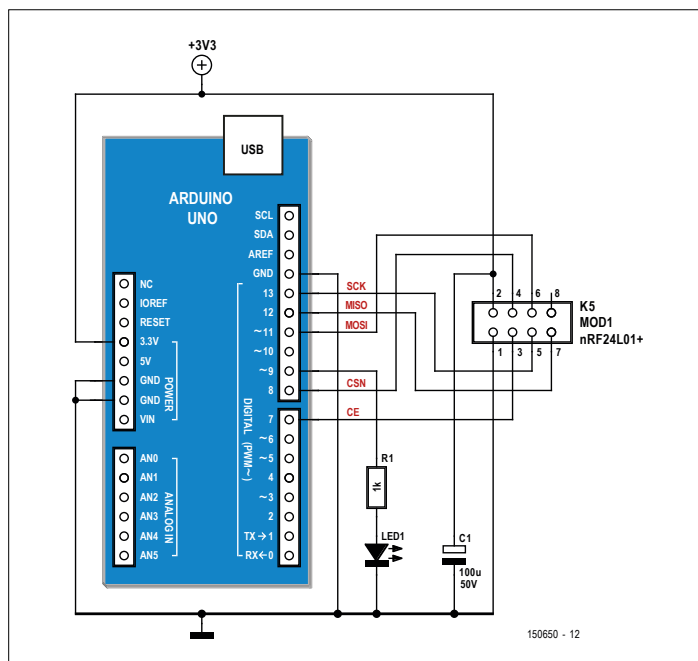


Figure 2. Quelques composants sur la carte de prototypage ELPB-NG pour servir de *shield* Arduino.

Le deuxième cœur

Nous n'avons plus rien à vous apprendre sur Arduino Uno. Introduite sur le marché en 2005, cette carte a connu une abondante descendance et de nombreuses améliorations, mais le principe fondateur est resté, à savoir un port USB qui sert à la programmation, à l'alimentation et à la liaison entre l'UART et le PC, mais qui n'est pas prévu pour de véritables applications par USB. Beaucoup ignorent encore qu'à présent, il y a sur la carte un second microcontrôleur qui fait le pont entre UART et USB, donc entre l'ATmega328 (et son chargeur d'amorçage) et l'ordinateur Windows, Linux ou Apple.

Sur la plupart des Arduino Uno, cette puce est un ATmega 16U2 ; on peut la programmer par USB avec des logiciels spéciaux comme Flip d'Atmel, elle dispose de sa propre liaison ISP embarquée pour flasher son micrologiciel. Il y a d'autres versions du micrologiciel pour cette puce afin de conférer à la carte Uno la fonction USB (généralement en classe HID), mais

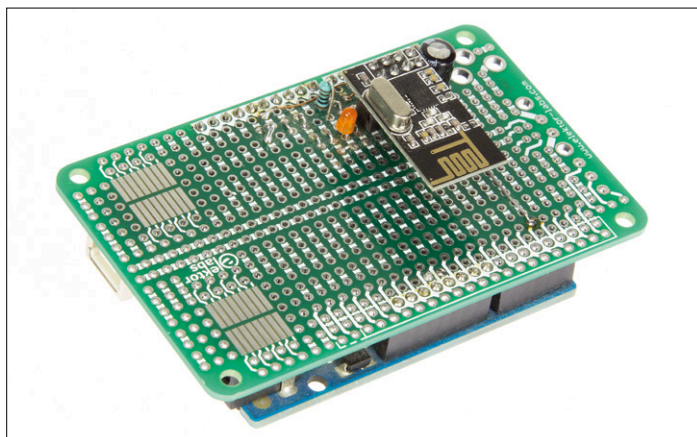


Figure 3. La carte Arduino Uno munie du *shield* : ça marche, mais c'est encombrant.

l'inconvénient, c'est que l'utilisateur doit toujours retourner au micrologiciel initial série/USB avant de pouvoir transférer un croquis dans l'ATmega328 avec l'EDI Arduino.

Nico Hood a développé le *Hoodloader*, un chargeur d'amorçage (*bootloader*) pour l'ATmega 16U2, qui contient une pile USB et peut commuter en « mode normal Arduino ». En bref, le *Hoodloader* transforme Arduino Uno en une carte à deux microcontrôleurs indépendants que l'on peut programmer l'un et l'autre avec le même EDI.

L'ATmega328 travaille normalement comme microcontrôleur d'E/S alors qu'à l'ATmega16U2 est attribuée la fonction USB. Chacun tourne sur son propre croquis et la seule possibilité d'interaction entre eux passe par la liaison UART à deux fils. Tout paraît clair et net, mais je dois avouer que j'ai eu du mal à comprendre comment m'y prendre dans l'EDI Arduino avec cette extension de l'Uno. Il me fallait constituer une sorte de protocole pour faire communiquer entre eux les croquis des deux microcontrôleurs.

Le croquis de l'ATmega328 est à l'écoute du récepteur nRF24L01 et envoie simplement un octet par la liaison série embarquée au 16U2 quand il a reçu un signal valide du bouton sans fil. Le 16U2 à son tour surveille son entrée série et envoie un paquet USB *Next Track* à l'ordinateur, donc vers le logiciel du lecteur multimédia.

Il y aurait plein d'autres choses à expliquer à propos du projet *Hoodloader*, en plus de ce qui est nécessaire pour cette application simple. Mais c'est déjà une bonne introduction au sujet. Pour des informations complémentaires, la page de Github [2] est à votre disposition.

Petit et modeste

La mise en place du matériel pour le récepteur basé sur Arduino est vraiment minime, comme on le voit à la **figure 2** et dans la liste des composants. Quelques minutes suffisent à installer le connecteur et les trois composants sur une carte de prototypage ELPB-NG. Il ne reste plus alors qu'à télécharger les croquis de la page du projet [3] pour les transférer sur la carte avec l'EDI Arduino, après quoi, le récepteur pour le bouton radio « Suivant ! » est prêt.

Jusqu'à présent, on s'est bien amusé à jouer avec le *Hoodloader* et l'interface USB sans se soucier d'une programmation volumineuse. Mais la main sur le cœur, cette solution est quand même beaucoup trop encombrante, la **figure 3** le confirme, et il est vraiment excessif d'utiliser pour cela deux processeurs, parce que l'ATmega16U2 est capable de piloter le nRF24L01 tout seul dans un rôle aussi simple. Les broches SPI du 16U2 sont d'ailleurs accessibles sur le connecteur ISP de la carte Arduino et il y a aussi à proximité de ce connecteur quelques lignes d'E/S sur des pastilles à souder.

Comme le 16U2 peut assurément gérer seul toutes les tâches souhaitées, j'ai conçu pour le contrôleur et le nRF24L01 une petite carte qui tient dans un boîtier ordinaire pour clé USB. Le schéma de la **figure 4** ressemble étonnamment à la partie correspondante du circuit de l'Arduino Uno (on ne change pas une équipe gagnante) : l'interface USB, le processeur avec son oscillateur, les protections contre les charges électromagnétiques (L1), les courants de surcharge (F1) et les décharges électrostatiques (D1, D2). Le courant vient de l'interface USB, le +5 V relié à UVCC du contrôleur. Aucune autre alimentation n'est nécessaire, le 16U2 a son propre régulateur

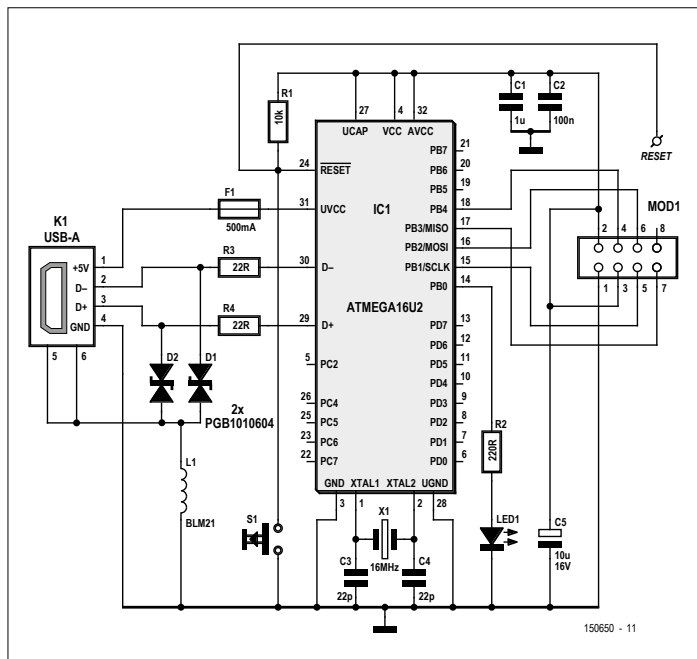


Figure 4. Le circuit de la carte au format d'une clé USB correspond à l'Arduino original.

interne de 3,3 V, dont la sortie UCAP est connectée aux broches d'entrée VCC et AVCC et pourvoit aussi la même tension au nRF24L01. N'oubliez pas le condensateur C5 de 10 μ F sur

Liste des composants du récepteur

Résistances :

R1 = 10 k Ω , 100 mW, 0603
R2 = 220 Ω , 100 mW, 0603
R3, R4 = 22 Ω , 100 mW, 0603

tion anti DES (Littelfuse
PGB1010603MR)
IC1 = ATmega16U2-AU

Condensateurs :

C1 = 1 μ F, 25 V, 0603
C2 = 100 nF, 16 V, 0603
C3.C4 = 22 pF, 50 V, 0603
(C0G/NP0)
C5 = 10 μ F, 16 V, 1206

Inductance :

L1 = ferrite (0,4 Ω , 200 mA,
Murata BLM21BD102SN1D)

Semi-conducteurs :

LED1 = LED rouge 3 mm
D1, D2 = diode de protec-

Divers :

F1 = fusible réarmable CTP
500 mA, 15 V (Bourns
MF-MSMF050-2)
X1 = quartz 16 MHz, 5x3,2 mm
K1 = connecteur USB-A 2.0
coudé (CMS)
S1 = bouton de RàZ optionnel
MOD1 = module
trancepteur NRF24L01+
2,4 GHz (150499-91)
boîtier de clé USB (Strabubox
USB1SW)
circuit imprimé 150650-1
(www.elektor.fr)

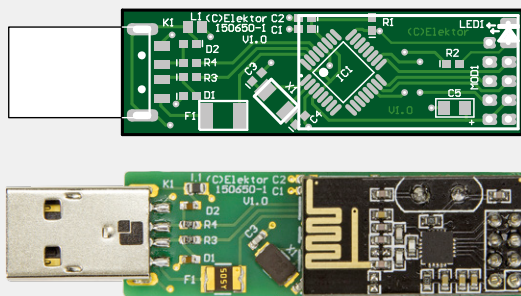


Figure 5. Le petit circuit imprimé de la carte de réception.

AGENDA

				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	31

septembre 2016

- ◇ **48h européennes d'automobiles anciennes**
09 au 11/09 – Troyes
www.48heures.com
- ◇ **Journées Nationales de la Lumière 2016**
11 au 13/09 – Lyon
<http://jnl-afe.fr/lyon2016>
- ◇ **7e Colloque national éolien**
13 au 14/09 – Paris
www.colloque-national-eolien.fr
- ◇ **Enova**
Électronique | Embarqué | IoT | Mesure |
Vision | Optique
Le magazine **Elektror** sera distribué
gratuitement sur ce salon.
14 au 15/09 – Paris
www.enova-event.com



- ◇ **Innovation Days 2016 of IoT**
22 au 23/09 – Toulouse
www.innovation-day.fr
 - ◇ **La Mêlée Numérique 2016**
20^e édition des rencontres du numérique et de l'innovation
26/09 au 01/10 – Toulouse
www.meleenumerique.com
 - ◇ **Conférence sur l'éco-conception**
Conférence sur l'éco-conception dans le domaine des matériels et logiciels du monde du numérique, organisée par le GDS EcoInfo du CNRS
Informations détaillées également sur www.elektormagazine.fr
27/09 – Grenoble
<http://ecoinfo.cnrs.fr/article366.html>
 - ◇ **SEPEM Industries Sud-Ouest**
Salon des services, équipements, process et maintenance
27 au 29/09 – Toulouse
www.sepem-industries.com/toulouse
 - ◇ **Micronora**
Salon international des microtechniques
27 au 30/09 – Besançon
www.micronora.com
- Avec un peu d'avance :
nous sommes partenaires de la
- ◇ **10^e édition des Trophées CAP'TRONIC**
06/10 – Paris
www.captronic.fr
Informations détaillées également sur www.elektormagazine.fr
- 



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.

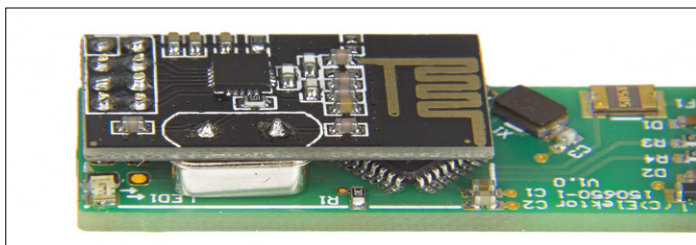


Figure 6. Le quartz du module radio renverse la donne...

l'alimentation du module radio, il est essentiel pour lui assurer un bon fonctionnement.

Avec le croquis actuel, la LED1 s'allume trois fois lors de la mise sous tension pour indiquer que l'application tourne, puis une seule fois à chaque émission d'une commande Suivant ! valide. Il n'en faut pas plus pour commander le lecteur multimédia. La formule est nettement plus élégante quand le nRF24L01 sur *shield* de prototypage est fixé sur une carte Arduino. Si vous achetez le kit (cf. encadré), le micrologiciel *Hoodloader* y est déjà programmé. Il vous faudra encore juste quelques lignes de code dans un croquis Arduino pour rendre fonctionnel le bouton Suivant !

Ne perdez pas de vue le but ultime du projet : un bouton tellement gros qu'on ne peut plus jamais l'égarer pour faire passer sans délai la lecture au morceau suivant. Mais vous pouvez étendre le croquis pour commander d'autres fonctions du lecteur. Par exemple le mettre en pause ou en silencieux, quand on pousse plus longtemps, pendant une seconde par exemple. Donnez libre cours à votre imagination. Et quand vous aurez développé une télécommande radio USB pour un autre appareil, faites-le-nous savoir sur elektormagazine.fr/labs !

Programmation du Hoodloader

Si vous voulez construire la carte à contrôleur 16U2 de la **figure 5**, vous partirez sans doute d'une nouvelle puce équipée d'usine d'un chargeur d'amorçage qui permet à l'utilisateur de charger sa propre application en la programmant par le port USB. On se sert pour cela d'un outil comme Flip d'Atmel. Comment arriver alors à écrire dans le contrôleur le Hoodloader ? La même question se pose quand il y a une mise à jour importante à faire sur le Hoodloader ou si, pour une raison quelconque, vous voulez faire exécuter au contrôleur un nouveau micrologiciel. Il n'est hélas pas possible de se servir de l'interface USB pour une (nouvelle) programmation du 16U2, parce qu'il faudrait pour cela un programmeur parallèle avec un support ZIF à 32 broches, dont vous ne disposez vraisemblablement pas, ou d'un programmeur genre AVRISP, bien meilleur marché et que vous possédez sans doute déjà. De toute façon, il n'y avait, sur la minuscule carte de clé USB, pas de place pour un connecteur habituel AVRISP à six contacts, cette tâche s'effectuera par le connecteur MOD1 du module récepteur, où se trouvent tous les signaux nécessaires, à l'exception de la ligne de RàZ. C'est pourquoi j'ai prévu une connexion supplémentaire de RàZ juste à côté du connecteur MOD1. Pour programmer, vous pouvez alors remplacer le connecteur à huit contacts par un autre à dix contacts, relier la carte à une plaque d'expérimentation et de là, rejoindre le programmeur AVRISP par câble.

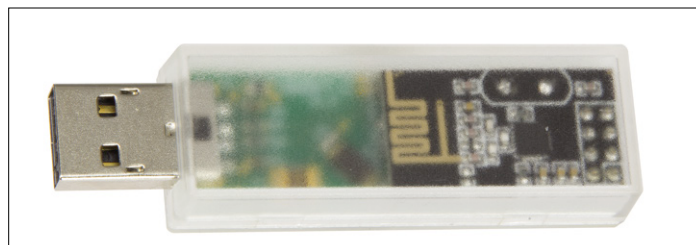


Figure 7. ...pour que tout tienne dans un boîtier de clé USB.

N'oubliez pas d'exécuter les bons paramétrages des fusibles ! Les voici pour le Hoodloader2 : [low_fuses=0xEF](#), [high_fuses=0xD8](#) (démarrer du chargeur d'amorçage), [extended_fuses=0xFC](#) (pas de HWBE), [unlock_bits=0x3F](#), [lock_bits=0x0F](#).

Le circuit imprimé est façonné de manière à entrer dans le boîtier Strapubox USB1. La place y est assez limitée, il faut veiller à certaines choses lors de l'implantation. On met d'abord tous les composants (sauf le module radio soudé) et ensuite, si nécessaire, on programme le micrologiciel Hoodloader. Il faut pour cela un connecteur à picots ou simplement quelques picots libres ou des fils soudés sur le circuit imprimé pour pouvoir atteindre le programmeur AVRISP. Songez qu'il faudra retirer toutes ces liaisons avant de relier le récepteur nRF24L01, arrangez-vous pour éviter les difficultés à ce moment-là.

La tension d'alimentation de 5 V se branche sur le connecteur USB K1. Utilisez simplement le port USB de votre ordinateur. Programmez le micrologiciel, débranchez l'appareil de programmation, retirez la fiche USB et remettez-la. Si tout s'est bien passé, vous verrez que Windows a installé le bon pilote USB. Dans le gestionnaire de matériel, la clé s'affiche comme port COM du nom de Hoodloader ou approchant. Sinon, vérifiez les fusibles et reprogrammez l'ATmega16U2 si nécessaire. La carte se comporte alors comme une Arduino Uno, avec le Hoodloader à la place du chargeur d'amorçage habituel, mais sans microcontrôleur ATmega328. L'EDI Arduino le reconnaît sans peine, exactement comme avant. Mais il ne lui faut plus qu'un seul croquis : [Skip_button_6u2_only.ino](#) (inclus dans le téléchargement 150650-11.zip [3]). On retrouve alors la clé USB. La carte s'annonce comme « appareil HID standard » dans le *Gestionnaire de périphériques*.

On charge alors le Hoodloader et le croquis pour le bouton Suivant ! puis on le lance. Débranchez alors K1 et retirez le câblage provisoire pour la programmation par AVRISP.

Renversement pour un quartz

Sur le récepteur nRF24L01, soudez avec précaution les fils du quartz sur la face supérieure de la carte pour que le quartz soit sur l'arrière du module radio, comme on le voit à la **figure 6**. Installez alors la carte du récepteur sur la face supérieure de la carte à 16U2 pour que le quartz et les autres composants soient pris en sandwich entre les deux circuits imprimés, bien parallèles et aussi proches que possible, avant de souder le connecteur MOD1. Utilisez alors une petite pince coupante bien affûtée pour enlever le plus possible de matière excédentaire des broches de MOD1. Vous pourrez alors introduire l'ensemble câblé dans le boîtier Strapubox, la **figure 7** vous montre que c'est réellement possible ! ◀

(150650 – version française : Robert Grignard)

Liens

- [1] boutons radio RVB pour quiz, Elektor janvier/février 2016, www.elektormagazine.fr/150499
- [2] <https://github.com/NicoHood/HoodLoader2>
- [3] www.elektormagazine.fr/150650

Liste des composants de l'émetteur

Résistances :

toutes à film carbone 5%,
0,25 W, 250 V
R1 = 10 kΩ
R2 = 6,8 kΩ

Condensateurs :

C1, C2 = 100 nF, 50 V, X7R,
au pas de 5 mm
C3 = 100 μ, 50 V, au pas
de 3,5 mm, 8x11 mm

Semi-conducteur :

IC1 = ATtiny85-20PU,
programmé, 150499-42
(www.elektor.fr)

Divers :

Bt1 = coupleur de pile
pour CR2032
K1 = embase à 2x3-picots
S1 = poussoir à gros bouton
(Sparkfun rouge :
COM-09181, vert : COM-
11275, bleu : COM-11274)
circuit imprimé, 150499-2
(www.elektor.fr)
embases mâle et femelle à
2x4 voies, au pas de 2,54 mm
(pour MOD1)
pile au lithium CR2032
MOD1 = module transep-
teur NRF24L01+ 2.4 GHz
(150499-91)

Liste des composants du shield Arduino

Résistance :

R1 = 1 kΩ

Condensateur :

C1 = 100 μF, 50 V, au pas
de 3,5 mm, diamètre 8 mm

Semi-conducteur :

LED1 = LED verte, 3 mm

Divers :

MOD1 = module transep-

teur NRF24L01+ 2.4 GHz
(150499-91)

K1 = embase à 1x6 picots
au pas de 2,54 mm
K, K3 = embase à 1x8 picots
au pas de 2,54 mm
K4 = embase à 1x10 picots
au pas de 2,54 mm
K5 = embase à 2x4 contacts
au pas de 2,54 mm
Carte de prototypage 150180-1
(ELPB-NG)

Dans l'e-shoppe (www.elektor.fr)

Pour ce projet, les produits suivants sont disponibles dans l'e-shoppe et via la page du projet [3] :

- 150650-1 Circuit imprimé du récepteur au format d'une clé USB
- 150650-41 Contrôleur du récepteur
- 150650-71 Kit comprenant : carte récepteur au format d'une clé USB, carte d'émetteur (du projet de bouton radio quiz), tous les composants, y compris le module radio et le boîtier
- 150180-1 Carte de prototypage Elektor, ELPB-NG pour construire le prototype du récepteur
- 150499-2 Circuit imprimé de l'émetteur (bouton radio quiz)
- 150499-42 Contrôleur de l'émetteur (bouton radio quiz)
- 150499-91 Module radio câblé

Logiciel : www.elektormagazine.fr/150650

Les dernières nouveautés pour vos conceptions les plus récentes™



MOUSER
ELECTRONICS™

Plus de
nouveaux produits
en stock que
n'importe quel
autre distributeur.



Commandez dès maintenant sur
mouser.fr



bienvenue dans votre e-choppe

Elektor recommande



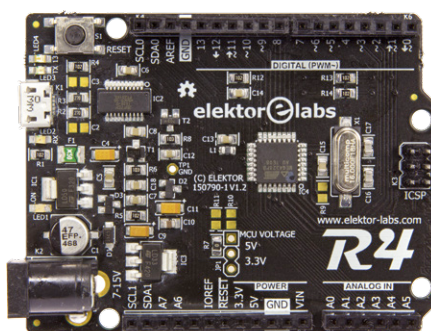
La carte Elektor Uno R4 est une évolution de l'Arduino Uno R3. Elle est animée par un processeur ATmega328PB, la version **Boostée** de l'ATmega328P. L'Elektor Uno R4 comporte deux USART, quatre ports SPI, deux ports I²C, trois temporisateurs, neuf voies MLI (*PWM*). En plus, elle est dotée d'un port E à 4 bits, de huit entrées analogiques, d'une sortie pour le comparateur analogique, d'un ID unique, etc. La R4 est un « produit de substitution » amélioré puisqu'elle peut être alimentée en 3,3 V (fini les convertisseurs de niveau !).

L'intégration dans l'IDE Arduino est facile grâce au *Boards*

Package disponible sur GitHub (<https://github.com/ElektorLabs/Arduino/>). La carte R4 est compatible avec Windows, Linux et OS X. Lorsque vous aurez découvert la R4, vous oublierez la R3 !

Clemens Valens
labo d'Elektor

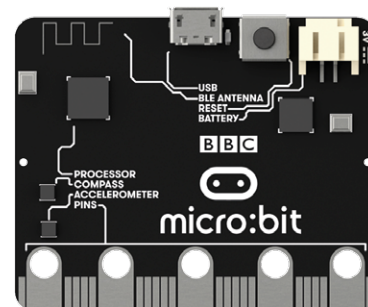
www.elektor.fr/elektor-uno-r4



Vos favoris :

1. BBC Micro:bit

www.elektor.fr/bbc-micro-bit



2. Elektor Uno R4

www.elektor.fr/elektor-uno-r4

3. Raspberry Pi 3 (modèle B)

www.elektor.fr/raspberry-pi-3-b

4. Mooshimeter

www.elektor.fr/mooshimeter

5. Livre Tuto Arduino Uno

www.elektor.fr/tuto-arduino-uno

6. DVD Elektor 2010-2014

www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014

Domotique avec Zelio Logic



Le module programmable compact Zelio Logic avec douze entrées/sorties est une solution technique bon marché et facile à mettre en œuvre, 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).



Prix (membres) : 41,85 €

www.elektor.fr/domo-zelio

Tuto Arduino Uno 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 passionnants 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.



Prix (membres) : 31,32 €

www.elektor.fr/tuto-arduino-uno

DVD Elektor 2010-2014



Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 2010 à 2014. Elektor propose à ses lecteurs des montages électroniques de conception professionnelle et aisément reproductibles, dans les domaines de l'électronique et de l'informatique appliquées. Il leur apporte également des informations sur l'évolution technologique et les nouveaux produits.



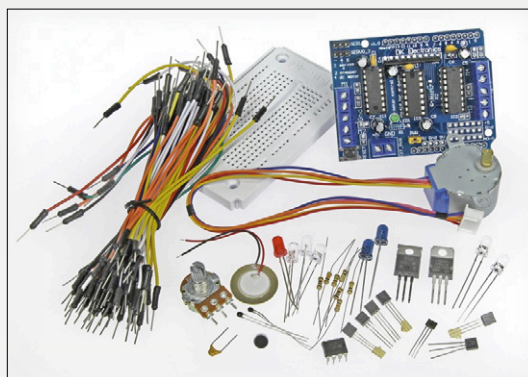
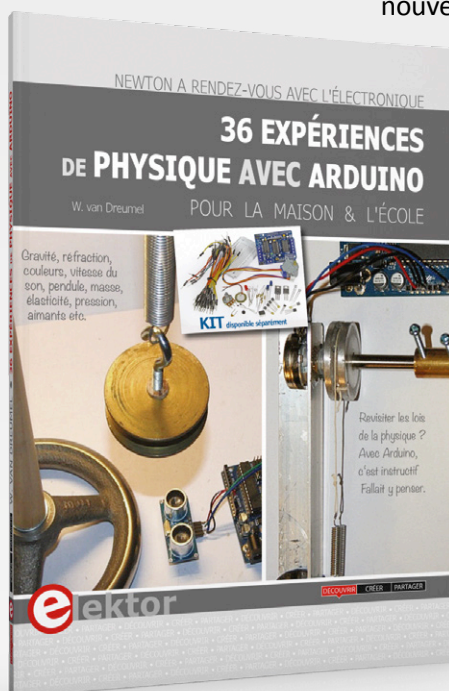
Prix (membres) : 62,10 €

www.elektor.fr/dvd-elektor-2010-2014



36 Expériences de Physique avec Arduino + Kit de démarrage

Ce livre n'est pas un manuel de physique : pas d'équations différentielles ni de courbes abstraites, mais des phénomènes physiques de la vie quotidienne. C'est une approche nouvelle et créative des leçons de physique grâce aux techniques modernes de mesure et de traitement des données. L'électronique utilisée (Arduino) est simple. Ajoutez-y le logiciel gratuit *CoolTerm* pour enregistrer les mesures et les retravailler ensuite sous Excel.



Un kit a été spécialement conçu pour réaliser les expériences décrites dans ce livre. Profitez de cette offre pour acquérir le livre et le kit. La physique rébarbative, c'est fini !



Prix (membres) : 46,94 €

www.elektor.fr/arduino-36-experiences

NOUVEAU !

Offre groupée :

**Livre +
kit de démarrage**

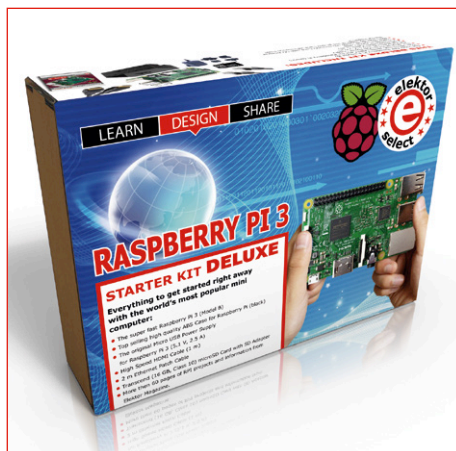
**SDR d'Elektor
réinventé**

Shield Arduino
comme
récepteur SDR

**e-choppe
Elektor en
ligne**

Votre panier d'achats
pour l'électronique

Raspberry Pi 3 Starter Kit (version Deluxe)



Le *Raspberry Pi 3 Starter Kit* inclut tout ce dont vous avez besoin pour démarrer le nano-ordinateur le plus populaire du monde ! Le kit comprend une carte Raspberry Pi 3 (modèle B), un luxueux boîtier en ABS pour la carte, une alimentation micro-USB pour Raspberry Pi 3 (5,1 V, 2,5 A), un câble HDMI haute vitesse (1 m), un câble Ethernet cat. 5e (2 m) et une carte micro-SD Transcend (16 Go, classe 10) avec adaptateur (avec NOOBS pré-installé).



Prix (membres) : 80,96 €

www.elektor.fr/rpi-starter-kit-deluxe

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

Analyseur logique ScanaQuad SQ100



ScanaQuad (SQ) est une série d'analyseurs logiques à quatre canaux et de générateurs de signaux numériques. Ils vous seront d'une grande utilité lorsque vous travaillerez sur des protocoles série comme UART, SPI, I²C, 1-Wire, USB, I²S, CAN, LIN, RS232, RS485, etc. Avec les analyseurs logiques ScanaQuad, vous pouvez capturer des signaux et les analyser, ainsi que produire vos propres signaux de test !



Prix (membres) : 128,66 €

www.elektor.fr/logic-analyzer-scanaquad

Rejoignez la communauté Elektor

Devenez membre GOLD maintenant !



formule GOLD

- ✓ 10x magazine imprimé
- ✓ 10x magazine numérique
- ✓ accès à l'archive d'Elektor (des milliers d'articles)
- ✓ accès à plus de 1 000 fichiers Gerber
- ✓ le DVD annuel d'Elektor
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ des offres exclusives

formule GREEN

- ✓ 10x magazine numérique
- ✓ accès à l'archive d'Elektor (des milliers d'articles)
- ✓ accès à plus de 1 000 fichiers Gerber
- ✓ 10% de remise dans l'e-choppe
- ✓ des offres exclusives

Également disponible

abonnement « zéro papier » GREEN !

www.elektor.fr/membres



SCANNEZ CETTE PAGE ET REGARDEZ LA VIDÉO

1



Téléchargez l'appli gratuite Layar

2

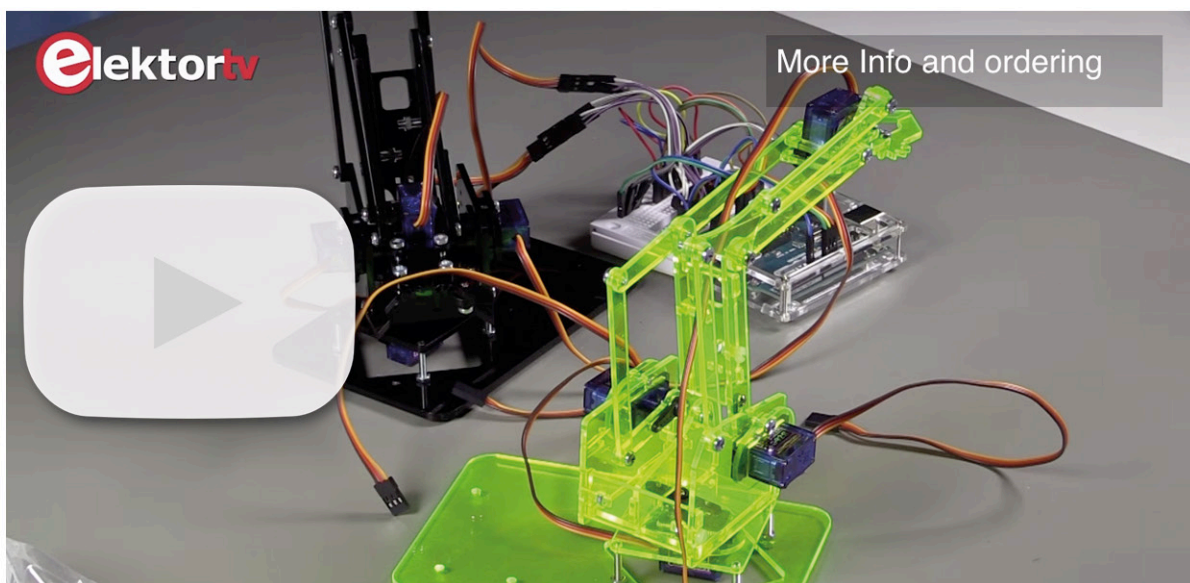


Scannez cette page

3



Découvrez le contenu interactif





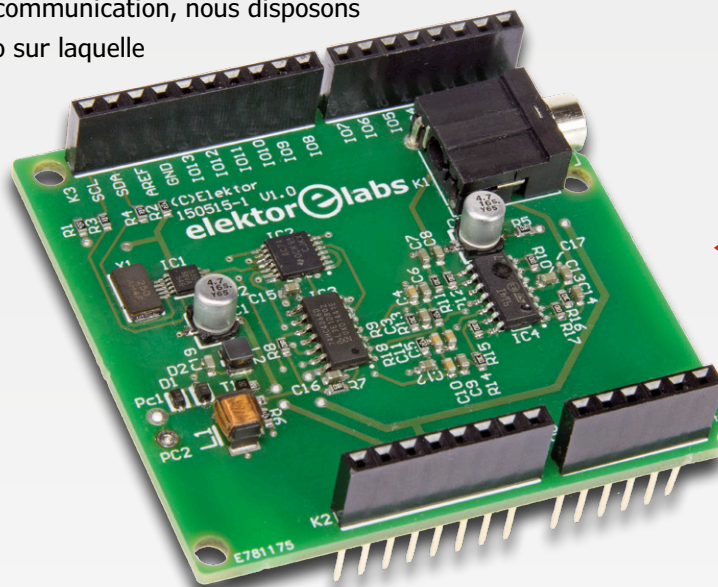
SDR d'Elektor réinventé

Shield Arduino comme récepteur SDR

Une radio logicielle, SDR pour *Software Defined Radio*, est un outil universel de travail en HF, qui permet aussi d'effectuer des mesures. Les caractéristiques du récepteur, c'est le logiciel qui les définit. Pour l'interface de communication, nous disposons à présent de la plateforme Arduino sur laquelle monter un nouveau *shield*.

Caractéristiques techniques

- Tension d'alimentation : 5 V et 3,3 V d'Arduino
- Gamme de fréquences : 150 kHz à 30 MHz
- Sensibilité : 1 μ V
- Gain global : 40 dB
- Niveau maximal d'antenne : 10 mV
- Plage de dynamique : 80 dB



Prix (membres) : 26,95 €
www.elektor.fr/sdr-reloaded

NOUVEAU !

Offre groupée :

Livre +
kit de démarrage

SDR d'Elektor réinventé

Shield Arduino
comme
récepteur SDR

e-choppe
Elektor en
ligne

Votre panier d'achats
pour l'électronique

DVD Elektor 1990-1999



Ce DVD-ROM contient tous les numéros d'Elektor des années 1990 à 1999. Complétez votre schémathèque 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 €

DVD Elektor 2015

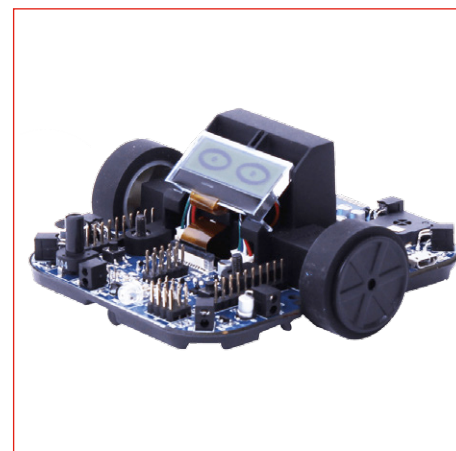


Ce DVD-ROM réunit tous les articles d'ELEKTOR parus au cours de l'année 2015, en français (mais aussi en anglais, allemand et néerlandais). Il contient le texte des articles ainsi que les schémas, et tous les dessins des circuits imprimés, sous forme de fichiers à haute résolution. Une fonction de recherche dans la table des matières vous permet de trouver immédiatement l'article souhaité.



Prix (membres) : 24,75 €

Formula AllCode Robot Buggy



Que vous soyez déjà un passionné de robots ou bien un débutant qui souhaite développer ses connaissances en matière de robotique, Formula AllCode est fait pour vous. Le principal avantage de Formula AllCode est que vous pratiquerez la robotique avec les plateformes matérielle et logicielle de votre choix. Formula AllCode comprend un cours complet de robotique.



Prix (membres) : 224,10 €

www.elektor.fr/dvd-elektor-1990-1999-french

www.elektor.fr/dvd-2015

www.elektor.fr/formula-allcode-buggy

bienvenue dans la section **PARTAGER**


Thijs Beckers (Elektor)

Cervalobéphilie*

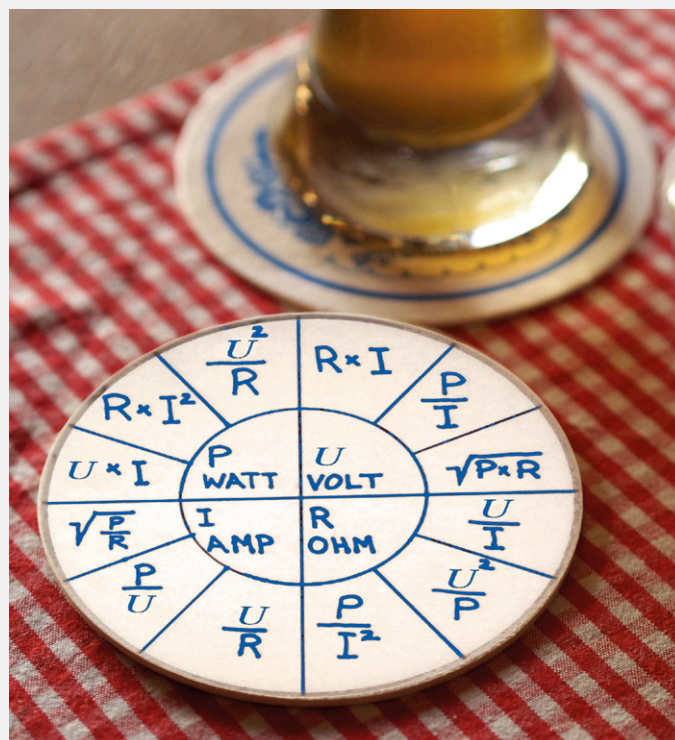
Depuis quelque temps, notre lettre d'information électronique (e-zine) comporte à nouveau un éditorial. Dans l'e-zine n°169, Clemens Valens a revisité l'histoire de la loi d'Ohm, sous le titre *Histoire d'Ω* ** (je ne parle donc pas de l'introduction à la section *CRÉER* de ce numéro), et il nous apprend qu'elle aurait tout aussi bien pu s'appeler loi de Cavendish.

Cet éditorial a poussé M. Van der Giessen, un de nos fidèles

lecteurs, à se remémorer un croquis que nous n'avions plus vu depuis des lustres : la loi d'Ohm sur un rond à bière !

Ce petit diagramme fort utile continue à aider de nombreux écoliers et étudiants, qui éprouvent des difficultés à manipuler I, U et R dans divers calculs. Je ne pouvais décemment pas garder ce trésor pour moi tout seul !

rond à Ohm


Nixie « Canada Dry »

Encore un projet sympathique d'un de nos traducteurs, Kees de Groot : il souhaite réaliser une horloge avec des afficheurs à tubes Nixie (*Numeric Indicator eXperimental No. 1*), mais sans tubes Nixie... Son idée est d'utiliser des plaques de Plexiglas®, sur lesquelles sont gravés des chiffres au laser. Les plaques sont alors illuminées avec des LED par la tranche, les bords rugueux diffusent la lumière et font ressortir le chiffre gravé. Je trouve que c'est une bonne idée, mais Kees n'est pas parvenu à rendre les plaques suffisamment « lumineuses ». Il a bien essayé diverses solutions, mais sans succès : trou pour la LED, modification de l'endroit d'illumination, LED CMS supplémentaires sur les bords de la plaque, biseautage de la plaque à 45°, chiffres en relief, etc.

Kees a malheureusement dû abandonner ses expérimentations, pour raisons personnelles, et le projet est « gelé ». Si cela vous tente, n'hésitez surtout pas à nous contacter ! ◀

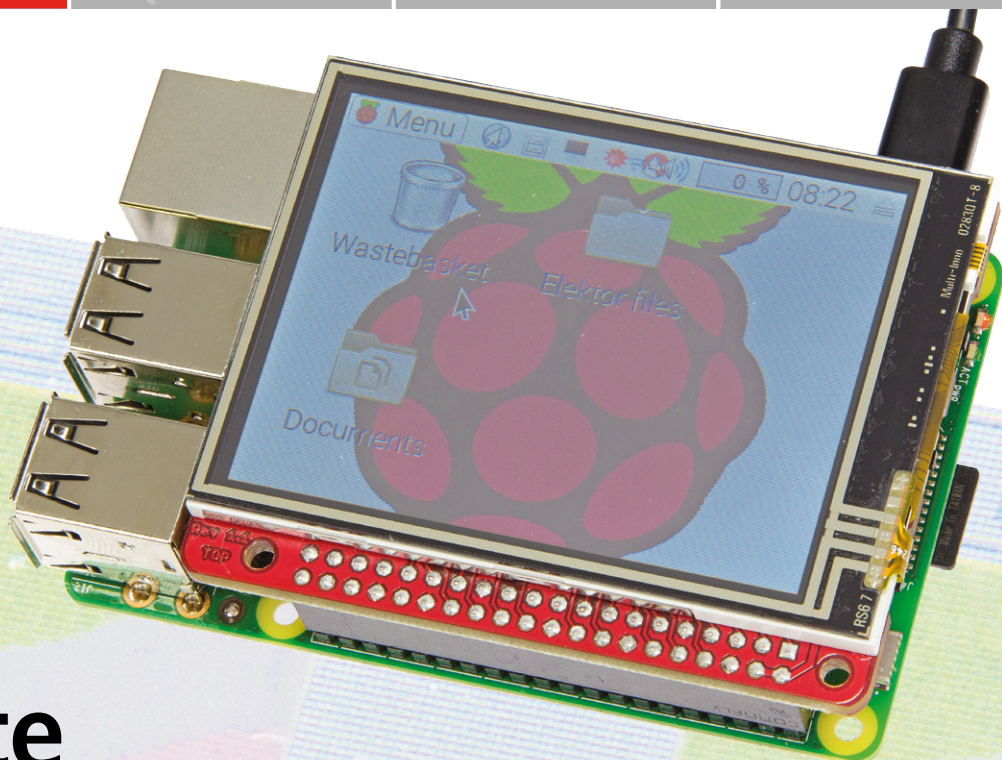
(160078 – version française : Jean-Louis Mehren)

* Collectionner les étiquettes de bière et les sous-bocks

** Si vous n'avez pas encore lu l'éditorial de Clemens, ou si vous voulez vous rafraîchir la mémoire :

www.elektormagazine.fr/news/histoire-d-ohm

raccorder un écran tactile à une carte Raspberry Pi facile ou difficile ?



Il existe de nombreux modules à enficher pour la carte Raspberry Pi (appelés *HAT* – *Hardware Attached on Top*), pour diverses applications. Certains fonctionnent dès qu'ils sont connectés, d'autres doivent être programmés ou configurés. Ce n'est pas toujours très clair...

Luc Lemmens (labo d'Elektor)

Lorsqu'il s'agit d'un écran, il faut connaître la procédure pour faire apparaître une image, au moins pour savoir s'il fonctionne ou pas. Elektor propose depuis quelque temps dans son e-shoppe un écran tactile pour la carte Raspberry Pi [1]. Il s'agit d'un écran couleur de 320 x 240 pixels avec une diagonale de 2,8 pouces (7,11 cm), doté d'un revêtement tactile résistif ; en outre, il n'est pas très cher. Ses dimensions sont quasi identiques à celles de la carte Raspberry Pi, l'ensemble est donc très compact et facile à loger dans un boîtier.

Plusieurs lecteurs nous ont demandé quel logiciel installer pour cet écran ; en effet, il semblerait que les distributions Linux standard de la fondation Raspberry Pi ne le prennent pas en charge.

Le fabricant du module, la société allemande Watterott, a créé une page sur *GitHub* [2], où sont disponibles toutes les informations sur le produit et le logiciel. Sur cette page, vous trouverez des images toutes prêtes de différentes distributions (Raspbian/Debian) pour carte SD ; ces images contiennent les outils nécessaires pour piloter l'écran. Vous trouverez sur

l'internet différentes pages qui expliquent comment transférer l'image d'une distribution Linux sur une carte SD.

Si vous ne voulez pas sacrifier une installation existante, téléchargez de cette page un *script* qui installera la mémoire d'image de cet écran à transistors en couches minces (*FBTFT* – *Framebuffer for thin-film transistor screen*). Nous avons testé ce *script* au labo d'Elektor, il fonctionne parfaitement. Si vous préférez l'installation manuelle (par exemple pour une autre distribution Linux), ou si le programme ne fonctionne pas, cette page propose aussi des explications sur l'installation des pilotes (*drivers*). N'oubliez pas que dans tous les cas vous devrez calibrer l'écran.

Cerise sur le gâteau de ce site : quelques projets autour de la combinaison écran-Raspberry Pi, entre autres une *webradio* et une mini-TV. Ça vaut assurément le détour ! ◀

(150824 – version française : Jean-Louis Mehren)

Liens

[1] www.elektor.fr/touch-display-for-raspberry-pi

[2] github.com/watterott/RPi-Display

NIDays

coupe de robotique RIO 2016

Arthur Lauret aidé par H. Meliani, A. Drévillon, D. Vernier, F. Sthal



Dans ces pages, nous vous avons déjà présenté la coupe de robotique NXT 2016, organisée par National Instruments. Le même jour se tenait la finale de la coupe de robotique RIO 2016, une compétition ouverte en priorité aux étudiants en *cycle ingénieur*. Découvrons l'équipe gagnante.

Des étudiants motivés

Depuis des années, l'ENSMM (École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques de Besançon) s'efforce de participer à la coupe RIO de National Instruments ; elle s'est toujours classée parmi les quatre finalistes, mais n'a jamais gravi la plus haute marche du podium. Notre équipe – Adrien Drévillon, Hasnaa Meliani et Arthur Lauret (**fig. 1**) – a relevé ce défi et remporté la finale de l'édition 2016 de la coupe de robotique RIO.

Nous sommes tous les trois en 3^e année de *cycle ingénieur*, option *Énergie, Transport et Environnement*. C'est dans le cadre du projet d'option que nous nous sommes lancés dans la réalisation du robot. Ce sujet, proposé par nos enseignants désireux de voir une équipe participer à nouveau à la coupe organisée par NI, nous convenait parfaitement à tous les trois.

Comment remporter les épreuves ?

Pour rappel, l'intelligence des robots repose sur technologie RIO de NI et elle est entièrement programmée avec le logiciel LabVIEW. La compétition compte quatre épreuves :

1. Mettre les seaux au fond des puits : enfoncer dans des tubes de descente en PVC quatre balles de tennis de table en suspension sur du fil de nylon

2. Lancer des ballots de paille : accrocher sur une cible des balles recouvertes de Velcro
3. Récolter du blé : ramasser six balles, déposer les balles orange dans le bac de collecte et conserver les noires.
4. Fermer les barrières : fermer les claps montés sur charnières au bord du plateau de jeu (**fig. 2**).

Pour remplir ces quatre missions, nous avons cherché à réduire le nombre d'actions différentes, afin d'avoir un robot « SIMPLE » à mettre en œuvre (**fig. 3**).

Notre première idée a été le bras latéral. Il est très simple, et c'est peut-être grâce à ça que nous avons gagné. En effet, il permet de réaliser directement les tâches n°1 et n°4. Comme il a été opérationnel rapidement lors de nos essais, nous considérons que c'est la meilleure de nos idées.

Chronologiquement, le lanceur de balle a été notre deuxième solution, mais il n'a été monté qu'en dernier. Il se résume à l'association de quatre lance-pierres, avec des tubes pour guider la trajectoire des balles. C'est probablement notre idée la moins ingénieuse. Les autres participants ont fait bien mieux. Notre système est peu précis, mais une fois les premiers tests effectués, nous avons manqué de temps pour explorer une autre voie.

Enfin, le dernier problème à résoudre, certainement le plus complexe, fut le ramassage et le tri des balles. C'est le système qui nous a pris le plus de temps de conception et qui a subi le plus de modifications. Pour obtenir un ensemble fonctionnel, nous avons tâtonné, notamment sur les dimensions des « pinces » et sur la hauteur des zones de tri et de stockage.

Petits problèmes

La majorité des problèmes rencontrés, tant dans la conception technique, que pour la programmation du robot sont venus des « détails » (c'est vrai que *le diable s'y cache* !). Au premier abord tout peut sembler secondaire et négligeable, mais en réalité chaque petit problème technique doit absolument être résolu pour un bon fonctionnement du robot.

Nous ne pouvions pas tout recommencer de zéro à chaque écueil rencontré : mis à part le bras latéral terminé fin novembre, la plupart des solutions retenues n'ont pu être mises en œuvre et testées que courant janvier. Le concours a lieu en mars, mais la plupart d'entre nous seraient absents en février (stage de fin d'études) : il fallait donc que le robot soit fini, à quelques détails près, fin janvier. En février, deux d'entre nous, présents à Besançon, consacrèrent quelques heures aux derniers réglages,

notamment celui du lanceur de balles, pas encore au point lors des essais de janvier.

Le robot était alors fonctionnel et *a priori* prêt à relever le défi – tout du moins, nous le pensions. Le jour J, trop confiants ou peut-être trop stressés, nous nous sommes contentés d'un court essai, sans vérifier plusieurs fois que tout allait bien sur le terrain. Grave erreur : ce terrain avait des dimensions légèrement différentes du nôtre (de l'ordre du centimètre !). Cela a failli nous coûter le passage des qualifications : à cause d'une seule valeur mal réglée dans la programmation, notre robot s'est « planté » contre un mur, dès le premier tiers du parcours. Heureusement, les points obtenus étaient suffisants pour passer, et nous avons pu corriger cette erreur. Ensuite, tout s'est bien déroulé. Cette expérience a changé notre vision des choses et nous a rendus bien plus consciencieux.

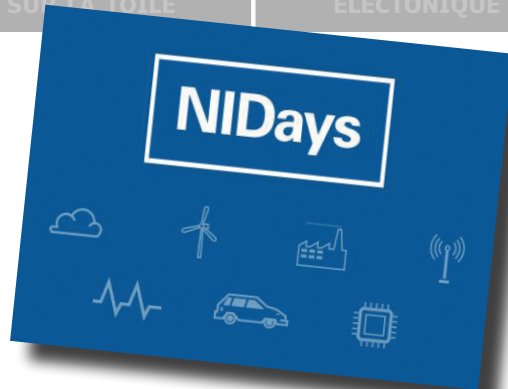


Figure 1. Le trio gagnant.

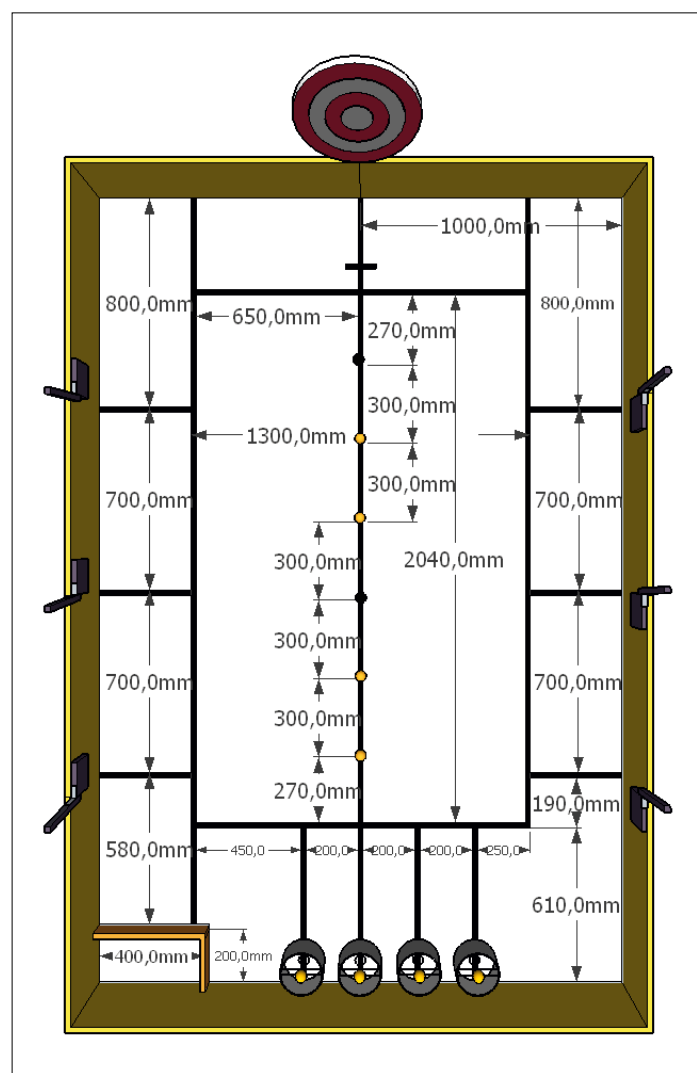


Figure 2. Le terrain de jeu est une surface plane de 2 x 3 m, entourée d'une bordure de 30 cm de haut et de couleur anthracite.

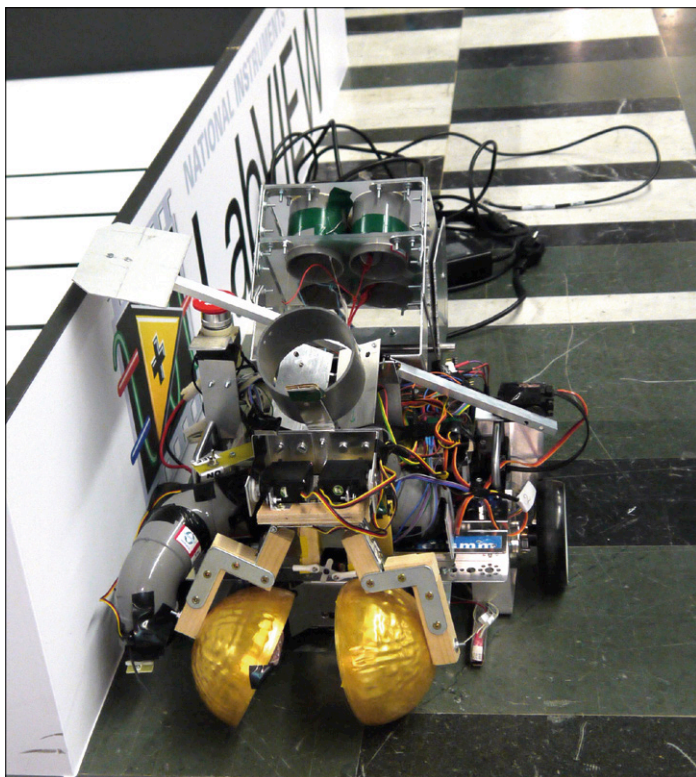


Figure 3. Le robot avec le bras latéral replié, le lanceur de balle à l'arrière et le ramasse-balle à l'avant.

Entailles du robot

Notre robot utilise la base à trois roues du kit *Robotics Starter* de NI (aussi connu sous le nom DaNI), ainsi que la carte FPGA correspondante (sbRIO-9632). Il est alimenté par deux batteries de 12 V, l'une entièrement dédiée à l'alimentation des moteurs CC qui font tourner les pinces, l'autre pour la carte électronique, les autres composants et les moteurs des roues

du robot. Pour le reste du matériel, nous avons principalement utilisé des chutes de bois et d'aluminium (structure de la pince, système de tri, bras latéral, structure du lanceur de balles), des tubes PVC (pour les zones de stockage et lanceur de balles), du plexiglas (pour la structure du lanceur de balles), des vis, un « moule à chocolat » (pour la pince) et beaucoup de scotch ! Le robot se repère sur le terrain grâce au suivi de ligne : une série de capteurs dits de ligne, placés à l'avant du robot près du sol, distinguent le noir du « non-noir ». Tant que les capteurs centraux détectent du noir, le robot continue d'avancer tout droit. Si les capteurs sur les côtés repèrent un trait noir au sol, la commande MLI des roues est modifiée en conséquence afin de ramener la ligne sous les capteurs centraux. Un autre capteur de ligne est monté sur le bras latéral, il sert à repérer les points d'arrêt pour l'épreuve d'enfoncement des balles dans les puits.

Le même type de capteur est utilisé pour la reconnaissance de la couleur des balles (noir ou orange). Pour marquer les positions hautes et basses, donc stopper le robot à l'approche du bac de tri, nous avons eu recours à de simples rupteurs. Le dernier type de capteur utilisé est infrarouge, il sert uniquement à repérer la distance entre le robot et les balles à ramasser. À l'exception des servomoteurs à rotation continue utilisés pour la rotation verticale de la pince, ainsi que pour les roues, tous les actionneurs utilisés sur le robot sont des servomoteurs commandés en position. Cela comprend : ouverture/fermeture de la pince, ouverture/fermeture de chaque porte du système de tri de balles, maintien des élastiques pour le lancer de balles, ouverture de la zone de stockage pour les balles à livrer dans le bac, et enfin rotation verticale du bras latéral.

Pour la programmation du robot, nous utilisons un aspect fondamental de LabVIEW, le séquençement des actions. Dans notre programme (**fig. 4**), chaque élément correspond à une action, qui pourra s'exécuter, si l'action précédente est terminée, ou encore s'arrêter, si une condition particulière est remplie.

Prenons un exemple : nous sommes au début de la phase

La parole aux professeurs

Le partenariat avec *National Instruments* a démarré en 2000 lorsque nous avons mis en place une nouvelle formation de 3^e année (Bac + 5) basée sur la réalisation de microsystèmes et leur caractérisation. LabVIEW a alors été introduit dans notre formation compte tenu de son approche très simple et facile d'utilisation pour le test et la mesure (env. 15 h). L'apparition du concours de robotique aux NI days en 2012 basé sur des cartes en temps réel avec possibilité de programmer des circuits FPGA sans passer par les logiciels de type HDL (*Hardware Description Language*) a été une innovation majeure. Pour des étudiants de formation scientifique généraliste, c'est un moyen très efficace de s'approprier les nouvelles technologies et leur développement sans tomber dans l'hyperspécialisation.

Ce genre d'épreuve permet aux élèves de mettre en pratique leurs compétences d'ingénieur acquises au cours de leur formation. Le robot est un système par définition pluridisciplinaire où les parties mécaniques, électrotechniques, électroniques et informatiques doivent cohabiter avec harmonie. La gestion du temps de travail, les contraintes budgétaires font partie également du projet.

Après coup, tous les élèves ayant participé sont enchantés de leur expérience même si au départ, lors des choix des sujets de projet en début d'année, ils n'étaient pas tous enthousiastes ! Dans ce cas, le petit coup de pouce impulsé par l'obligation du professeur est salutaire.

La réussite de cette année 2016 fait aussi suite à une accumulation de l'expérience des années précédentes. Le robot fabriqué est en constante évolution et doit s'adapter chaque année à la nouvelle définition des règles du jeu. Une des difficultés à gérer concerne la continuité de fonctionnement entre les années successives. Il est clair que cela fait partie du travail d'organisation et de suivi du professeur. Il est important d'imposer de la rigueur dans la gestion et la documentation du projet chaque année.

Au-delà de la compétition, la participation à ce genre d'événements médiatiques permet des rencontres et des échanges toujours fructueux et développe la curiosité. Rien n'est aussi intéressant pour un ingénieur que de découvrir les solutions novatrices mises en œuvre par les autres équipes. Nous sommes ravis du travail accompli et fiers de nos élèves et de nos formations.

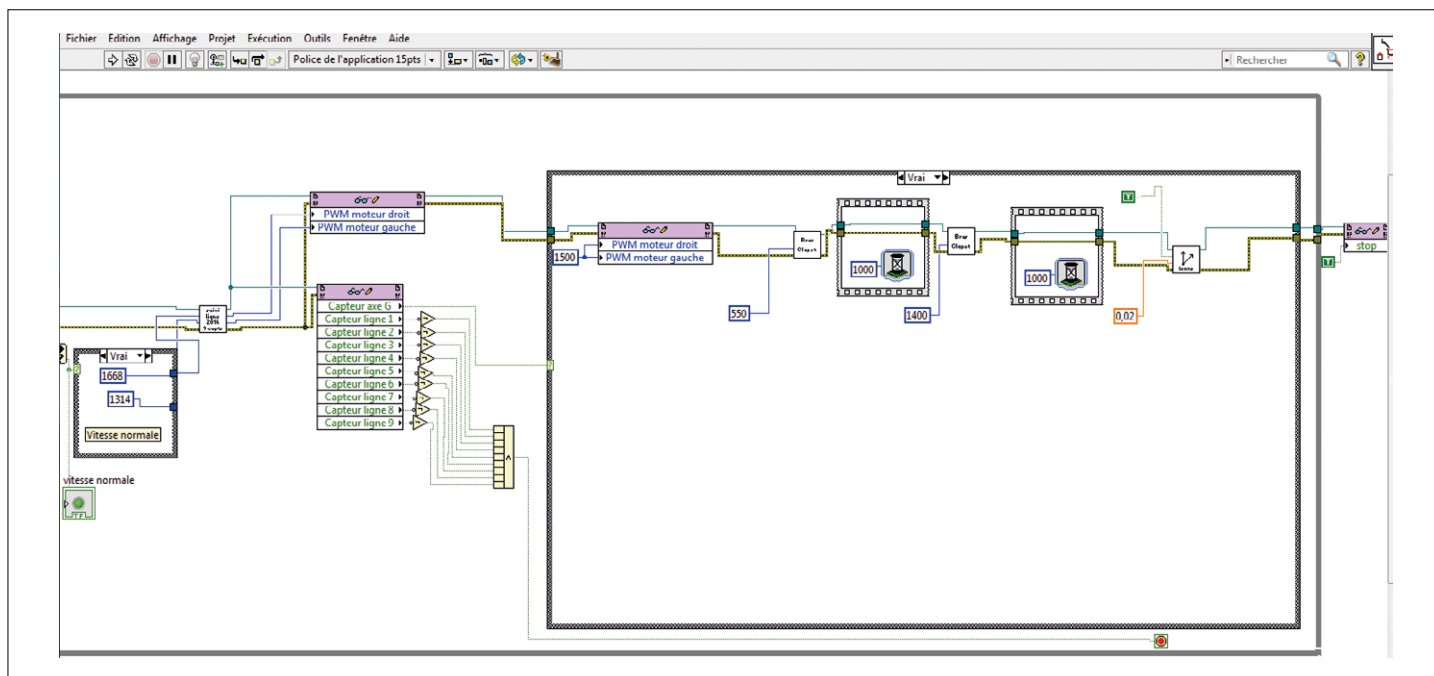


Figure 4. Extrait du programme principal tel qu'il était lors de la compétition. Il se lit, chronologiquement, de gauche à droite.

d'enfoncement des balles dans les puits. Au départ, le robot avance et vérifie de manière régulière l'état de ses capteurs de ligne. Il continue ainsi jusqu'à ce que la condition d'arrêt apparaisse : c'est-à-dire que le capteur de ligne associé au bras latéral (*Capteur axe G*) voit « noir ». Ce capteur est fixé sous le robot au niveau de l'axe des roues et à la verticale du bras. Le bras latéral descend alors afin d'appuyer sur la balle, la fait rentrer dans le puits, et ensuite il remonte : ces actions sont chacune affectées d'une durée déterminée, et une fois ce temps écoulé, les actions suivantes s'exécutent. Pour finir, le robot avance d'une courte distance, afin que le capteur du bras ne voie plus « noir », et reprenne cette routine à zéro, jusqu'à arriver à la fin de la ligne correspondant à cette partie de l'épreuve.

Ceci n'est qu'un exemple, l'ensemble de l'épreuve est programmé ainsi, de façon séquentielle et chronologique. Ce séquencement des actions a été essentiel pour nous lors des phases de test, car il nous a permis de tester chaque mouvement séparément ou par morceaux, et de repérer ainsi facilement les défauts de programmation. Pour le programme final, nous avons passé en revue, action par action, ce que le robot devait réaliser, en nous assurant que rien n'avait été oublié.

Le programme final se lit, chronologiquement, de gauche à droite. Mise à part la première boucle (qui permet d'activer le robot via un interrupteur), l'ensemble est finalement soit une succession de sous-programmes, soit des entités semblables à ce qui a été décrit ci-dessus. Sont également présentes des entités « chiffrées » (binaire, entiers ou réels) qui donnent pour certains sous-programmes des paramètres comme les distances à parcourir, les angles de rotation, l'orientation (gauche ou droite) et les commandes de servomoteurs.

Que retenir de cette aventure ?

Je pense que nous avons gagné parce que nous avons pris le

parti osé de réaliser toutes les missions. Cette prise de risque a payé. La plupart des autres équipes ont fait des sacrifices pour essayer d'être meilleures sur des missions précises. En tant qu'élèves ingénieurs, nous apprenons qu'il faut parfois faire des compromis entre quantité et qualité, mais dans le cas présent, nous avons pu démontrer qu'avec un peu d'application, il est possible de remplir convenablement l'ensemble des missions proposées.

Globalement, nous étions tous les trois assez satisfaits de notre participation, et de l'événement en général, même s'il nous reste l'impression, en voyant les robots d'autres écoles, que nous aurions pu mieux travailler certains aspects de notre robot. Tel qu'il est, il nous a donné la première place, mais nous aurions pu faire mieux.

Ce n'est pas faute de travail : il est difficile, voire impossible, de compter le nombre d'heures passées sur notre création, surtout durant les dernières semaines de janvier. Dans une précipitation presque panique, nous avons dû assembler les dernières pièces et les tester afin d'être prêts pour notre soutenance de projet.

Ce travail nous aura apporté le goût du bricolage à la maison, une bonne expérience sur un logiciel utilisé tant dans l'industrie que dans l'instrumentation, et surtout un très bon moment à travailler ensemble sur un même projet.

(160163)

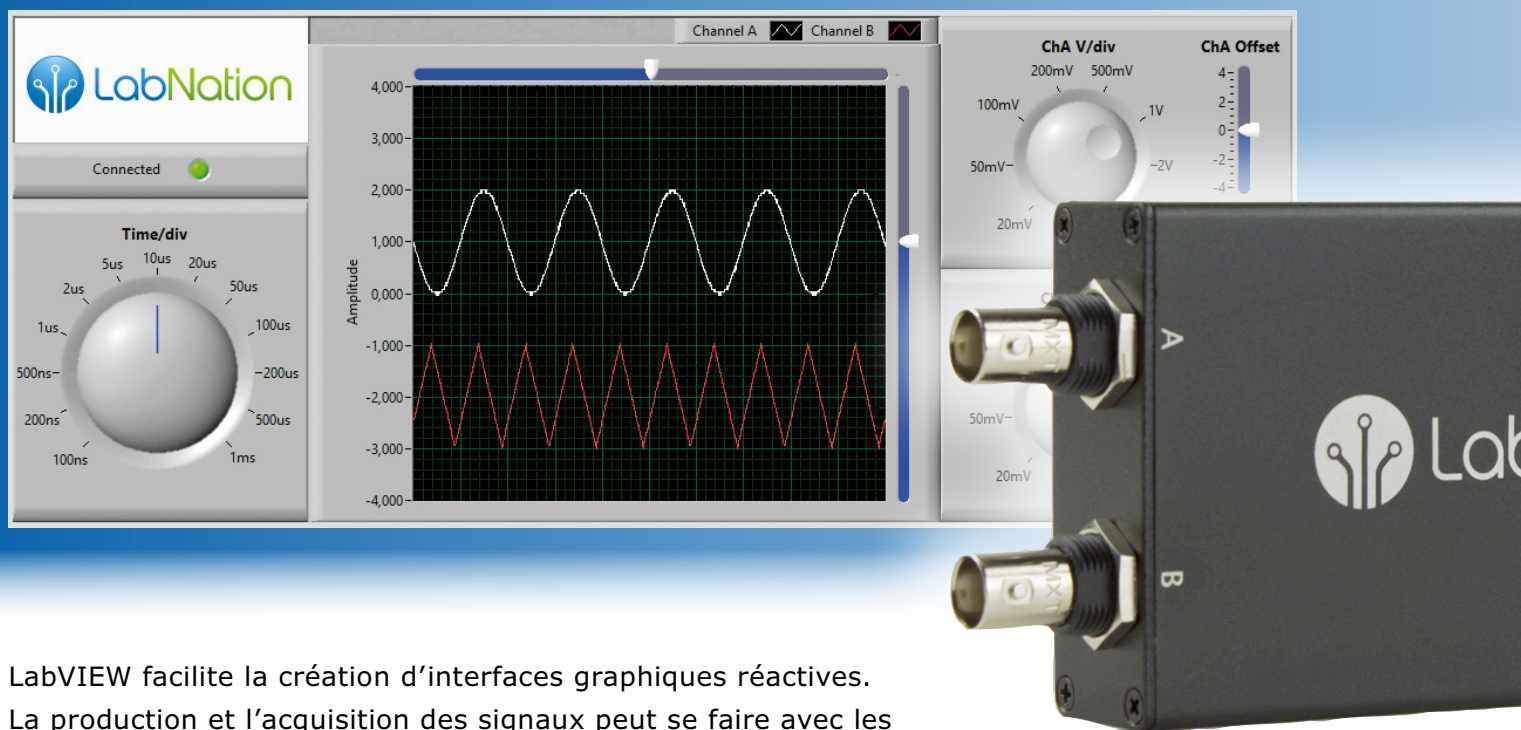
Appel de la rédaction

Vous êtes étudiant ou professeur, vous participez à un événement lié à l'électronique, ou vous en organisez un. Venez nous conter vos aventures. Contactez la rédaction (redaction@elektor.fr).

utiliser SmartScope depuis LabVIEW

grâce à un jeu de blocs VI spéciaux

Riemer Grootjans, LabNation (Belgique)



LabVIEW facilite la création d'interfaces graphiques réactives. La production et l'acquisition des signaux peut se faire avec les instruments de National Instruments, mais SmartScope, avec ses deux canaux à 100 Méc./s et sa RAM de 4 Méc./canal, se montre tout aussi effrontément efficace, et aussi meilleur marché. Un jeu de blocs VI facilite en outre sa configuration et la lecture des données.

J'expliquerai ici comment créer l'interface utilisateur graphique qui illustre le haut de cette page. Je montrerai aussi comment accéder à des fonctions d'acquisition plus avancées grâce à la bibliothèque de fonctions du logiciel, par ailleurs 100 % à code source ouvert. Pour suivre les étapes de ce tutoriel, vous aurez besoin d'un SmartScope de LabNation ainsi que d'une version récente de LabVIEW. Je supposerai en outre que vous connaissez les rudiments de la programmation LabVIEW.

Les fondations de notre interface graphique reposent sur le diagramme de la **figure 1**. Notez que la partie inférieure ne sert qu'à mettre à jour l'interface – toutes les étapes d'acquisition et de contrôle/commande sont réalisées par la partie supérieure.

Utilisation de SmartScope dans une application LabVIEW

L'utilisation de SmartScope dans une application LabVIEW passe par trois étapes et exploite différents VI :

Étape 1 : initialisation du SmartScope

Cette étape cherche la présence d'un SmartScope physique et en retourne une référence dont se serviront tous les autres VI de LabNation.

INIT : Initialize.vi

Lorsqu'il est exécuté, ce VI vérifie toutes les 500 ms si un SmartScope est présent. Il peut s'agir d'un SmartScope relié localement au port USB, ou d'un SmartScope partagé en réseau avec SmartScopeServer (que nous présenterons bientôt). Lors-

qu'un instrument a été détecté, ce VI y charge une configuration de base et le place en mode *Running*.

Sa sortie est une référence au SmartScope dont ont également besoin les autres blocs VI de LabNation. Concrètement, cela signifie que le flux de données qui traverse votre diagramme restera bloqué jusqu'à ce qu'un SmartScope soit disponible.

Étape 2 : configuration du SmartScope

À un certain endroit de votre application, vous souhaitez configurer les paramètres d'acquisition du SmartScope, p. ex. les plages de tension des entrées analogiques ou l'espace à utiliser pour la RAM embarquée (512 Ko par défaut). Notez que les changements apportés ne sont appliqués qu'après l'exécution de *CommitSettings.vi*.

VERT : SetVertical.vi

Ce VI permet de configurer les entrées analogiques suivantes du SmartScope :

Voltage range. Entrez simplement l'amplitude maximale que vous pensez mesurer, et SmartScope adaptera automatiquement ses étages multiplicateurs et diviseurs afin d'optimiser sa plage d'entrée en fonction de cette amplitude.

Afin que le signal ait la résolution la plus fine possible, il est préférable d'entrer la plus petite plage de tension possible dans laquelle tient le signal.

Offset. Cette valeur sera physiquement soustraite ou ajoutée à la tension d'entrée. Elle permet de zoomer sur une plage de tension non centrée autour de 0 V. Si

par exemple vous souhaitez mesurer des signaux compris entre 0 V et 12 V, une plage de tension de 12 V et un décalage (*offset*) de 6 V offriront la plus grande résolution de mesure.



Le logiciel d'interface est 100 % à code source ouvert

Coupling. Ce terminal d'entrée permet de choisir entre un couplage AC ou DC. Un couplage DC donne des tensions absolues (vraies) tandis qu'un couplage AC soustrait d'abord la valeur moyenne du signal avant sa numérisation ; le mode AC permet p. ex. de zoomer sur un signal de faible amplitude superposé à un signal de tension plus élevée.

Channel. Vous devez ici spécifier le canal à configurer : *Channel A* ou *Channel B*.

HOR : SetHorizontal.vi

Ce VI simplifié permet de définir des paramètres temporels très simples. Si vous souhaitez plus de contrôle sur ces paramètres, y compris sur la RAM embarquée, référez-vous à la dernière section. Voici les entrées nécessaires :

ViewportLength : définit la longueur (en secondes) de la séquence d'acquisition. Le taux d'échantillonnage est ajusté de façon à ce que la fenêtre affichant les 2048 échantillons du tampon ait cette longueur.

TriggerHoldoff : spécifie la position du déclenchement (en secondes) relativement au centre de la fenêtre d'affichage.

TRIGGER : AnalogTrigger.vi

Ce VI permet de configurer un déclenchement analogique simple à l'aide des entrées suivantes :

Channel : le canal analogique à déclencher.

EdgeType : ce VI ne prend en charge que les méthodes *Rising*, *Falling* et *Any edge*.

TriggerLevel : la tension à laquelle se produit le déclenchement.

COMMIT : CommitSettings.vi

Il importe de bien comprendre ce VI. Les changements apportés aux VI précédents n'ont aucun effet tant que le VI *CommitSettings* n'a pas été appelé. Ces modifications ont lieu dans des

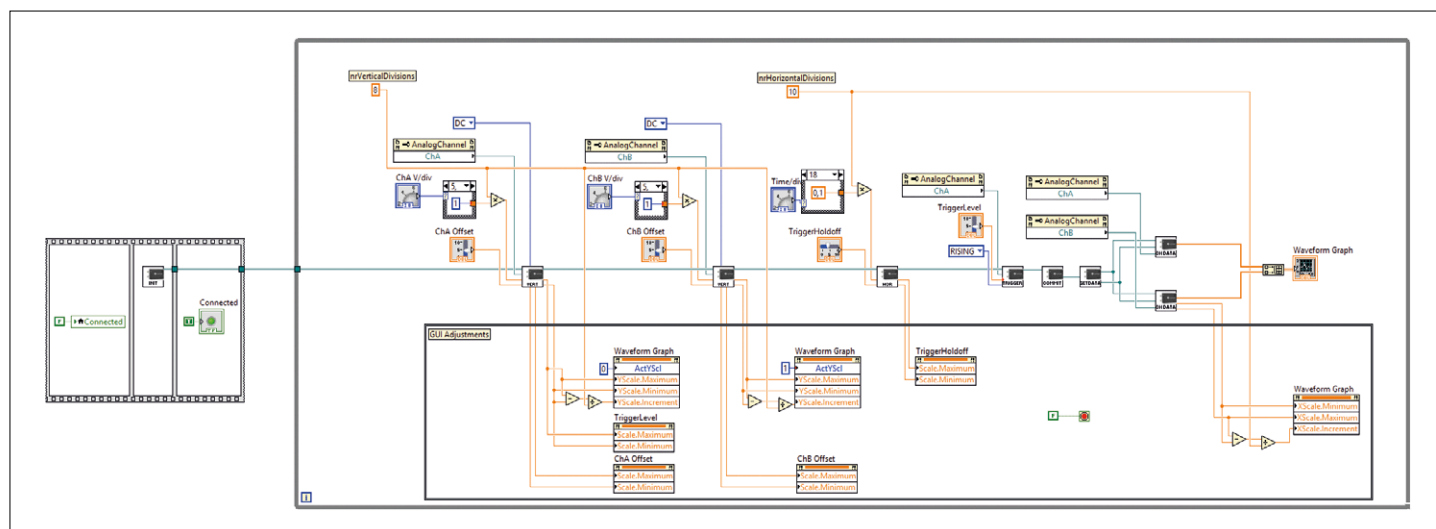


Figure 1. Le diagramme des blocs utilisés pour créer l'interface reproduite en haut de page.

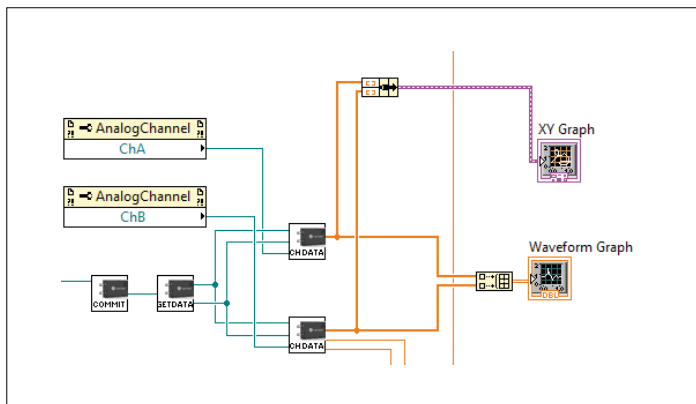


Figure 2. L'ajout d'un tracé XY se fait par simple connexion de blocs.

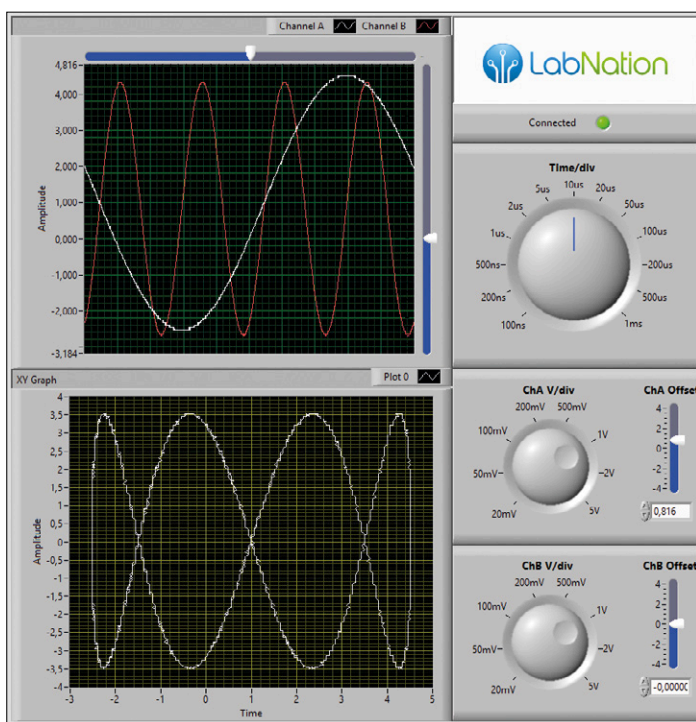


Figure 3. L'interface graphique initiale réorganisée.

registres fantôme qui sont ensuite copiés dans les registres réels lorsque le VI *CommitSettings* est appelé. Cette méthode garantit que l'instrument sera entièrement configuré lorsqu'il procédera aux acquisitions.

Étape 3 : lecture des données du SmartScope

Vous pouvez récupérer le dernier « paquet de données » (*data package*) de votre SmartScope à n'importe quel moment. Il contient les données d'acquisition de tous les canaux ainsi que des informations relatives à la configuration utilisée. Le regroupement de toutes ces informations dans un paquet garantit que les données provenant de canaux différents ont été acquises au même instant.

GETDATA : GetLatestDataPackage.vi

Ce VI récupère une référence au dernier paquet reçu par le pilote du SmartScope. En cas d'acquisitions effectuées avec un *ViewportLength* très long, il peut arriver que ce VI soit appelé plusieurs fois durant la même acquisition. C'est alors la même référence au dernier paquet qui est renvoyé.

CHDATA : GetChannelData.vi

Un *data package* contient donc les données acquises simultanément sur tous les canaux. Le VI *GetChannelData* renvoie les données d'affichage pour le canal spécifié sous la forme d'un tableau 1D de nombres à virgule flottante.

Les données récupérées par ce VI contiennent jusqu'à 2048 échantillons couvrant la durée spécifiée dans le VI *SetHorizontal*.

Ce VI attend une référence retournée par le VI *GetLatestDataPackage* ainsi que le canal analogique à lire.

Ajout d'un tracé XY

Une fois que votre programme LabVIEW a accès aux données du SmartScope, l'ajout d'une nouvelle représentation graphique est d'une facilité déconcertante. La **figure 2** montre l'ajout d'un tracé XY par simple connexion d'un VI *XY Graph*. On peut ainsi facilement réorganiser l'interface graphique (**fig. 3**).

Accès aux fonctions avancées de la bibliothèque DeviceInterface

Comme je l'ai dit plus haut, le logiciel d'interface de SmartScope est à code source ouvert. La bibliothèque *DeviceInterface* étant

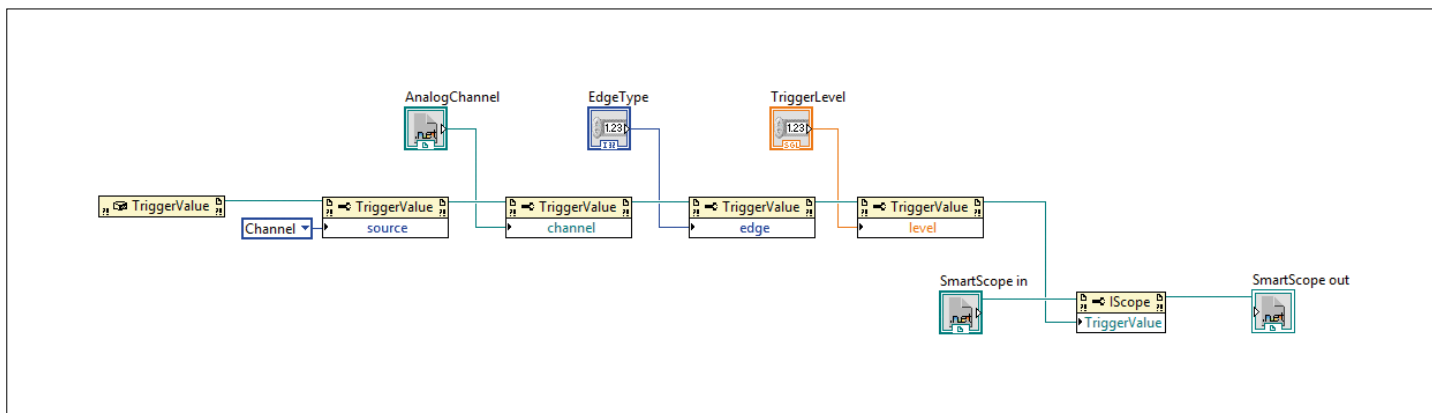


Figure 4. Le diagramme du VI *AnalogTrigger*.

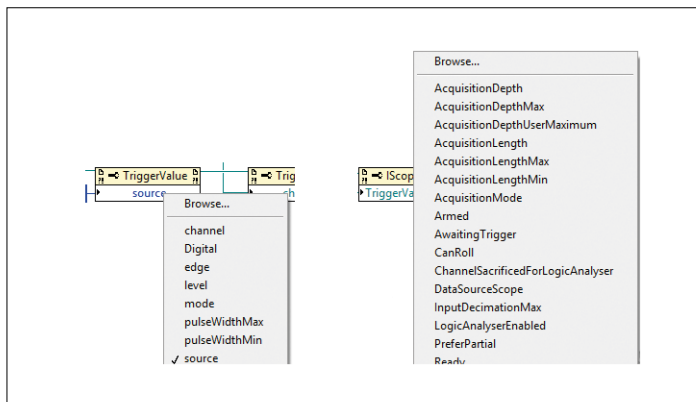


Figure 5. Propriétés des blocs *TriggerValue* et *IScope*.

le seul pont logiciel entre l'interface graphique et SmartScope, LabView a donc aussi accès à toutes les fonctions utilisées par l'appli officielle SmartScope.

Voyons comment mettre en œuvre une fonction avancée en configurant p. ex. un déclenchement par largeur d'impulsion. Ce déclenchement ne doit avoir lieu que si une largeur d'impulsion comprise entre 10 μ s et 100 μ s est détectée. Il serait impossible de définir ce déclenchement à l'aide des VI précédents, mais avec la bibliothèque *DeviceInterface* c'est assez facile. Ouvrez le VI *AnalogTrigger*, puis copiez-le dans *AnalogTriggerPulse*.

Observez le diagramme de la **figure 4** : il contient de nouveaux blocs. LabView crée en effet automatiquement des blocs pour toutes les fonctions de la bibliothèque *DeviceInterface*. Pour comprendre ce que cela apporte, cliquez sur le champ *Property* de n'importe quel bloc *TriggerValue* (p. ex. sur *source*, **fig. 5**) : une liste déroulante montre toutes les propriétés que vous pouvez configurer. Même chose si vous cliquez sur la propriété *TriggerValue* de l'objet *IScope*. Ces propriétés sont décrites dans la section *DeviceInterface* du wiki de LabNation [1]. Le code source complet de la bibliothèque *DeviceInterface* se trouve par ailleurs sur le compte GitHub de LabNation [2].

Pour passer d'un déclenchement par détection de front à un déclenchement par détection d'impulsion, ajoutez les trois blocs de la **figure 6**. Pour cela vous pouvez copier-coller les blocs de

la figure 4 et modifier leurs propriétés en *mode*, *pulseWidthMin* et *pulseWidthMax*.

Pour créer la constante *Pulse*, faites un clic droit sur le terminal « mode » et sélectionnez *Create -> Constant* ; LabVIEW vous présente alors divers choix possibles. Les deux autres constantes définissent les valeurs minimale et maximale de la largeur d'impulsion ; elles sont ici définies (fixées), mais vous pouvez les rendre réglables en utilisant *Control* au lieu de *Constant*.

Et voilà, en utilisant ce nouveau subVI dans votre VI principal, votre SmartScope écartera tous les déclenchements plus courts que 10 μ s ou plus longs que 100 μ s.

Avec ce nouveau jeu de blocs VI spéciaux, vous pouvez désormais utiliser votre SmartScope dans de nombreuses applications LabVIEW. ◀

(160045 – version française : Hervé Moreau)

Liens

[1] <http://wiki.lab-nation.com>

[2] <https://github.com/labnation>

sur Elektor TV

Riemer Grootjans explique les fonctions de base et avancées du SmartScope :

<https://youtu.be/SJsNiJBbs0w> et

<https://youtu.be/JgHt5zTEZF4>

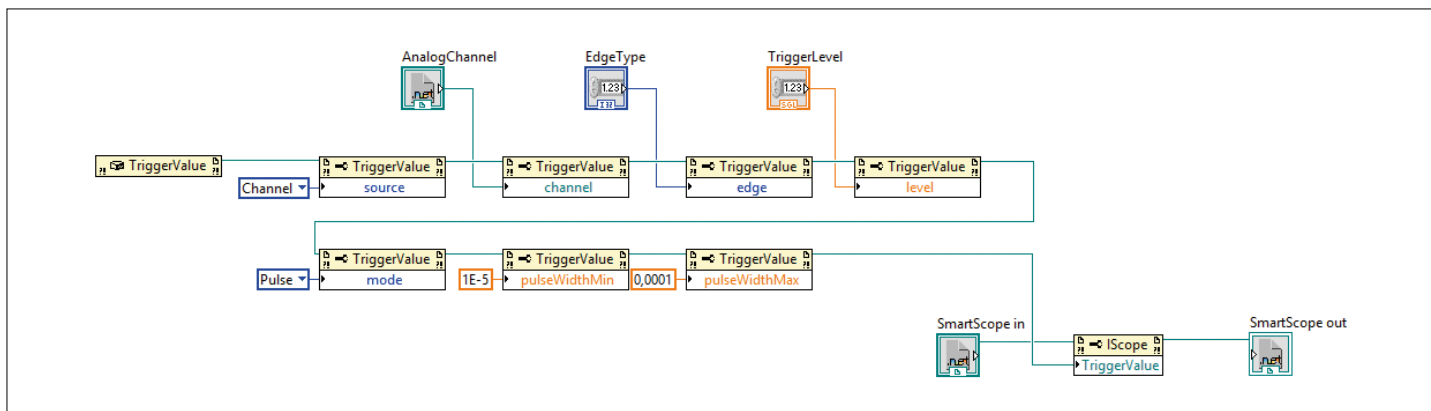
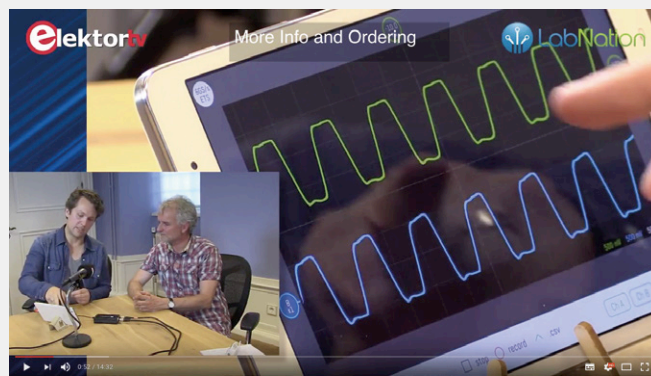


Figure 6. Ajout de trois blocs pour la détection d'impulsion : *mode*, *pulseWidthMin* et *pulseWidthMax*.

comment financer votre projet ?

Une solution : Kickstarter & Co

Harry Baggen

Le financement participatif a la cote ! Vous avez LA grande idée (projet ou service), mais vous n'avez pas d'argent pour la mettre en œuvre ? Pourquoi ne pas la proposer sur un site de financement participatif comme Kickstarter ? L'argent va couler à flots... enfin peut-être !

Depuis quelque temps, les banques ne prêtent plus d'argent facilement, surtout aux entrepreneurs novices ou aux petites structures, c'est pourquoi les sites web comme Kickstarter et Indiegogo se sont fortement développés ces dernières années. Ces sites reposent sur une idée simple, mais infaillible : présentez à la communauté des internautes le produit ou le service que vous voulez créer, indiquez de combien vous avez besoin et laissez la communauté décider si cela vaut la peine d'investir. En général, n'importe quel internaute peut participer, même avec une somme modique. Il n'y a pas que les « jeunes pousses » ou les particuliers qui collectent ainsi des fonds, même de grandes entreprises y ont recours pour financer de nouveaux produits.

N'hésitez pas à aller visiter ces sites web, ne serait-ce que pour voir les projets soumis au financement participatif. Vous y trouverez des idées particulièrement étonnantes. Dans le domaine de l'électronique également, il y a plein de produits à découvrir ; de nombreuses nouveau-



tés ont ainsi déjà été mises sur le marché. Le SmartScope de la société belge LabNation [1], actuellement disponible dans l'e-choppe d'Elektor, en est un exemple. Son financement participatif a été lancé il y a un an et demi sur Kickstarter. La somme demandée a été atteinte très rapidement et ils ont pu démarrer la production de leur tout nouvel oscilloscope avec port USB.

Nous vous conseillons d'aller jeter un œil aux projets techniques qui suivent.

Déjà célèbre grâce aux médias, le Panono, une boule dotée de caméras vidéo sur toute sa surface [2] peut prendre d'incroyables photos à 360°. Ce projet a déjà récolté 1 250 millions de dollars.

Autre projet remarquable, Mars est un haut-parleur Bluetooth mobile [3]. Enfin,



Liens

- [1] www.kickstarter.com/projects/751733865/smartscope-reinventing-the-oscilloscope
- [2] www.indiegogo.com/projects/panono-panoramic-ball-camera
- [3] www.indiegogo.com/projects/mars-by-crazybaby
- [4] www.indiegogo.com/projects/zboard-2-the-most-advanced-electric-skateboard
- [5] www.kickstarter.com/projects/749835103/hamshield-for-arduino-vhf-uhf-transceiver
- [6] www.kickstarter.com/projects/1762626887/cubit-the-make-anything-platform

quand on dit mobile... Cet objet va vous étonner par son fonctionnement ! Ce haut-parleur plane littéralement comme une soucoupe volante au-dessus de sa base quand il est en marche. Cet engin surprend tout le monde. Lorsque sa batterie est à plat, il se repose sur sa base et se recharge.

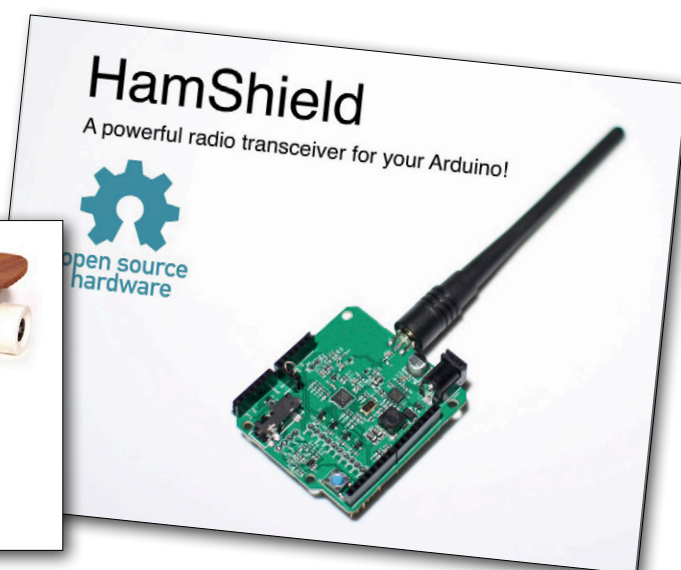
Les skateboards électriques sont de plus en plus en vogue. Plusieurs réalisations sont apparues sur l'internet, mais la planche ZBoard 2 est particulièrement séduisante [4]. Elle peut atteindre un bon 30 km/h et son autonomie est de près de 40 km, de quoi faire un beau parcours avant de recharger la batterie.

Le HamShield de Casey Halverson est un émetteur-récepteur pour différentes bandes radioamateurs qui se monte sur une carte Arduino [5].

Le cœur de cet engin est une puce émettrice-réceptrice Auctus 1846S dotée d'une radio logicielle.

Enfin, citons encore Cubit, un système électronique modulaire avec un environnement de programmation visuel de type glisser-déposer [6]. Selon les concepteurs de ce système, vous pouvez créer une application sans avoir à taper une seule ligne de code et sans rien souder. Cela semble très prometteur ! ◀

(150375 – version française : Eric Dusart)



Avez-vous demandé à la communauté de l'internet si elle veut investir dans votre projet ?



compilées par Robert van der Zwan

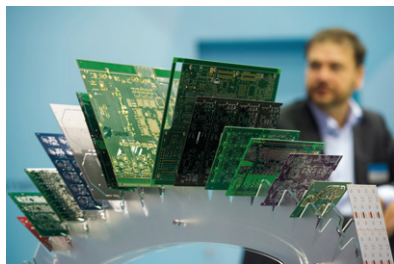
Qu'est-ce que le **electronica Fast Forward Start-up Award** ?



Le *Fast Forward Start-up Award* est d'abord un partenariat entre Elektor et *electronica*, le célèbre salon international d'électronique de Munich. Pour vous, il s'agit surtout d'un prix

prestigieux qui peut vous fournir l'occasion unique d'entrer de plain-pied dans le marché international de l'électronique. Le nom des gagnants sera annoncé en novembre lors du salon. Plus de 150 000 € de prix en services et outils de marketing sont à partager. Pour reprendre les mots de René Bohne, le directeur de campagne : « Nous réunirons tout le monde : les faiseurs, les amateurs, les ingénieurs et le monde des affaires. »

Épatez-nous encore !



René Bohne, directeur de campagne et membre du jury, s'y connaît en électronique et veut que vous oyiez ceci : « La plupart des dossiers de candidature que nous avons reçus sont vraiment intéressants et plaisants

à découvrir, mais je suis sûr qu'il y a encore beaucoup d'idées en réserve. Alors envoyez-nous les vôtres ! »

READ ONLY MEMORY

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

Certains experts indépendants d'Elektor parlent de l'*electronica Fast Forward Start-up Award* comme de la « plus prestigieuse » des récompenses du secteur de l'électronique. Il faut dire qu'Elektor a une certaine expérience dans ce domaine. Ainsi avons-nous lancé dans le numéro de juillet/août 1995 le concours « Projets en compétition ». C'est le luxembourgeois Laurent Lamesch qui remporta à l'unanimité le premier prix, un oscilloscope THS720 offert par Tektronix. Laurent avait proposé un analyseur logique à monter soi-même de 50 MHz avec entrée de 16 ou 32 bits.

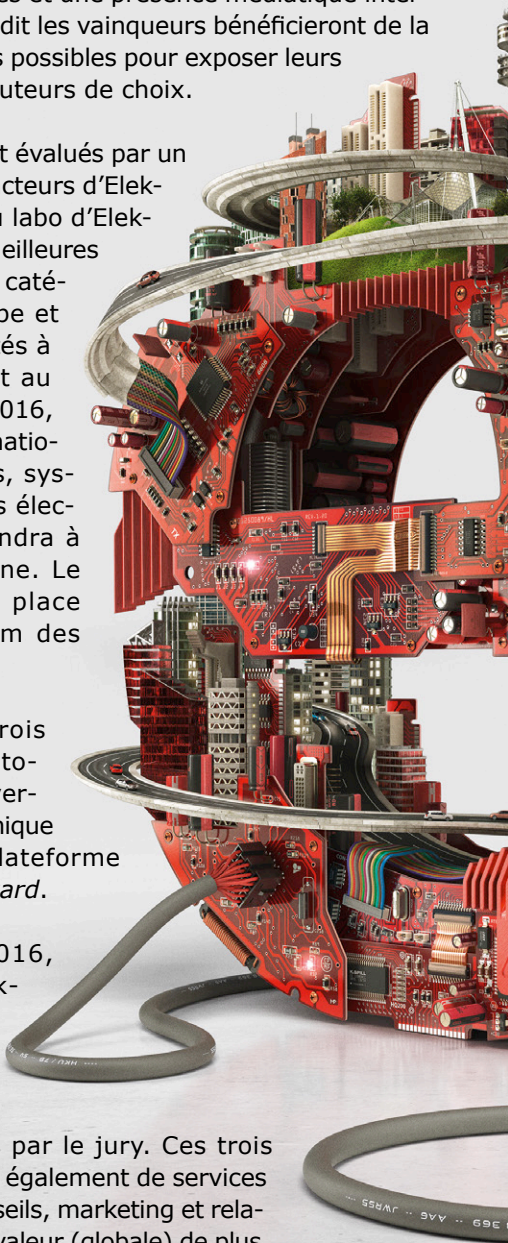
Des prix d'une de plus de

L'initiative « *electronica Fast Forward Start-up Award powered by Elektor* » réunira pour la première fois les acteurs du marché international de l'électronique, les créateurs de technologies novatrices et une présence médiatique internationale. Autrement dit les vainqueurs bénéficieront de la meilleure des tribunes possibles pour exposer leurs projets à des interlocuteurs de choix.

Tous les projets seront évalués par un jury composé de rédacteurs d'Elektor et d'ingénieurs du labo d'Elektor. Les auteurs des meilleures innovations des trois catégories Idée, Prototype et Start-up, seront invités à présenter leur projet au public d'*electronica* 2016, la grand-messe internationale des composants, systèmes et applications électroniques qui se tiendra à Munich, en Allemagne. Le jury délibèrera sur place pour décider du nom des trois vainqueurs.

Les finalistes des trois catégories Idée, Prototype et Start-up se verront offrir l'occasion unique de participer à la plateforme *electronica Fast Forward*.

Le 11 novembre 2016, *electronica* et Elektor remettront un « *electronica Fast Forward Start-up Award* » aux trois vainqueurs désignés par le jury. Ces trois lauréats bénéficieront également de services internationaux de conseils, marketing et relations publiques d'une valeur (globale) de plus de 150 000 €. La visibilité de leur entreprise



INDISCRÉTIONS • Outre son rôle de responsable de projet pour le salon *electronica* de Munich, Angela Fast Forward Start-up Award • Clemens Valens dirigera le jury Elektor pour l'*electronica Fast Forward* chaque membre de l'équipe Elektor exprime un jugement professionnellement objectif • Avant l'entrée ring de Munich, René Bohne aura fait tout son possible pour que la planète entière ait entendu parler de



valeur 150 000 €

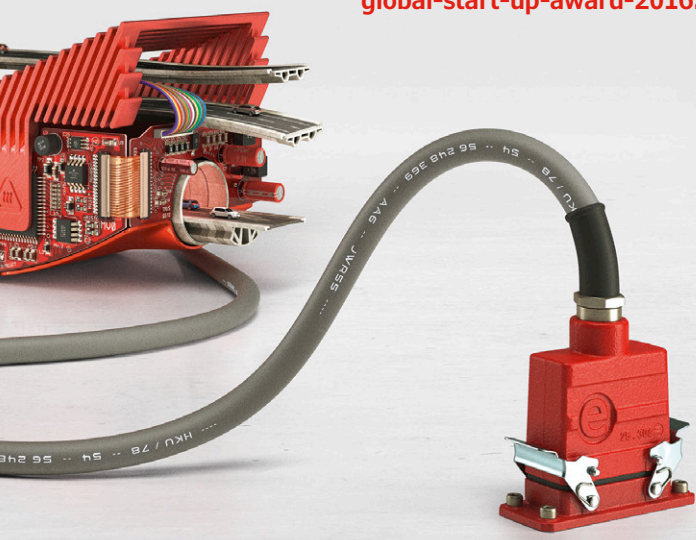
ou innovation sera en outre amplifiée par le réseau international d'Elektor, par ses différents supports numérique et papier et ses plus de 250 000 abonnés.

Les participants sélectionnés par le jury dans la catégorie Start-up s'engagent à être personnellement présents sur la plateforme **electronica Fast Forward** avec leur produit. Ils bénéficieront d'un espace sur le stand Elektor, contre une participation aux frais d'un montant maximum de 1000 €.

Tous les participants sélectionnés dans les catégories Idée et Prototype ont droit à un espace d'exposition gratuit sur le stand Elektor.

La date limite de dépôt des **dossiers de candidature** est le **4 octobre 2016**.

Pour en participer ou en savoir plus, rendez-vous sur www.elektormagazine.fr/contest/global-start-up-award-2016.



Marten coordonne tout ce qui a trait à l'**electronica** Start-up Award avec pour mandat de veiller à ce que (métaphoriquement parlant) des finalistes sur le l'**electronica** Fast Forward Start-up Award

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 !



Angela Marten, responsable de projet, nous parle des événements « Fast Forward » du salon **electronica**.

Pourquoi le salon de Munich s'intéresse-t-il aux start-ups et aux nouvelles idées commerciales ?

electronica est le plus grand salon au monde et aussi une plateforme essentielle pour le monde des affaires. La réunion de différents acteurs du marché facilite l'échange d'idées nouvelles et permet de nouer des contacts. Les start-ups stimulent la croissance de l'industrie, c'est pourquoi nous devons encourager leur développement et veiller à ce qu'elles puissent établir des liens avec l'industrie.

Qu'attendez-vous de la plateforme Fast Forward Start-up et de l'initiative Fast Forward Award powered by Elektor ?

Que la plateforme **Fast Forward** soit un lieu de rencontre et de catalyse entre forces vives de l'industrie et novateurs. Elle sera pour les jeunes entrepreneurs l'occasion d'établir des partenariats commerciaux et de trouver des investisseurs. Pour nos exposants et leurs solutions novatrices, elle sera une vitrine inespérée. Les finalistes y présenteront de nouveaux concepts qui à n'en pas douter fascineront nos nombreux visiteurs.

Y a-t-il un domaine d'innovation qui vous intéresse plus que l'autre ?

En électronique, tout ce qui est nouveau me fascine, qu'il s'agisse d'un produit novateur ou d'un concept qui renouvelle une approche et bouscule nos idées préconçues.

Comment atteignez-vous les parties intéressées ?

Le salon **electronica** est déjà en lui-même un vaste réseau de contacts. Les gens qui ont des idées, les créateurs d'entreprise, les investisseurs ou bailleurs de fonds potentiels nous connaissent grâce à notre exposition médiatique et à nos bonnes relations avec la communauté des faiseurs (*makers*). Nous les atteignons aussi via des canaux comme les vidéos, les blogs ou les infolettres.

Sur quels critères seront évalués les candidats ?

Le jury rendra sa décision finale en fonction de la présentation faite par les finalistes. Ils évalueront avant tout le degré d'innovation technique du projet, son potentiel commercial et sa faisabilité, mais ils tiendront aussi compte de ses coûts de fabrication et de sa durabilité.

compilées par **Robert van der Zwan**

Bleu comme le Big Red



La rédaction d'Elektor ne ménage pas ses efforts pour parachever son dernier ouvrage : le « Big Red ». Indispensable almanach du monde de l'électronique, cette publication annuelle mettra en avant concepteurs, jeunes pousses, investisseurs providentiels et autres acteurs de la vie économique, mais il y sera également question de prospective et de passé glorieux. Que vous vouliez vous lancer professionnellement dans l'électronique ou transformer une idée en profit, le gotha s'appelle désormais Big Red ! Plus de détails sur elektormagazine.fr.

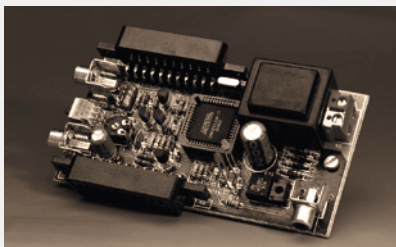
Eurocircuits fête ses 25 ans !

Il y a 25 ans, attablés autour d'une bière dans un pub de la ville belge de Malines, Luc Smets et Dirk Stans rêvaient de fonder leur propre entreprise. Eurocircuits brasse aujourd'hui un chiffre d'affaires annuel de plus de vingt millions d'euros. Eurocircuits fait bien sûr partie de la famille Elektor puisque *Elektor PCB service* est le fruit de notre collaboration. Santé, Dirk et Luc !



READ ONLY MEMORY

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



Macrovision était une technique de protection utilisée par les ayants droit des films américains pour empêcher la copie des cassettes vidéo VHS/PAL. Le « processeur

de copie vidéo » de novembre 1997 était « capable de contrecarrer les impulsions et autres interférences introduites à dessein et interdisant la copie, d'un magnétoscope à un autre, de cassettes vidéo VHS/PAL protégées par Macrovision. » Et puisqu'il était bien sûr hors de question d'encourager la copie illégale, l'article précisait que la copie ne pouvait être faite qu'à des fins de sauvegarde. Ce projet eut un succès digne d'un *blockbuster*.

L'ÉMERGENCE D'UN FAR WEST DANS LE

elektorethics par Tessel Renzenbrink

En 2020, l'internet sera un espace si risqué que quiconque s'y aventurera devra partir du principe que son système et ses données seront déjà compromis. Le territoire numérique sera un nouveau Far West où chacun devra assurer sa propre sécurité.

Cette vision alarmiste est l'un des cinq scénarios décrivant l'état possible de l'internet d'ici 2020. Ces cinq scénarios ont été élaborés par le Centre pour la cybersécurité à long terme de l'université de Californie, à Berkeley. L'objectif était d'identifier les problèmes émergents susceptibles de menacer la sécurité de l'internet. Plus d'une centaine d'experts issus du secteur privé, d'organisations gouvernementales et d'organisations à but non lucratif ont contribué au rapport final qui a été publié au printemps dernier.

Un Internet des Objet Intentionnel

Un des scénarios envisage les conséquences d'une adoption en masse de l'Internet des Objets (IdO). La sécurité de l'IdO est une telle source d'inquiétude que d'aucuns l'ont rebaptisé Internet des Failles. Les appareils de l'IdO sortent en effet souvent d'usine sans sécurisation propre, car les fabricants se soucient trop peu d'une sécurité que les clients ne réclament pas et que les gouvernements ne réglementent pas. Une autre source de vulnérabilité viendra du nombre considérable d'objets en ligne si l'IdO décolle : des milliards, soit autant de micrologiciels auxquels il faudra régulièrement appliquer des correctifs et mises à jour de sécurité. La tâche sera redoutable. Il faudra en outre remplacer les dispositifs auxquels les mises à jour logicielles ne peuvent plus être appliquées. Là aussi ce défi logistique sera difficile à relever si ces dispositifs dépassés sont monnaie courante.

Ce scénario est appelé *Internet des Objets Intentionnel* car il présuppose que les gouvernements et les entreprises déploieront l'IdO de façon intentionnelle, c'est-à-dire pour répondre aux enjeux sociétaux tels que la santé publique. Selon le rapport, même si le recours à des technologies connectées peut être bénéfique, il augmente aussi considérablement les risques de cybersécurité : « Peut-être les plus grands risques résident-ils précisément dans les plus grands bénéfices : plus la communauté sera connectée, plus elle deviendra vulnérable. »

L'article complet (en anglais) est sur :
www.elektormagazine.com/articles/the-emergence-of-a-new-wild-west-in-cyberspace/10111



INDISCRÉTIONS • Tanja Pohlen est responsable de projet pour le Big Red, la publication annuelle laboratoires maison et concepteurs • Une nouvelle équipe de rédacteurs conduite par Carmine Joseph le Big Red et y présente tout électronicien souhaitant allier technologie et affaires • Patrick Wielders et publicité du Big Red sur Elektor TV

NOUVEAU CYBERESPACE



d'Elektor qui expose et fait connaître jeunes pousses, Abate (plus connu sous le nom de C.J. Abate) compile Jan Buiting ont utilisé un billet de 2000 € pour faire 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 : **Bill Morgan**

Âge : **64 ans**

Formation : **licence en génie électronique et électrique, université de Surrey ; MBA de l'université de Strathclyde ; diplôme de Gestion d'entreprise de l'Institute of Management de Singapour ; ingénieur agréé au Royaume-Uni.**



Projet en cours : **enseignement de la programmation à trois tranches d'âge d'enfants.**

Qui êtes-vous, Bill Morgan ?

Je m'intéresse à la technologie sous toutes ses formes, mais plus particulièrement à l'électronique. Et je souhaite transmettre mon savoir aux générations futures.

Selon vous, d'où viendra la prochaine révolution de l'électronique ?

L'intelligence artificielle promet à la fois le futur le plus intéressant et le plus effrayant. Si nous réussissons, elle nous libérera. Si nous échouons, elle nous emprisonnera, ou pire.

Qu'est-ce qui différencie l'Australie des États-Unis en matière d'innovation électronique ?

L'Australie n'a pas de Silicon Valley ou d'équivalent, donc nous n'avons pas de culture technologique ou électronique.

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

J'ai fait partie des ingénieurs affectés à la chaîne de fabrication du premier scanographe, ou scanner. Il a été inventé chez EMI, qui était dirigé par Sir Godfrey Hounsfield, prix Nobel en 1979 pour cette invention.

Qui sont vos idoles scientifiques ?

Eric Laithwaite, l'inventeur du moteur à induction linéaire utilisé par les trains à sustentation magnétique. Nicola Tesla, surtout connu pour avoir promu le courant alternatif, mais dont les travaux ont aussi permis des avancées dans le domaine des télécommunications sans fil, des lasers, des radars, des rayons X, de l'éclairage ou encore de la robotique. Sir Frank Whittle, pilote, ingénieur et inventeur du moteur à réaction. Et je cite à nouveau Sir Godfrey Hounsfield, l'ingénieur qui a donc mis au point la technique d'imagerie médicale par rayons X, ou scanographie.

Qu'espérez-vous accomplir ces cinq prochaines années ?

Un programme d'initiation à la programmation destiné aux enfants, et faire en sorte que l'intérêt de l'Australie passe de l'exploitation minière et l'agriculture à la technologie et à l'innovation. ◀

(160086- version française : Hervé Moreau)

hexadoku casse-tête pour elektorniciens

Septembre, les soirées sont encore douces. Vous vous installez confortablement sur votre terrasse pour profiter d'un air encore chaud et surtout pour étrenner vos nouvelles radios, que ce soit la version logicielle ou le mini-récepteur FM. Ce sont des conditions idéales pour remplir votre grille mensuelle d'hexadoku.

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 septembre 2016** à l'adresse **hexadoku@elektor.fr**

Les gagnants

La solution de la grille du numéro de juin est **2F9C5**

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

Eckhard **Pagels** (Allemagne), Jan **Morawek** (Allemagne) et Daniel **Szymanek** (France).

Bravo à tous les participants et félicitations aux gagnants !

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

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

DÉCOUVRIR

CRÉER

PARTAGER

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 !**

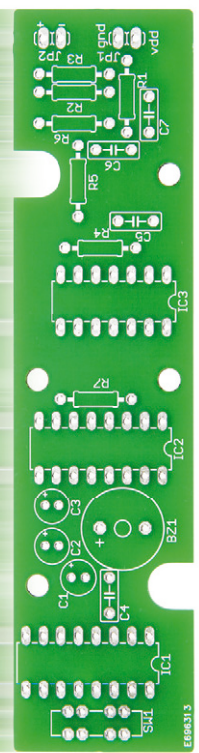
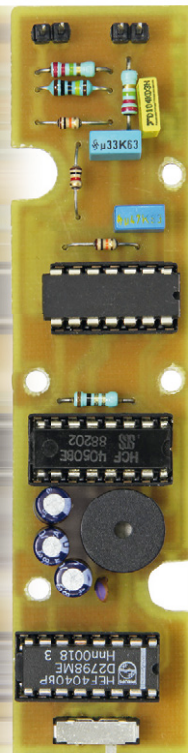
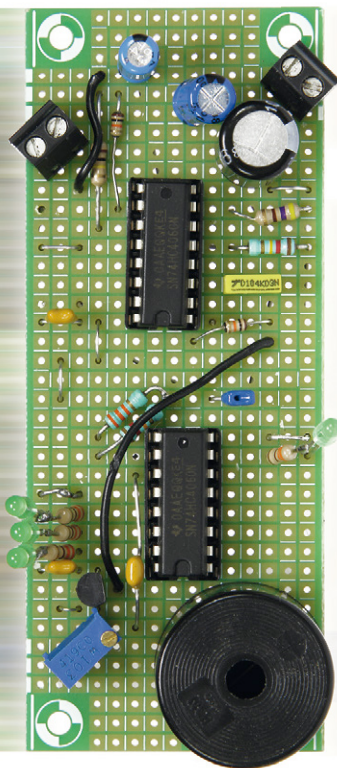
irrésistible...

➡ **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

- über 45 Jahre Erfahrung
- schneller 24-Std.-Versand
- über 50.000 Produkte am Lager
- kein Mindermengenzuschlag

EINFACHSTE BEDIENUNG!

Mit Max2Play bedienen Sie Ihren Raspberry Pi ganz einfach, ohne Programmierkenntnisse!

f reichelt.de @reichelt_el google.com/+reichelt



NIE WAR DIE STEUERUNG EINFACHER! microSD MIT MAX2PLAY SOFTWARE

Mit Max2Play, einer browserbasierten Administrationsoberfläche für den Raspberry Pi, lassen sich Anwendungen (Max2Play-Plugins) ohne Linux-Kenntnisse auf einem Mini-Computer installieren und administrieren.

Lieferumfang:

- 16 GB microSD-Karte inkl. Max2Play-Software
- 1 Jahreslizenz-Code (endet automatisch)

RASP M2P 16GB 1Y

19,95



ALLE MÖGLICHKEITEN VON MAX2PLAY!

Hier finden Sie alle Informationen zu MAX2PLAY:



<http://rch.it/m2p>

**JETZT
ENTDECKEN!**

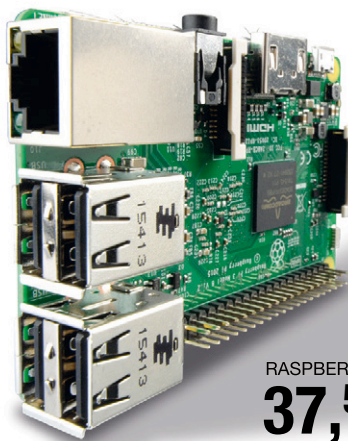
DIE NEUESTE GENERATION! RASPBERRY PI 3

mit 4x 1,2 GHz & WLAN onboard



10x schneller als die erste Generation!

- 1200 MHz Quad-Core-Prozessor ARM Cortex-A53 64-Bit
- 1024 MB RAM LPDDR2
- VideoCore IV Dual-Core-GPU
- WLAN, BT, LAN, USB, HDMI, 40 I/O, CSI, DSI, Audio, ...
- unterstützt Windows 10 IoT, Raspbian, RaspBMC, Arch Linux, ...



RASPBERRY PI 3
37,50
39,99

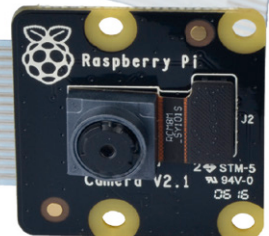
NEU! AUCH IM DUNKELN ALLES IM BLICK! RASPBERRY PI NACHTSICHTKAMERA

mit 8 Megapixel Auflösung

- Foto: 3280 x 2464 Pixel
- Video: 1080p @ 30 fps 720p @ 60 fps
- Bildsensor: 1/4"

RASP CAN 2

29,90



**JETZT ABONNIEREN
& PROFITIEREN!**

NEWSLETTER

INNOVATIVE PRODUKTE
ATTRAKTIVE PREISE
AKTIONEN & VORTEILE



KOSTENLOS ANFORDERN
ODER ONLINE BLÄTTERN!

<http://rch.it/15-1>

KATALOG 06.1|2016

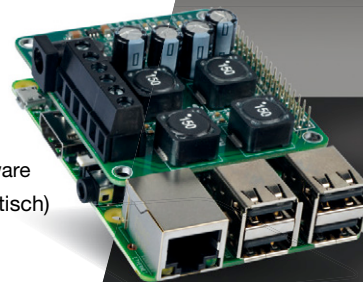
MUSIK IN JEDEM RAUM: RASPBERRY/MAX2PLAY-BUNDLE

inkl. HiFiBerry AMP+ Shield

- Raspberry Pi 3 Model B
- Schaltnetzteil, 65 W
- Raspberry Pi & HiFiBerry Gehäuse
- HiFiBerry AMP+ Shield
- 16 GB microSD inkl. Max2Play-Software
- 1 Jahreslizenz-Code (endet automatisch)

RASP M2P BDL 6

149,90



**ALLE ARTIKEL DIESER ANZEIGE
GLEICH ONLINE SHOPPEN!**

rch.it/sL

